XII Encontro Científico

Livro de Atas

Santarém, 12 junho de 2026

Organização Apoio institucional Media Partner

ATAS

XII Encontro Científico do Centro de Investigação, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Santarém, 12 de junho de 2025

Organização

Apoio institucional

Media Partner

FICHA TÉCNICA

Título

Livro de Atas do eC'26 - XII Encontro Científico do Centro de Investigação, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Editores

Fernando Bento

Rui Martins

Ricardo Vardasca

Domingos Martinho

Edição

ISLA Santarém – Instituto Politécnico, junho 2026

ISBN

978-989-34-0026-5

Data

12 de junho de 2026

Design de Logótipo

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Produção

Tiragem editorial

Secretariado do XI Encontro Científico do Centro de Investigação, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

2000-241 Santarém, Portugal

Tel.: +351 243 305 880

Website: http://encontro.i2es.islasantarem.pt/

Organização: Centro de Investigação, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

https://i2es.islastr.com/

EIXOS TEMÁTICOS

Gestão & Marketing

Turismo

Ciências Sociais Aplicadas

Informação & Tecnologia

Qualidade, Ambiente, Saúde & Segurança no Trabalho

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente:

Fernando Bento, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Vogais:

António Pratas, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Eunice Penas, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Marco Tereso, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Nuno Militão, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

COMISSÃO CIENTÍFICA

Presidente:

Rui Martins, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Vogais:

Loide Raquel Ascenso, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Luís Ferreira, ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Amilcar Oliveira, UAberta / ISLA Santarém, Matemática, Estatística

Ana Filipa Joaquim, ISLA Santarém, Gestão, Marketing

Andreia Domingues, ISLA Santarém, Ciências Informáticas

António Dionísio, ISLA Santarém, Gestão

António Ribeiro, ISLA Santarém, SHT

Armando Bastos, ISLA Santarém, Gestão

Carlos Antunes, IP Leiria / ISLA Santarém, Ciências Informáticas

Carlos Diogo, ISLA Santarém, Ciências Informáticas

Domingos Martinho, ISLA Santarém, Ciências Informáticas

Eduardo Ganilho, ISLA Santarém, Gestão da Qualidade, Sustentabilidade, Ambiente

Filipa Martinho, ISLA Santarém, Gestão de RH

Hélder Ferreira, ISLA Santarém/Universidade Europeia, Marketing

Isabel Pinto dos Reis, ISLA Santarém, Gestão de RH
Ivo Soares, ISLA Santarém, Gestão de RH
João Farinha, ISLA Santarém, Gestão, Marketing
João Heitor, ISG / ISLA Santarém, Turismo
João Thomaz, ISLA Santarém/AMilitar, Gestão
Jorge Rio Cardoso, ISLA Santarém, Comportamento Organizacional, Economia
Margarida Tribuna, ISLA Santarém, Gestão de RH
Maria Emília Baltazar, ISLA Santarém/ISEC Lisboa, Ciências Aeronáuticas
Maria Pina, ISLA Santarém, Matemática, Estatística
Nuno Nogueira, ISLA Santarém, SHT
Patrícia Araújo, ISMAT / ISLA Santarém, Gestão de RH
Patrícia Reis, ISLA Santarém, Turismo
Pedro Ferreira, ISLA Santarém, Ergonomia, SHT
Pedro Ramos, ISLA Santarém, Gestão, Economia
Pedro Sobreiro, IPSantarém/ISLA Santarém, Ciências Informáticas
Ricardo Marcão, ISLA Santarém, Gestão
Ricardo Vardasca, ISLA Santarém, Ciências Informáticas
Rui Dias, ISLA Santarém, Gestão, Economia
Rui Frade, ISLA Santarém, Gestão, Marketing
Rui Veiga, ISLA Santarém, SHT
Sandra Morgadinho, ISLA Santarém, Economia, Gestão na Saúde
Stanimir Valtchev, ISLA Santarém, Engenharia Eletrotécnica e Eletrónica
Susana Soares, ISLA Santarém, Direito
Teresa Guarda, ISLA Santarém, Ciências Informáticas
Teresa Oliveira, UAberta / ISLA Santarém, Matemática, Estatística
Vasco Ribeiro, IP Tomar / ISLA Santarém, Turismo, Marketing

SECRETARIADO

Alberto Ferreira

AGRADECIMENTOS

A Comissão Organizadora e a Comissão Científica expressam o seu agradecimento a todos os Revisores que participaram no processo de *Blind Review* dos trabalhos científicos, bem como a todos os autores, participantes e colaboradores que cooperaram para a divulgação e para o sucesso do 'XII Encontro Científico do Centro de Investigação do ISLA Santarém – Instituto Politécnico 2026' (ECI´26).

Índice

A INFLUÊNCIA DO TIKTOK NA ESCOLHA DE RESTAURANTES POR JOVENS CONSUMIDORES 2
THE INFLUENCE OF TIKTOK ON RESTAURANT CHOICES AMONG YOUNG CONSUMERS 2
Afonso Sansana [1]; Bruno Zibaia [2]; João Quitério [3]; Nuno Militão [4]; Patrícia Pereira [5] 2
APLICAÇÃO DO MARKETING 6.0 NO ENSINO EM PORTUGAL 10
APPLICATION OF MARKETING 6.0 IN EDUCATION IN PORTUGAL 10
Afonso Sansana; Patrícia Pereira 10
ENTRE PROXIMIDADE E ESCALABILIDADE: UMA PROPOSTA ESTRATÉGICA DE MARKETING APLICADA À LOJA PORTA 18 12
BETWEEN PROXIMITY AND SCALABILITY: A STRATEGIC MARKETING PROPOSAL APPLIED TO PORTA 18 12
Larissa Freitas; Pedro Ramos 12
ESG NA GESTÃO DE PROJETOS: INTEGRAÇÃO ATRAVÉS DA GESTÃO DE RISCO 14
ESG IN PROJECT MANAGEMENT: INTEGRATION THROUGH RISK MANAGEMENT 14
[1] Pedro Gomes; [2] Brian Tipote; [3] Yengue Bumba; [4] Ariclenes Lemos; [5] Leo Fortuna; [6] Fernando Bento; [7] Nuno Nogueira 14
ESTRATÉGIAS DE DIVERSIFICAÇÃO COMO FERRAMENTA DE RESILIÊNCIA EM EMPRESAS FAMILIARES 16
DIVERSIFICATION STRATEGIES AS A DRIVER OF RESILIENCE IN FAMILY BUSINESSES 16
[1] Alfredo Pereira; [2;3] João Barroca; [3] Nuno Nogueira 16
ESTRATÉGIAS DE MARKETING PARA DISPOSITIVOS MÉDICOS DE CUIDADOS DOMICILIÁRIOS 18
MARKETING STRATEGIES FOR HOMECARE MEDICAL DEVICES 18
Afonso Sansana; Patrícia Pereira 18
GÉMEOS DIGITAIS E LEAN 4.0/5.0: MODELO CONCEPTUAL, EVIDÊNCIA E ROTEIRO DE IMPLEMENTAÇÃO PARA A INDÚSTRIA PORTUGUESA 20
DIGITAL TWINS AND LEAN 4.0/5.0: CONCEPTUAL MODEL, EVIDENCE AND IMPLEMENTATION ROADMAP FOR PORTUGUESE INDUSTRY 20
[1] Andreia Gomes; [2] Pedro Costa Ramos 20
GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO, ELIMINAÇÃO DESPERDÍCIO E SUAS FERRAMENTAS 22
QUALITY MANAGEMENT IN PRODUCTION, WASTE ELIMINATION AND ITS TOOLS 22
[1] Mamadú Seidi; [2] Pedro Costa Ramos 22
MANUTENÇÃO PREDITIVA COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM PME'S: CASO DE ESTUDO NO SETOR LOGÍSTICO 24
PREDICTIVE MAINTENANCE WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SME'S: A CASE STUDY IN THE LOGISTICS SECTOR 24
[1] Sara Sousa; [2] Pedro Costa Ramos 24
O EFEITO "MADE IN" NA DECISÃO DE COMPRA E NA CONFIANÇA DO CONSUMIDOR 26
THE 'MADE IN' EFFECT ON PURCHASE DECISION AND CONSUMER TRUST 26
Afonso Sansana[1]; André Neves[2]; Carolina De Lima[3]; Patrícia Pereira[1] 26
O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS NEGÓCIOS: DA ADOÇÃO AO VALOR MENSURÁVEL 28
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON BUSINESS: FROM ADOPTION TO MEASURABLE VALUE 28
[1] André Aragão; [2] Gabriela Úrsula; [3] João Jesus; [4] Rúben Campanacho; [5] Rui Matos; [6] Sérgio Gaspar 28
O IMPACTO DA LIDERANÇA E DA INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA NO BEM-ESTAR DOS COLABORADORES 30
THE IMPACT OF LEADERSHIP AND TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE ON EMPLOYEE WELL-BEING 30
[1] João Reis; [2] João Farinha 30
OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE GESTÃO DE RESERVAS E DE RELACIONAMENTO COM O CLIENTE: CASO DE ESTUDO DA TAGUS NATURA 32
OPTIMIZATION OF BOOKING AND CUSTOMER RELATIONSHIP PROCESSES: A CASE STUDY OF TAGUS NATURA 32
[1] Marta Pinho; [2] Pedro Costa Ramos 32
PLANO DE MARKETING DE INTRODUÇÃO AO MERCADO DA PIXELMOV 34

PIXELMOV'S MARKET INTRODUCTION MARKETING PLAN 34
Renato Horta Monteiro 34
POSICIONAMENTO COMERCIAL DE UM PRODUTO EXCLUSIVO NO SETOR AGROALIMENTAR: O CASO DO WAIKIKI DA PLANÍCIE VERDE 36
COMMERCIAL POSITIONING OF AN EXCLUSIVE PRODUCT IN THE AGRI-FOOD SECTOR: THE CASE OF WAIKIKI BY PLANÍCIE VERDE 36
Débora Marcelino[1]; João Farinha[2] 36
XSCAPE – DISCOVER YOUR HIDDEN ROMANCE JOURNEY: PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UMA AGÊNCIA DE VIAGENS E TURISMO ONLINE 39
XSCAPE – DISCOVER YOUR HIDDEN ROMANCE JOURNEY: PROPOSAL FOR THE CREATION OF AN ONLINE TRAVEL AND TOURISM AGENCY 39
[1] Carolina Antunes; [2] Patrícia Reis; [3] Rui Carvalho 39
OS SETE PECADOS DO INSUCESSO ESCOLAR: UM MODELO CONCEPTUAL À LUZ DA RESILIÊNCIA EDUCACIONAL 43
THE SEVEN SINS OF SCHOOL FAILURE: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING EDUCATIONAL RESILIENCE 43
Jorge Rio Cardoso 43
A CULTURA ORGANIZACIONAL E O SEU IMPACTO NO DESEMPENHO EMPRESARIAL: ESTUDO DE CASO DA EMBRAER ÉVORA 61
ORGANISATIONAL CULTURE AND ITS IMPACT ON BUSINESS PERFORMANCE: CASE STUDY OF EMBRAER ÉVORA 61
[1] Arminda Fainada; [2] Isabel Pinto Dos Reis 61
A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA 63
THE IMPORTANCE OF CHANGE MANAGEMENT 63
[1] Cecília Sêco; [2] Filipa Martinho; [3] António Dionísio 63
A INFLUENCIA DA CULTURA ORGANIZACIONAL NA MOTIVAÇÃO DOS COLABORADORES .. 65
THE INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL CULTURE ON EMPLOYEE MOTIVATION 65
Maria Leonor Petinga; António Dionísio 65
CARACTERÍSTICAS DIFERENCIADORAS ENTRE A LIDERANÇA FEMININA E MASCULINA E A FORMA COMO É PERCECIONADA PELOS LIDERADOS 67
DIFFERENTIATING CHARACTERISTICS BETWEEN FEMALE AND MALE LEADERSHIP, AND HOW THEY ARE PERCEIVED BY SUBORDINATES 67
Cláudia Casaleiro; António Dionísio 67
COMPETÊNCIAS HUMANAS DA LIDERANÇA E EFICÁCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA EM CONTEXTOS VUCA E BANI 69
LEADERSHIP SOFT SKILLS AND THE EFFECTIVENESS OF CHANGE MANAGEMENT IN VUCA AND BANI CONTEXTS 69
Frederico Brígida; António Dionisio 69
EDUCAÇÃO E TURISMO: INTERFACES ENTRE COLEÇÕES PATRIMONIAIS E LITERACIA DIGITAL 71
EDUCATION AND TOURISM: INTERFACES BETWEEN HERITAGE COLLECTIONS AND DIGITAL LITERACY 71
[1] Mariana Marques; [2] Eunice Lopes 71
GAMIFICAÇÃO APLICADA À MELHORIA DO DESEMPENHO DAS EQUIPAS 73
GAMIFICATION APPLIED TO THE IMPROVEMENT OF TEAM PERFORMANCE 73
João Cardoso Leitão; Isabel Reis 73
INTERNACIONALIZAÇÃO DAS PME PORTUGUESAS: BARREIRAS JURÍDICAS E ESTRATÉGIAS DE ENTRADA EM MERCADOS LUSÓFONOS 76
INTERNATIONALIZATION OF PORTUGUESE SMES: LEGAL BARRIERS AND MARKET ENTRY STRATEGIES IN LUSOPHONE MARKETS 76
Afonso Sansana[1]; António Delgado Valente[2]; Martim De Menezes Figueiredo[3]; André Neves[4]; Anabela Pereira[1] 76
O IMPACTO DA LIDERANÇA NA MOTIVAÇÃO ORGANIZACIONAL 78
THE IMPACT OF LEADERSHIP ON ORGANIZATIONAL MOTIVATION 78
Liliana Nunes; António Dionísio 78
OS PROCESSOS COGNITIVOS E AS ARMADILHAS NA TOMADA DE DECISÃO ORGANIZACIONAL 80
COGNITIVE PROCESSES AND TRAPS IN ORGANISATIONAL DECISION-MAKING 80
[1] Madalena Lopes Amorim; [2] Isabel Pinto Dos Reis 80

PERCEÇÕES E NARRATIVAS DIGITAIS EM CONTEXTOS DE SALVAGUARDA PATRIMONIAL E EXPERIÊNCIAS TURÍSTICAS 82
DIGITAL PERCEPTIONS AND NARRATIVES IN THE CONTEXTS OF HERITAGE SAFEGUARDING AND TOURISM EXPERIENCES..... 82
[1] Diogo Santos; [2] Eunice Lopes 82
QUALIDADE PERCEBIDA DA APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR: MODALIDADES DE ENSINO E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO 84
PERCEIVED LEARNING QUALITY IN HIGHER EDUCATION: TEACHING MODALITIES AND MANAGEMENT IMPLICATIONS 84
Sandra Morgadinho[1]; Helga Lopes[2]; Vasco Figueiredo[3]; Domingos Martinho[4]..... 84
SAÚDE MENTAL NA GESTÃO DA MUDANÇA: AS IMPLICAÇÕES PSICOSSOCIAIS NA GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS..... 86
MENTAL HEALTH IN CHANGE MANAGEMENT: PSYCHOSOCIAL IMPLICATIONS IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT 86
Ana Mafalda Mendes; António Dionísio 86
TOMADA DE DECISÃO FINANCEIRA EM CONTEXTOS DE INCERTEZA ORGANIZACIONAL 88
FINANCIAL DECISION-MAKING IN CONTEXTS OF ORGANISATIONAL UNCERTAINTY 88
[1] Martina Monteiro; [2] Isabel Pinto Dos Reis 88
A RESILIÊNCIA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SEUS INVERNOS 91
THE RESILIENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS WINTERS 91
Ricardo Vardasca [1]; Fernando Bento [2]; Marco Tereso [3]; António Pratas [4] 91
ANÁLISE COMPARATIVA DE ARQUITETURAS MULTIMODAIS PARA EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÃO DE FATURAS E RECIBOS 106
COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTIMODAL ARCHITECTURES FOR INFORMATION EXTRACTION FROM INVOICES AND RECEIPTS..... 106
David Duarte[1]; Ricardo Vardasca[2] 106
APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM ROBÓTICA EDUCATIVA: UMA ANÁLISE SEMIESTRUTURADA DE METODOLOGIAS E PADRÕES DE INTERAÇÃO CENTRADA NO HUMANO..... 117
MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: A SEMISTRUCTURED ANALYSIS OF HUMAN-CENTRED METHODOLOGIES AND INTERACTION PATTERNS 117
[1] Patrícia Almeida; [2] Domingos Martinho 117
DETEÇÃO AUTOMATIZADA DE FAKE NEWS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE ABORDAGENS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL 130
AUTOMATED DETECTION OF FAKE NEWS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES 130
Gonçalo Almeida 130
GOVERNAÇÃO ÉTICA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO PORTUGUÊS..... 141
GOVERNANCE AND ETHICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PORTUGUESE BASIC AND SECONDARY EDUCATION 141
[1] Tiago Mota, [2] Domingos Martinho..... 141
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA NUTRIÇÃO PERSONALIZADA: AVANÇOS, APLICAÇÕES E DESAFIOS NA PRÁTICA CLÍNICA 155
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERSONALIZED NUTRITION: ADVANCES, APPLICATIONS, AND CHALLENGES IN CLINICAL PRACTICE 155
Diogo Almeida [1] 155
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUPORTE EDUCATIVO DO AUTISMO: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 164
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATIONAL SUPPORT FOR AUTISM: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW..... 164
[1] Dário Dourado; [2] Domingos Martinho 164
MACHINE LEARNING EM ROBÓTICA EDUCATIVA: CONTRIBUTOS PARA O FEEDBACK ADAPTATIVO E A PERSONALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM..... 186
MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: CONTRIBUTIONS TO ADAPTIVE FEEDBACK AND LEARNING PERSONALIZATION..... 186
[1] Patrícia Almeida; [2] Ricardo Vardasca..... 186
O PAPEL DO PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E VISÃO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DE DESPESAS 199

THE ROLE OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION IN EXPENSE MANAGEMENT 199
David Duarte 199
OPERAÇÕES DE SEGURANÇA AVANÇADAS E TECNOLOGIAS EMERGENTES 210
ADVANCED SECURITY OPERATIONS AND EMERGING TECHNOLOGIES 210
Gonçalo Dias 210
TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E INTELIGENTE NO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA INDÚSTRIA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS 225
DIGITAL AND SMART TRANSFORMATION IN THE EXTRUSION PROCESS IN THE MEDICAL DEVICE INDUSTRY 225
[1] Rodrigo Lopes; [2] Domingos Martinho 225
ANÁLISE COMPARATIVA DE ALGORITMOS DE PROCURA EM REDES DE TRANSPORTE URBANO DEPENDENTES DO TEMPO: O CASO DE ESTUDO SCALABUS 239
COMPARATIVE ANALYSIS OF SEARCH ALGORITHMS IN TIME-DEPENDENT URBAN TRANSPORT NETWORKS: THE SCALABUS CASE STUDY 239
[1] Heraldo Cardoso; [2] Patrícia Almeida; [3] Rodrigo Lopes; [4] Ricardo Vardasca 239
APLICAÇÕES PRÁTICAS DE INFORMÁTICA EM SAÚDE: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TELEMEDICINA 241
PRACTICAL APPLICATIONS OF INFORMATICS IN HEALTH: A LITERATURE REVIEW ON TELEMEDICINE 241
[1] Rosete Mendonça; [2] Diolindo Mendes; [3] Andréia Miranda Domingues 241
CLI CISCO: QUADRO VISUAL PARA CONFIGURAÇÃO, MONITORIZAÇÃO E TROUBLESHOOTING EM REDES 243
CISCO CLI: A VISUAL FRAMEWORK FOR CONFIGURATION, MONITORING, AND TROUBLESHOOTING IN NETWORKS 243
António Pratas; Marco Tereso 243
APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM ROBÓTICA EDUCATIVA: UMA ANÁLISE SEMIESTRUTURADA DE METODOLOGIAS E PADRÕES DE INTERAÇÃO CENTRADA NO HUMANO 245
MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: A SEMISTRUCTURED ANALYSIS OF HUMAN-CENTRED METHODOLOGIES AND INTERACTION PATTERNS 245
Patrícia Almeida; Ricardo Vardasca 245
INFORMÁTICA NA SAÚDE EM RADIOLOGIA: REVISÃO DA LITERATURA SOBRE SISTEMAS DE IMAGEM MÉDICA 247
HEALTH INFORMATICS IN RADIOLOGY: A LITERATURE REVIEW ON MEDICAL IMAGING SYSTEMS 247
[1] Edvânia Tembo; [2] Joãoninho Mendes Camepilim; [3] Andréia Miranda Domingues 247
ISLABOT: PROTÓTIPO DE UM ASSISTENTE VIRTUAL COM RECURSOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA PESQUISA DE ESTUDANTES EM BASE DE CONHECIMENTO INSTITUCIONAL 249
ISLABOT: PROTOTYPE OF A VIRTUAL ASSISTANT WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE FEATURES FOR STUDENT RESEARCH IN AN INSTITUTIONAL KNOWLEDGE BASE 249
[1] Mariana Moreira; [2] Selton De Souza; [3] Samuel Ceglio; [4] Andréia Miranda Domingues 249
KEEP CALM, COM O GIT NADA SE PERDE 251
KEEP CALM, WITH GIT NOTHING IS LOST 251
[1,2] Marco Tereso; [1,3] António Pratas 251
AGENTE BIOLÓGICO HANTAVÍRUS: PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA DA EXPOSIÇÃO 254
HANTAVIRUS AS A BIOLOGICAL AGENT: EXPOSURE PREVENTION AND SURVEILLANCE .. 254
[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira 254
AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RADÃO EM AMBIENTES DOMÉSTICOS E OS SEUS IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA 256
ASSESSMENT OF EXPOSURE TO RADON IN DOMESTIC ENVIRONMENTS AND ITS IMPACTS ON PUBLIC HEALTH 256
[1] Maria Edite Carvalho; [2] Nuno Nogueira 256
AVALIAÇÃO DE RISCOS E ANÁLISE ERGONÓMICA NUMA ESTRUTURA RESIDENCIAL PARA PESSOAS IDOSAS 258
OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT AND ERGONOMIC ANALYSIS IN A NURSING HOME .. 258
[1] Sara Nordeste; [2] António Ribeiro 258
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A FUNGICIDAS DITIOCARBAMATOS EM TRABALHADORAS RURAIS 260

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO DITHIOCARBAMATE FUNGICIDES IN RURAL WOMEN WORKERS 260
[1] Judite Monteiro; [2] Miguel Augusto; [3] Paula Mbenza; [4] Victoria Mayendaz; [5] Nuno Nogueira 260
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO MANCOZEBE NA CULTURA DO TOMATE EM PORTUGAL: RISCOS E LACUNAS NA MONITORIZAÇÃO PÓS-PROIBIÇÃO 262
OCCUPATIONAL EXPOSURE TO MANCOZEB IN TOMATO CULTIVATION IN PORTUGAL: RISKS AND GAPS IN POST-BAN MONITORING 262
[1] Judite Monteiro; [2] Miguel Augusto; [3] Paula Mbenza; [4] Victoria Mayendaz; [5] Nuno Nogueira 262
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO XILENO EM LOJAS DE CONVENIÊNCIA DE POSTOS DE ABASTECIMENTO: EVIDÊNCIA E LACUNAS EM PORTUGAL 264
EXPOSURE TO XYLENE IN CONVENIENCE STORES AT FUEL STATIONS: EVIDENCE AND GAPS IN PORTUGAL 264
[1] Telmo Piedade; [2] Ainá Ungaro; [3] Natália Cantemir; [4] Marisa Mendonça; [5] Maria Carvalho; [6] Nuno Nogueira 264
MIOCLONIAS DO SONO E RISCOS PSICOSSOCIAIS NO TRABALHO: INTEGRAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA E OCUPACIONAL 266
SLEEP MYOCLONUS AND PSYCHOSOCIAL RISKS AT WORK: NEUROPHYSIOLOGICAL AND OCCUPATIONAL INTEGRATION 266
[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira 266
NEUROINFLAMAÇÃO E MICROBIOMA INTESTINAL NA FADIGA NO TRABALHO: IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO 268
NEUROINFLAMMATION AND THE GUT MICROBIOME IN WORK-RELATED FATIGUE: IMPLICATIONS FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH 268
[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira 268
TUBERCULOSE EM CONTEXTO GERIÁTRICO EM PORTUGAL: MIGRAÇÃO, CUIDADORES DE IDOSOS E VIGILÂNCIA OCUPACIONAL 270
TUBERCULOSIS IN GERIATRIC SETTINGS IN PORTUGAL: MIGRATION, CAREGIVERS, AND OCCUPATIONAL SURVEILLANCE 270
[1] Telmo Piedade; [2] Ainá Ungaro; [3] Natália Cantemir; [4] Marisa Mendonça; [5] Maria Carvalho; [6] Nuno Nogueira 270

Gestão & Marketing

A INFLUÊNCIA DO TIKTOK NA ESCOLHA DE RESTAURANTES POR JOVENS CONSUMIDORES

THE INFLUENCE OF TIKTOK ON RESTAURANT CHOICES AMONG YOUNG CONSUMERS

Afonso Sansana [1]; Bruno Zibaia [2]; João Quitério [3]; Nuno Militão[4]; Patrícia Pereira[5]

[1]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [2] ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [3] ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [4] ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [5] ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]afonsosansana@gmail.com; [2]brunomrzibaia@gmail.com; [3]jpquiterio2002@gmail.com; [4]nuno.militao@islasantarem.pt; [5]patricia.pereira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A escolha de restaurantes por jovens consumidores está cada vez mais influenciada por experiências digitais, especialmente através do TikTok. Esta rede social, com forte adesão entre os jovens, destaca-se pelos seus conteúdos visuais e curtos, que despertam curiosidade e influenciam diretamente a decisão de escolha de restaurantes. O presente artigo tem como objetivo investigar de que forma o TikTok influencia essas escolhas, analisando o impacto de vídeos gastronómicos, sugestões de influencers e tendências virais no comportamento do consumidor.
Método: A investigação irá adotar uma abordagem exploratória de natureza mista. A componente quantitativa incluirá um inquérito por questionário a uma amostra de cerca de 150 jovens entre os 18 e os 30 anos, utilizadores do TikTok e com experiências gastronómicas recentes fora de casa. Este estudo irá focar-se na análise da perceção dos jovens consumidores em relação aos conteúdos partilhados no TikTok. A investigação irá focar-se em vídeos com experiências reais, recomendações de influencers e tendências virais. Serão consideradas variáveis como a estética dos vídeos, a música utilizada, as legendas e os comentários, com o objetivo de compreender o impacto destes elementos na predisposição do consumidor. A investigação irá procurar ainda perceber se os utilizadores demonstram diferentes níveis de confiança consoante a origem das experiências partilhadas, de utilizadores comuns ou de perfis com elevada notoriedade A componente qualitativa será complementada com entrevistas a um pequeno grupo de participantes para aprofundar perceções, motivações e credibilidade atribuída aos conteúdos.
Resultados: O principal resultado esperado é em fornecer pistas relevantes sobre a forma como os restaurantes podem adaptar as suas estratégias de marketing digital, aproveitando o TikTok como meio eficaz de comunicação e atração de clientes. Espera-se identificar quais os elementos que mais influenciam os jovens consumidores e de que forma esses elementos se podem traduzir em visitas reais aos estabelecimentos.
Discussão: A discussão será centrada na interpretação dos dados recolhidos, relacionando-os com estudos anteriores sobre influência digital e comportamento do consumidor. Será analisada a eficácia dos diferentes tipos de conteúdo e perfis no TikTok na criação de interesse e confiança nos jovens consumidores, bem como o papel do conteúdo visual e emocional na formação da decisão. A análise permitirá perceber se há um padrão claro de influência ou se as preferências variam consoante o tipo de consumidor.
Conclusão: Este estudo pretende contribuir para uma melhor compreensão do papel das redes sociais no comportamento de consumo alimentar e fornecer pistas úteis para profissionais da restauração e marketing digital. Este estudo pretende contribuir para uma melhor compreensão dos fatores que condicionam as escolhas dos consumidores, numa era intensamente digitalizada, ajudando os restaurantes a tirar maior proveito das oportunidades oferecidas pelo TikTok.

Palavras-chave: comportamento do consumidor, escolha de restaurantes, marketing digital, redes sociais, TikTok

Abstract

Introduction: Young consumers restaurant choices are increasingly influenced by digital experiences, especially through TikTok. This social network, which is very popular among young people, stands out for its short, visual content that arouses curiosity and shapes preferences. This article aims to investigate how TikTok influences these choices, analyzing the impact of food videos, influencer suggestions and viral trends on consumer behavior.

Method: The research will adopt a mixed exploratory approach. The quantitative component will include a questionnaire survey of a sample of around 150 young people aged between 18 and 30, TikTok users with recent dining experiences outside the home. This study will focus on analyzing young consumers' perceptions of content shared on TikTok, namely videos with real experiences, recommendations from influencers and viral trends. Variables such as the aesthetics of the videos, the music used, the captions and comments will be considered, seeking to understand the impact of these elements on the consumer's predisposition to choose a restaurant. The research will also seek to understand whether users show greater trust in experiences shared by regular users or by profiles with a large number of followers. The qualitative component will be complemented with interviews with a small group of participants to deepen perceptions, motivations and credibility attributed to the content.

Results: The main expected result is to provide relevant clues on how restaurants can adapt their digital marketing strategies, taking advantage of TikTok as an effective means of communication and attracting customers. The aim is to identify which elements most influence young consumers and how these elements can translate into real visits to establishments.

Discussion: The discussion will focus on the interpretation of the data collected, relating it to previous studies on digital influence and consumer behavior. The effectiveness of different types of content and profiles on TikTok in creating interest and trust among young consumers will be analyzed, as well as the role of visual and emotional content in shaping decision-making. The analysis will allow us to understand whether there is a clear pattern of influence or whether preferences vary depending on the type of consumer.

Conclusion: This study aims to contribute to a better understanding of the role of social media in food consumption behavior and provide useful insights for restaurant and digital marketing professionals. It offers insights into how restaurants can better leverage TikTok in a digitalized consumer landscape.

Keywords: consumer behavior, digital marketing, restaurant choice, social media,TikTok

INTRODUÇÃO

A escolha de restaurantes por jovens consumidores tem vindo a ser significativamente influenciada pela digitalização das experiências de consumo, particularmente através de plataformas como o TikTok. Esta rede social, caracterizada por conteúdos audiovisuais curtos e altamente envolventes, desempenha um papel central na descoberta e avaliação de experiências gastronómicas. A facilidade de acesso a conteúdos visuais permite aos utilizadores formar expectativas antes da experiência real, influenciando diretamente o processo de decisão. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar de que forma o TikTok influencia a escolha de restaurantes, considerando o impacto dos conteúdos visuais, dos influenciadores e das tendências virais.

Nos últimos anos, as redes sociais assumiram um papel central no comportamento do consumidor. Segundo Kaplan e Haenlein (2010), estas plataformas transformaram a comunicação tradicional num sistema interativo baseado em conteúdos gerados pelos utilizadores. Mangold e Faulds (2009) acrescentam que as redes sociais funcionam como uma extensão do word-of-mouth tradicional, evoluindo para o conceito de electronic word-of-mouth (eWOM). Este conceito é definido por Hennig-Thurau et al. (2005) como qualquer comunicação positiva ou negativa sobre produtos ou serviços realizados por consumidores através da internet, assumindo um papel determinante nas decisões de compra.

A literatura demonstra que o eWOM influencia significativamente as intenções de compra, especialmente quando a informação é percebida como credível (Cheung & Thadani, 2012; Erkan & Evans, 2016). No setor da restauração, esta influência é amplificada pela componente visual da experiência gastronómica. Spence et al. (2016) demonstram que estímulos visuais relacionados com alimentos podem influenciar perceções de sabor e qualidade. De forma complementar, Liu et al. (2013) evidenciam que atributos visuais e informacionais influenciam o comportamento do consumidor em ambientes digitais, reforçando a importância do conteúdo visual na tomada de decisão.

Com o crescimento das plataformas de vídeo curto, como o TikTok, estas dinâmicas tornaram-se ainda mais relevantes. Zhang et al. (2021) demonstram que o algoritmo da plataforma aumenta a exposição a conteúdos personalizados, potenciando a influência nas preferências dos utilizadores. A popularidade dos criadores de conteúdo afeta a perceção de credibilidade, destacando a crescente profissionalização dos influenciadores digitais nas redes sociais. Estas dinâmicas contribuem para a rápida disseminação de tendências e para a amplificação da visibilidade de restaurantes.

O papel dos influenciadores digitais é também amplamente suportado pela literatura. Djafarova e Rushworth (2017) demonstram que a credibilidade dos influenciadores influencia decisões de compra, especialmente entre jovens. Casaló et al. (2020) reforçam que a autenticidade e proximidade são fatores críticos na eficácia das recomendações. Lou e Yuan (2019) acrescentam que a confiança no influenciador e a qualidade do conteúdo são determinantes para a formação de atitudes positivas. Adicionalmente, a teoria da prova social (Cialdini, 2009) explica que os indivíduos tendem a seguir o comportamento de outros, sendo este fenómeno reforçado por métricas como gostos e comentários nas redes sociais.

Apesar do crescente interesse académico, a investigação sobre o impacto específico do TikTok na escolha de restaurantes ainda é limitada. Estudos recentes (Kaye et al., 2022) indicam que esta plataforma tem um impacto significativo no comportamento digital, mas a sua aplicação ao setor da restauração permanece pouco explorada. Assim, este estudo procura contribuir para a literatura ao analisar de forma integrada os mecanismos de influência do TikTok no comportamento dos jovens consumidores.

METODOLOGIA

O presente estudo foi orientado para uma investigação exploratória de natureza mista, combinando abordagem quantitativa e qualitativa. A componente quantitativa teve como instrumento de recolha de dados um inquérito por via de um questionário online a uma amostra de aproximadamente 150 jovens entre os 18 e os 30 anos, utilizadores ativos do TikTok e com experiências gastronómicas recentes fora de casa. O estudo pretendeu analisar a perceção dos consumidores relativamente aos conteúdos gastronómicos partilhados na plataforma, incidindo particularmente em vídeos de experiências reais, recomendações de influencers e tendências virais. A estética visual dos vídeos, a música utilizada, as legendas e os comentários foram características analisadas procurando compreender de que forma estas influenciam a escolha do consumidor. Já a componente qualitativa foi realizada através de entrevistas semiestruturadas a um pequeno grupo de participantes, com o objetivo de aprofundar perceções, motivações e níveis de credibilidade associados aos conteúdos gastronómicos presentes no TikTok.

RESULTADOS E DESENVOLVIMENTOS

A execução do estudo superou as expectativas inicialmente traçadas, com a recolha de 314 respostas válidas em menos de duas semanas, resultando numa amostra final de 258 utilizadores ativos após filtragem. A distribuição etária demonstra a predominância da faixa dos 18 aos 24 anos (64,6%), seguida com idade superior a 30 anos (19,4%), dos 25 aos 30 anos (11,8%) e, por fim, dos menores de 18 anos (4,1%). Estes dados confirmam a perceção generalizada de que o TikTok é particularmente popular entre jovens adultos, mas sugerem

igualmente que a sua influência se estende a outros segmentos etários, ainda que em menor escala.

No que respeita à utilização da plataforma, 82,2% dos inquiridos afirmaram utilizá-la, contrastando com 17,8% que não o fazem. Entre os utilizadores ativos, a frequência de acesso é elevada, com 65,9% a recorrer à aplicação várias vezes por dia, 7% uma vez por dia, 6,7% algumas vezes por semana e 6,4% raramente, enquanto apenas 14% declararam nunca aceder. Este padrão de utilização revela não apenas o caráter quotidiano do TikTok, mas também o seu potencial de influência pela constância da exposição a novos conteúdos.

No comportamento dos utilizadores, 63,2% seguem perfis relacionados com comida ou restaurantes, indicando um interesse crescente por este tipo de conteúdos. Quanto à visualização de vídeos que recomendam restaurantes, 50% afirmam fazê-lo regularmente, 42,6% ocasionalmente, 7% raramente e apenas 0,4% nunca. Apesar desta elevada taxa de exposição, observa-se que a interação é, em larga medida, passiva: 50,8% guardam ou partilham vídeos com frequência, 32,2% apenas ocasionalmente e 8,9% nunca interagem desta forma. Além disso, quando questionados sobre a partilha da sua própria experiência após visitar restaurantes por influência do TikTok, a maioria revelou não o fazer, assumindo-se sobretudo como consumidores passivos.

Relativamente à influência direta na tomada de decisão, 31,4% já visitaram restaurantes várias vezes devido a conteúdos da plataforma, 41,9% visitaram pelo menos uma ou duas vezes, e apenas 6,2% declararam nunca ter sido influenciados. Ainda assim, 20,5% reconhecem o TikTok como um fator relevante na sua decisão de escolha, mesmo quando não determinante. Os critérios que mais pesam na decisão de visitar um restaurante incluem o aspeto visual da comida (68,6%), as reações positivas de outros utilizadores (68,2%) e a originalidade ou experiência única proporcionada pelo espaço (44,2%). Outros fatores, como o preço competitivo (41,9%), a localização conveniente (22,5%) e a popularidade geral (17,4%), também são valorizados, embora com menor impacto. Atualmente, o TikTok tem transformado a restauração num palco digital, onde o comportamento do consumidor não se centra apenas na qualidade gastronómica, mas também na estética dos pratos e na criação de momentos partilháveis.

Relativamente à credibilidade dos conteúdos, 54,7% dos participantes consideram os vídeos genuínos, 20,2% afirmam já se ter sentido enganados, 22,5% nunca refletiram sobre a veracidade e apenas 2,7% declaram não confiar. Quanto ao marketing digital dos restaurantes, 57% percebem um esforço deliberado em criar conteúdos apelativos, 19% discordam e 24% não possuem opinião formada. De forma global, 73,3% dos inquiridos consideram o TikTok uma ferramenta fundamental para a descoberta de novos restaurantes, reforçando o seu papel como plataforma de influência.

A componente qualitativa foi complementada com entrevistas a um pequeno grupo de participantes para aprofundar perceções, motivações e credibilidade atribuída aos conteúdos do TikTok. Foram realizadas 15 entrevistas semiestruturadas, permitindo identificar padrões claros sobre como os jovens utilizadores percebem e interagem com os conteúdos gastronómicos na plataforma.

Os participantes destacaram unanimemente o TikTok como uma ferramenta rápida, prática e visualmente apelativa para descobrir novos restaurantes, permitindo ter uma perceção imediata do ambiente, da decoração e da comida. Muitos referiram que a plataforma transforma a pesquisa de restaurantes em algo mais intuitivo e envolvente do que métodos tradicionais, como Google Maps ou recomendações de amigos.

Entre os fatores que mais influenciam a decisão de visitar um restaurante destacam-se: o apelo visual da comida e do espaço, a autenticidade e opiniões de outros utilizadores, a

popularidade e tendências, o ambiente e experiência global e a novidade/exclusividade. Os participantes também evidenciaram que a confiança nos conteúdos depende da perceção de autenticidade, sendo maior quando há múltiplas opiniões ou vídeos genuínos e menor em conteúdos claramente patrocinados. Comentários e feedback de outros utilizadores funcionam como mecanismo de validação social, reforçando a credibilidade dos conteúdos.

No que respeita à popularidade dos restaurantes, os entrevistados concordam que o TikTok tem um impacto direto no sucesso dos estabelecimentos, especialmente entre jovens, com vídeos virais a gerar aumento significativo de visitas. Para aproveitar melhor esta ferramenta, sugeriram que os restaurantes produzam conteúdos curtos, visuais e autênticos, que colaborem com criadores locais de confiança, mantenham consistência na produção de conteúdos e explorem tendências virais, experiências únicas e interações genuínas com clientes.

Em síntese, os dados qualitativos complementam os quantitativos, mostrando que o TikTok influencia não apenas a descoberta de restaurantes, mas também as perceções sobre autenticidade, estética e experiência gastronómica. A interação com conteúdos visuais e a validação social surgem como fatores centrais na decisão dos jovens consumidores, consolidando o TikTok como uma ferramenta estratégica de marketing digital no setor da restauração.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos confirmam que o TikTok atua como um mediador relevante entre consumidores e restaurantes, funcionando como uma plataforma de descoberta e validação de experiências gastronómicas. A forte influência dos conteúdos visuais está alinhada com Spence et al. (2016), que demonstram o impacto dos estímulos visuais na perceção sensorial. A valorização da estética dos pratos e do ambiente sugere que os consumidores atribuem importância crescente à dimensão visual da experiência, indo além da qualidade funcional do produto.

A relevância das interações sociais observadas no estudo confirma o papel do eWOM no processo de decisão. Cheung e Thadani (2012) demonstram que o eWOM influencia significativamente as intenções de compra, enquanto Erkan e Evans (2016) destacam que a qualidade e credibilidade da informação são determinantes para essa influência. Neste contexto, as reações de outros utilizadores funcionam como sinais de confiança, reduzindo a incerteza associada à escolha de restaurantes.

A importância da autenticidade identificada nos resultados está em consonância com Lou e Yuan (2019), que demonstram que a confiança nos influenciadores depende da perceção de autenticidade. De forma semelhante, Casaló et al. (2020) evidenciam que a proximidade entre influenciador e audiência aumenta a eficácia das recomendações. Os resultados deste estudo reforçam estas conclusões, mostrando que conteúdos patrocinados ou excessivamente promocionais tendem a gerar desconfiança, indicando um comportamento mais crítico por parte dos consumidores.

A predominância de comportamentos passivos entre os utilizadores pode ser explicada pelo conceito de "lurking" descrito por Nonnecke e Preece (2000), segundo o qual a maioria dos utilizadores consome conteúdo sem o produzir. Este padrão sugere que o TikTok funciona principalmente como uma ferramenta de descoberta e inspiração, sendo a sua influência mais relevante nas fases iniciais do processo de decisão do consumidor.

Por fim, os resultados evidenciam o papel do TikTok na criação de tendências e na rápida popularização de restaurantes, demonstrando que esta plataforma tem a capacidade de amplificar conteúdos e gerar fenómenos virais com impacto significativo. Este efeito reforça

o papel do TikTok como catalisador de notoriedade no setor da restauração, embora levante questões sobre a sustentabilidade dessas tendências e a autenticidade das experiências promovidas.

CONCLUSÃO

Em síntese, o presente estudo demonstrou que o TikTok se consolidou como uma ferramenta central na descoberta e escolha de restaurantes por jovens consumidores, influenciando não apenas a exposição a novos estabelecimentos, mas também a perceção de qualidade, autenticidade e experiência gastronómica. Os resultados quantitativos revelaram uma utilização intensa da plataforma, com elevado consumo de conteúdos relacionados com comida, e evidenciaram que fatores como a estética visual dos pratos, o feedback de outros utilizadores e a originalidade do espaço exercem um papel decisivo na motivação para visitar um restaurante.

A análise qualitativa complementou estes dados, mostrando que os jovens valorizam conteúdos curtos, autênticos e visualmente apelativos, bem como opiniões genuínas de criadores de conteúdo ou utilizadores comuns. O storytelling, o ambiente do restaurante e a interação com o staff ou outros clientes foram identificados como elementos que reforçam a credibilidade e a influência dos vídeos, criando um efeito de comunidade e legitimando as escolhas de consumo.

Apesar da relevância do TikTok, a decisão de escolha de restaurantes continua a ser multifatorial, coexistindo com recomendações de amigos, plataformas especializadas e outras redes sociais. A pesquisa evidencia, contudo, que o TikTok funciona como um catalisador da popularidade de restaurantes, especialmente quando os conteúdos se tornam virais, podendo transformar rapidamente a procura e a notoriedade dos estabelecimentos.

Do ponto de vista prático, os resultados sugerem que os restaurantes devem investir em estratégias de comunicação digital adaptadas à plataforma, privilegiando a autenticidade, a criatividade e a apresentação visual dos pratos, bem como explorar tendências virais e experiências únicas. A colaboração com criadores locais de confiança e a manutenção de consistência na produção de conteúdos surgem como estratégias essenciais para maximizar o impacto da presença digital.

Por fim, reconhece-se que o estudo apresenta limitações, nomeadamente a amostra não probabilística e a reduzida dimensão da componente qualitativa. Futuras investigações poderão aprofundar este tema através da inclusão de amostras mais diversificadas, abrangendo diferentes faixas etárias e contextos geográficos, permitindo compreender de forma mais abrangente o impacto do TikTok no comportamento do consumidor.

Adicionalmente, estudos futuros poderão aumentar o número de entrevistas qualitativas de forma a aprofundar perceções subjetivas, experiências emocionais e mecanismos de credibilidade associados aos conteúdos digitais. Outra linha de investigação relevante poderá passar pela análise da perspetiva dos próprios restaurantes e criadores de conteúdo, explorando de que forma utilizam o TikTok como ferramenta de marketing e quais as estratégias mais eficazes para atrair e envolver consumidores.

Em síntese, este trabalho reforça a importância crescente das redes sociais como mediadoras de experiências gastronómicas e evidencia o TikTok como um canal estratégico de influência junto do público jovem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casaló, L. V., Flavián, C., & Ibáñez-Sánchez, S. (2020). Influencers on Instagram: Antecedents and consequences of opinion leadership. Journal of Business Research, 117, 510–519. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.07.005

Cheung, C. M. K., & Thadani, D. R. (2012). The impact of electronic word-of-mouth communication: A literature analysis and integrative model. Decision Support Systems, 54(1), 461–470. https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.06.008

Djafarova, E., & Rushworth, C. (2017). Exploring the credibility of online celebrities' Instagram profiles in influencing the purchase decisions of young female users. Computers in Human Behavior, 68, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.009

Erkan, I., & Evans, C. (2016). The influence of eWOM in social media on consumers' purchase intentions: An extended approach to information adoption. Computers in Human Behavior, 61, 47–55. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.003

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of social media. Business Horizons, 53(1), 59–68. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003

Liu, Y., Li, H., & Hu, F. (2013). Website attributes in urging online impulse purchase: An empirical investigation on consumer perceptions. Decision Support Systems, 55(3), 829–837. https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.04.001

Lou, C., & Yuan, S. (2019). Influencer marketing: How message value and credibility affect consumer trust of branded content on social media. Journal of Interactive Advertising, 19(1), 58–73. https://doi.org/10.1080/15252019.2018.1533501

Mangold, W. G., & Faulds, D. J. (2009). Social media: The new hybrid element of the promotion mix. Business Horizons, 52(4), 357–365. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.03.002

Spence, C., Levitan, C. A., Shankar, M. U., & Zampini, M. (2016). Analysis of binary taste-taste interactions of MSG, lactic acid, and NaCl by temporal dominance of sensations. Food Quality and Preference, 52, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.010

Xiang, Z., & Gretzel, U. (2010). Role of social media in online travel information search. Tourism Management, 31(2), 179–188. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.02.016

Zhang, B., Dafoe, A., & Shank, D. B. (2021). What to expect from opening up 'black boxes'? Comparing perceptions of justice between human and automated agents. Computers in Human Behavior, 126, Article 106837. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106837

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Afonso Sansana.** Gestor de Marketing Digital e E-commerce na PMH, S.A., empresa especializada em dispositivos médicos. Fundador da Sansana Consulting, projeto empreendedor de consultoria digital que desenvolve estratégias de marketing para marcas e negócios. Estudante de Gestão Comercial no ISLA Santarém – Instituto Politécnico, com interesse nas áreas de gestão, marketing digital e dispositivos médicos.

[2]**Bruno Zibaia.** Gestor Comercial há mais de 20 anos e Técnico Superior Profissional em Gestão Comercial e Vendas pelo ISLA Santarém - Instituto Politécnico, com interesse nas áreas de gestão, estratégia e comportamento do consumidor.

[3]**João Quitério.** Licenciado em Produção Multimédia em Educação. Atualmente TeSP Gestão Comercial e Vendas. Desenvolve atividade profissional integrando a empresa familiar de materiais de construção, Quitério e Quitério, Lda. e sendo sócio da Leonardo, Jesus e Quitério, Lda., dedicada à compra, remodelação e comercialização de imóveis. Os principais interesses centram-se no setor imobiliário, empreendedorismo, fotografia e criação de conteúdos visuais.

[4]Nuno Militão. Doutorando em Gestão e Mestre em Gestão de Empresas. Docente nas áreas da gestão, marketing e sustentabilidade. Desenvolve atividade profissional como consultor de gestão estratégica, sustentabilidade e critérios ESG, colaborando com PME e organizações em projetos de inovação, desenvolvimento organizacional e competitividade empresarial. As suas principais áreas de interesse incluem sustentabilidade empresarial, estratégia, ESG, empreendedorismo e desenvolvimento regional.

[5]Patrícia Pereira. Licenciada em Marketing e Publicidade, pós-graduada em Marketing Digital e Mestranda em Transformação Digital na Aprendizagem e Ensino. Formadora e Professora na área do Marketing, IA e TIC. Desenvolve atividade focada nas áreas do marketing e do comportamento do consumidor. As suas principais linhas de trabalho e investigação centram-se em inteligência artificial, tendências de mercado e social media.

[1, 2, 3, 4 e 5] Endereço postal dos autores
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Teixeira Guedes, 31
2000-029 Santarém (Portugal)

APLICAÇÃO DO MARKETING 6.0 NO ENSINO EM PORTUGAL

APPLICATION OF MARKETING 6.0 IN EDUCATION IN PORTUGAL

Afonso sansana; patrícia pereira

ISLA Santarém - Instituto Politécnico

afonsosansana@gmail.com; patricia.pereira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A crescente digitalização da sociedade portuguesa tem vindo a transformar significativamente o setor da educação, exigindo a adoção de abordagens inovadoras que promovam o envolvimento e a motivação dos estudantes. Neste contexto, o Marketing 6.0 emerge como um paradigma inovador que integra tecnologias avançadas com uma forte orientação para experiências imersivas, personalizadas e em tempo real. A sua aplicação ao ensino em Portugal revela-se particularmente pertinente, na medida em que permite repensar a forma como as instituições educativas comunicam, interagem e criam valor para os estudantes, promovendo experiências de aprendizagem mais significativas e alinhadas com as expectativas das novas gerações.

Método: O presente estudo, de caráter exploratório e enquadrado como investigação em curso, adota uma abordagem qualitativa baseada na revisão de literatura científica recente sobre Marketing 6.0 e inovação pedagógica, bem como na análise de casos de estudo relevantes no contexto educativo. Os dados recolhidos serão analisados através de técnicas de análise de conteúdo, visando identificar padrões, perceções e tendências que fundamentem os resultados esperados e sustentem as conclusões prospetivas deste estudo.

Resultados: Espera-se que os resultados evidenciem o potencial do Marketing 6.0 para melhorar significativamente o envolvimento, a satisfação e a retenção dos estudantes, através da implementação de estratégias centradas na personalização da aprendizagem, na integração de tecnologias imersivas e na criação de experiências educativas interativas. Adicionalmente, antecipa-se a identificação de benefícios ao nível da comunicação institucional, do fortalecimento da relação entre estudantes e instituições de ensino, bem como da diferenciação competitiva no panorama educativo atual.

Discussão: A discussão incidirá na análise crítica dos resultados obtidos, relacionando-os com os desafios estruturais do sistema educativo português, nomeadamente a resistência à mudança, as limitações ao nível das infraestruturas tecnológicas e a necessidade de formação contínua de docentes. Será igualmente relevante refletir sobre o equilíbrio entre a utilização de tecnologias avançadas e a preservação da dimensão humana no processo educativo, um dos princípios centrais do Marketing 6.0. Esta secção permitirá ainda identificar oportunidades estratégicas e constrangimentos associados à implementação prática deste modelo.

Conclusão: O presente estudo, enquanto investigação em curso, visa analisar o potencial transformador do Marketing 6.0 no ensino em Portugal, com o objetivo de compreender de que forma este paradigma pode contribuir para a modernização das práticas educativas e para a criação de experiências de aprendizagem mais eficazes, envolventes e centradas no estudante. Com base nos resultados esperados, antecipa-se que a articulação entre estratégias de personalização, tecnologias imersivas e comunicação institucional reforçada constitua um vetor relevante de inovação pedagógica. A concretização deste potencial exigirá, contudo, uma abordagem estratégica sustentada, investimento em recursos tecnológicos e humanos, e uma mudança de paradigma por parte das instituições de ensino. Os dados a recolher ao longo desta investigação permitirão validar empiricamente estas perspetivas e desenvolver modelos operacionais ajustados à realidade educativa portuguesa.

Palavras-chave: *Educação; Experiência do utilizador; Inovação pedagógica; Marketing 6.0; Transformação digital*

Abstract

Introduction: The increasing digitalization of Portuguese society has been significantly transforming the education sector, requiring the adoption of innovative approaches that foster student engagement and motivation. In this context, Marketing 6.0 emerges as an innovative paradigm that integrates advanced technologies with a strong focus on immersive, personalized, and real-time experiences. Its application to education in Portugal is particularly relevant, as it enables a rethinking of how educational institutions communicate, interact, and create value for students, promoting more meaningful learning experiences aligned with the expectations of new generations.

Method: This study, framed as an ongoing investigation, adopts a qualitative exploratory approach based on a review of recent scientific literature on Marketing 6.0 and pedagogical innovation, as well as the analysis of relevant case studies within the educational context. The collected data will be analyzed using content analysis techniques, aimed at identifying patterns, perceptions, and trends that support the expected results and underpin the prospective conclusions of this study.

Results: The results are expected to demonstrate the potential of Marketing 6.0 to significantly enhance student engagement, satisfaction, and retention through the implementation of strategies focused on personalized learning, the integration of immersive technologies, and the creation of interactive educational experiences. Additionally, benefits are anticipated in terms of institutional communication, strengthening the relationship between students and educational institutions, as well as competitive differentiation within the current educational landscape.

Discussion: The discussion will focus on the critical analysis of the results obtained, relating them to the structural challenges of the Portuguese educational system, namely resistance to change, limitations in technological infrastructure, and the need for continuous teacher training. It will also be important to reflect on the balance between the use of advanced technologies and the preservation of the human dimension in the educational process, one of the core principles of Marketing 6.0. This section will further identify strategic opportunities and constraints associated with the practical implementation of this model.

Conclusion: This study, as an ongoing investigation, aims to examine the transformative potential of Marketing 6.0 in education in Portugal, with the objective of understanding how this paradigm may contribute to the modernization of educational practices and to the creation of more effective, engaging, and student-centered learning experiences. Based on the expected results, it is anticipated that the alignment between personalization strategies, immersive technologies, and strengthened institutional communication will represent a relevant driver of pedagogical innovation. Realizing this potential will, however, require a sustained strategic approach, investment in technological and human resources, and a paradigm shift within educational institutions. The data to be gathered throughout this investigation will allow for the empirical validation of these perspectives and the development of operational models tailored to the Portuguese educational context.

Keywords: *Education; User Experience; Pedagogical Innovation; Marketing 6.0; Digital Transformation*

ENTRE PROXIMIDADE E ESCALABILIDADE: UMA PROPOSTA ESTRATÉGICA DE MARKETING APLICADA À LOJA PORTA 18

BETWEEN PROXIMITY AND SCALABILITY: A STRATEGIC MARKETING PROPOSAL APPLIED TO PORTA 18

Larissa Freitas; Pedro Ramos

Isla Santarém - Instituto Politécnico

larissafreitasonline@gmail.com

Resumo

Introdução: A transformação digital alterou profundamente a forma como as empresas do retalho de moda constroem relacionamento, comunicam valor e sustentam crescimento. Neste contexto, marcas com forte componente relacional enfrentam um desafio estratégico particular: preservar proximidade e autenticidade sem comprometer consistência, escalabilidade e continuidade da comunicação. O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma proposta estratégica de marketing aplicada à empresa Porta 18, uma PME do setor do retalho de moda feminina localizada em Santarém, Portugal. A empresa opera através de loja física e canais digitais, comercializando produtos para clientes nacionais e internacionais, e caracteriza-se por uma forte proximidade com as clientes, assente sobretudo na figura da fundadora. O estudo procura responder às limitações identificadas na estruturação da presença digital, na integração entre canais físico e online e na elevada centralização da comunicação.

Método: Adotou-se uma abordagem qualitativa através de estudo de caso aplicado. A recolha de dados integrou análise documental, observação direta da atividade organizacional, análise da presença digital da empresa e consulta de dados secundários para enquadramento do setor. A empresa conta com três colaboradoras e desenvolve a sua atividade num modelo híbrido de comercialização, combinando experiência presencial e interação digital. A proximidade com o contexto empresarial permitiu observar práticas comerciais, comportamentos de consumo, processos de comunicação e dinâmicas de relacionamento com clientes. A análise dos dados foi desenvolvida de forma descritiva e comparativa, articulando evidência empírica com referenciais do marketing estratégico e operacional.

Resultados: Os resultados demonstraram que a principal vantagem competitiva da Porta 18 não reside exclusivamente na oferta comercial, mas na combinação entre curadoria de estilo, experiência de compra e proximidade relacional. A análise evidenciou ausência de processos formais de planeamento de conteúdos, elevada centralização da comunicação na fundadora e reduzida integração entre a experiência em loja física e os canais digitais. Simultaneamente, identificaram-se constrangimentos associados à dificuldade de transferir para o ambiente digital os elementos de proximidade que caracterizam a experiência presencial. Em resposta, foi estruturada uma proposta estratégica orientada para o reforço da comunicação digital, alinhamento do marketing-mix, integração omnicanal e definição de mecanismos de controlo e avaliação.

Discussão: Os resultados sugerem que, em negócios de retalho com elevada personalização, os fatores tradicionalmente interpretados como fonte de diferenciação podem transformar-se em limitações ao crescimento quando não sustentados por estruturas estratégicas de marketing. O estudo reforça a relevância da integração entre experiência física e presença digital e evidencia que a institucionalização da comunicação não implica perda de autenticidade, podendo, pelo contrário, ampliar consistência e capacidade de expansão. O caso analisado representa uma realidade frequente em pequenas empresas de retalho que cresceram através de relações pessoais e enfrentam desafios de profissionalização da comunicação e escalabilidade da marca. Neste sentido, contribui para aprofundar a compreensão sobre a transição entre modelos centrados na figura do fundador e modelos de marca mais autónomos e sustentáveis.

Conclusão: Conclui-se que a adoção de uma abordagem de marketing integrada e estruturada constitui um fator relevante para fortalecer o posicionamento da marca, aumentar a capacidade de adaptação ao contexto digital e criar condições para crescimento sustentável. O estudo evidencia que, no retalho de moda, a consolidação da marca depende cada vez mais da capacidade de transformar proximidade em sistema e experiência em estratégia.

Palavras-chave: marketing estratégico; retalho de moda; comunicação digital; experiência do cliente; omnicanalidade; branding.

Abstract

Introduction: Digital transformation has profoundly changed the way fashion retail companies build relationships, communicate value, and sustain growth. In this context, brands with a strong relational component face a particular strategic challenge: preserving proximity and authenticity without compromising consistency, scalability, and continuity of communication. This study aims to develop a strategic marketing proposal applied to Porta 18, an SME operating in the women's fashion retail sector and located in Santarém, Portugal. The company operates through both a physical store and digital channels, selling products to domestic and international customers, and is characterised by a strong customer relationship largely centred on the founder. The study seeks to address the limitations identified in the structuring of the company's digital presence, the integration of physical and online channels, and the high centralisation of communication.
Method: A qualitative approach was adopted through an applied case study. Data collection included document analysis, direct observation of organisational activities, analysis of the company's digital presence, and consultation of secondary data to contextualise the sector. The company employs three staff members and operates through a hybrid business model combining in-store experiences and digital interaction. Close access to the business context enabled the observation of commercial practices, consumer behaviour, communication processes, and customer relationship dynamics. Data analysis was conducted using descriptive and comparative approaches, linking empirical evidence with strategic and operational marketing frameworks.
Results: The findings showed that Porta 18's main competitive advantage does not lie exclusively in its product offering, but rather in the combination of style curation, customer experience, and relational proximity. The analysis revealed the absence of formal content planning processes, a high level of communication centralisation around the founder, and limited integration between the in-store experience and digital channels. Constraints were also identified regarding the transfer of the relational elements that characterise the physical shopping experience into the digital environment. In response, a strategic proposal was developed focusing on strengthening digital communication, aligning the marketing mix, promoting omnichannel integration, and establishing monitoring and evaluation mechanisms.
Discussion: The findings suggest that, in highly personalised retail businesses, factors traditionally regarded as sources of differentiation may become barriers to growth when not supported by structured marketing practices. The study reinforces the importance of integrating physical and digital experiences and demonstrates that the institutionalisation of communication does not necessarily imply a loss of authenticity. On the contrary, it may enhance consistency and support business expansion. The case analysed reflects a common reality among small retail businesses that have grown through personal relationships and now face challenges related to communication professionalisation and brand scalability. In this regard, the study contributes to a deeper understanding of the transition from founder-centred business models to more autonomous and sustainable brand models.
Conclusion: It is concluded that the adoption of an integrated and structured marketing approach is a relevant factor in strengthening brand positioning, increasing adaptability to the digital environment, and creating conditions for sustainable growth. The study highlights that, within the fashion retail sector, brand consolidation increasingly depends on the ability to transform proximity into a system and experience into strategy.

Keywords: strategic marketing; fashion retail; digital communication; customer experience; omnichannelity; branding.

ESG NA GESTÃO DE PROJETOS: INTEGRAÇÃO ATRAVÉS DA GESTÃO DE RISCO

ESG IN PROJECT MANAGEMENT: INTEGRATION THROUGH RISK MANAGEMENT

[1]pedro Gomes; [2]brian Tipote; [3]yengue Bumba; [4]ariclenes Lemos; [5]leo Fortuna; [6]fernando Bento; [7]nuno Nogueira

[1,2,3,4,5,6,7]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [7]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]pedrogom320@gmail.com; [2]briandavyestpt@gmail.com ; [3]yenguejo104@gmail.com; [4]aricleneslemos34@gmail.com; [5]leosalvadorfortuna33@gmail.com; [6]fernando.bento@islasantarem.pt; [7]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Os critérios ambientais, sociais e de governação, denominados ESG, têm vindo a assumir uma importância crescente nas organizações, sobretudo ao nível estratégico. Apesar disso, a sua integração na gestão de projetos continua pouco clara e raramente é feita de forma estruturada. Na prática, os projetos continuam a ser planeados sobretudo em função do tempo, do custo e do âmbito, enquanto os aspetos ambientais, sociais e de governação tendem a ser considerados apenas de forma indireta ou residual. Esta realidade revela uma lacuna entre a estratégia organizacional e a execução dos projetos. Neste contexto, o presente trabalho pretende chamar a atenção para esse problema e propor uma forma simples de iniciar a sua abordagem, integrando os critérios ambientais, sociais e de governação nos processos de gestão de risco já utilizados na gestão de projetos.

Método: O estudo baseia-se numa revisão de literatura, assente na análise de critérios ambientais, sociais e de governação, gestão de projetos e gestão de risco. Com base nessa análise, foi construída uma proposta de integração centrada na utilização dos processos de gestão de risco como ponto de entrada para a consideração destas dimensões nos projetos. A proposta parte da ideia de que, ao incluir estes critérios na identificação, análise, resposta e monitorização dos riscos, se torna possível alargar a leitura dos fatores que podem afetar o projeto. Embora a proposta tenha um caráter geral, considera-se particularmente útil em projetos na área das tecnologias de informação, onde podem surgir questões relacionadas com consumo energético, privacidade de dados, impacto social das soluções e composição das equipas. O trabalho não pretende validar empiricamente um modelo, mas antes estabelecer uma base conceptual clara que possa ser aprofundada em estudos futuros.

Resultados: Espera-se que esta abordagem permita identificar riscos que tendem a ser ignorados quando o planeamento do projeto se centra apenas em critérios tradicionais. Entre esses riscos podem incluir-se a dependência excessiva de centro de dados com elevado consumo energético, questões de privacidade de dados em implementações globais ou a falta de diversidade nas equipas de desenvolvimento. Prevê-se igualmente uma melhoria da qualidade do planeamento, com registos de risco mais completos, decisões mais informadas e maior alinhamento entre os objetivos do projeto e as prioridades estratégicas da organização.

Discussão: O principal contributo do trabalho está em mostrar que a integração dos critérios ambientais, sociais e de governação pode começar de forma simples, através de mecanismos já conhecidos pelas organizações. Em vez de sugerir a criação de estruturas paralelas ou procedimentos difíceis de aplicar, propõe-se uma lógica de incorporação progressiva num processo que já faz parte da prática de gestão. Esta perspetiva reforça a relevância do tema, ajuda a aproximar estratégia e execução e cria condições para futuras investigações, nomeadamente através do desenvolvimento de modelos conceptuais, instrumentos de análise ou estudos aplicados em contexto real.

Conclusão: Este trabalho é importante porque destaca uma lacuna ainda pouco tratada na gestão de projetos e propõe uma forma clara de a começar a abordar. Ao relacionar os critérios ambientais, sociais e de governação com a gestão de risco, oferece uma base útil para reflexão, discussão académica e desenvolvimento de estudos futuros.

Palavras-chave: ESG, Gestão de Projetos, Gestão de Risco, Sustentabilidade, Tecnologias de Informação

Abstract

Introduction: Environmental, social, and governance criteria, referred to as ESG, have been increasingly important in organizations, particularly at the strategic level. Despite this, their integration into project management remains unclear and is rarely done in a structured manner. In practice, projects continue to be planned primarily based on time, cost, and scope, while environmental, social, and governance aspects tend to be considered only indirectly or peripherally. This reality reveals a gap between organizational strategy and project execution. In this context, the present work aims to draw attention to this problem and propose a simple way to begin addressing it by integrating ESG criteria into the risk management processes already used in project management.
Method: This study is based on a literature review, grounded in the analysis of environmental, social, and governance criteria, project management, and risk management. Based on this analysis, an integration proposal was developed, centered on the use of risk management processes as an entry point for considering these dimensions in projects. The proposal stems from the idea that by including these criteria in the identification, analysis, response, and monitoring of risks, it becomes possible to broaden the understanding of the factors that can affect the project. Although the proposal has a general character, it is considered particularly useful in projects in the field of information technologies, where issues related to energy consumption, data privacy, the social impact of solutions, and team composition may arise. The work does not aim to empirically validate a model, but rather to establish a clear conceptual basis that can be further developed in future studies.
Results: This approach is expected to identify risks that tend to be overlooked when project planning focuses solely on traditional criteria. These risks may include excessive reliance on energy-intensive data centers, data privacy issues in global deployments, or a lack of diversity in development teams. It is also anticipated to improve the quality of planning, with more comprehensive risk registers, more informed decisions, and greater alignment between project objectives and the organization's strategic priorities.
Discussion: The main contribution of this work is to show that the integration of environmental, social, and governance criteria can begin simply, through mechanisms already known to organizations. Instead of suggesting the creation of parallel structures or procedures that are difficult to apply, it proposes a logic of progressive incorporation into a process that is already part of management practice. This perspective reinforces the relevance of the topic, helps to bring strategy and execution closer together, and creates conditions for future research, particularly through the development of conceptual models, analytical tools, or applied studies in real-world contexts.
Conclusion: This work is important because it highlights a gap that has been little addressed in project management and proposes a clear way to begin to approach it. By relating environmental, social, and governance criteria to risk management, it offers a useful basis for reflection, academic discussion, and the development of future studies.

Keywords: ESG, Project Management, Risk Management, Sustainability, Information Technologies

ESTRATÉGIAS DE DIVERSIFICAÇÃO COMO FERRAMENTA DE RESILIÊNCIA EM EMPRESAS FAMILIARES

DIVERSIFICATION STRATEGIES AS A DRIVER OF RESILIENCE IN FAMILY BUSINESSES

[1]Alfredo Pereira; [2;3]João Barroca; [3]Nuno Nogueira

[1]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia; [2]ESTG-POLITÉCNICO DE LEIRIA; [3]ISLA Santarém – Instituto Politécnico, ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

p6945@ipluso.pt [1]; joao.barroca@ipleiria.pt [2];nuno.nogueira@islasantarem.pt [3]

Resumo

Introdução: A resiliência organizacional assume um papel fundamental na sustentabilidade das empresas familiares, que enfrentam desafios permanentes associados à sucessão geracional, às crises económicas e às constantes alterações da envolvente externa. Neste contexto, a diversificação de produtos, serviços, mercados ou modelos de negócio tem sido identificada como uma estratégia relevante para mitigar riscos, reforçar a capacidade de adaptação e promover a continuidade empresarial. O presente estudo visa explorar a relação entre a diversificação estratégica e a resiliência organizacional das empresas familiares.
Método: Foi realizado um inquérito por questionário estruturado, administrado através de formulário digital, dirigido a gestores de empresas familiares de pequena e média dimensão que operam na região de Santarém. O universo de estudo é constituído pelas empresas familiares desta região, tendo a participação ocorrido de forma voluntária, configurando uma amostragem não probabilística. O instrumento de recolha de dados contempla oito dimensões: setor de atividade, participação familiar na gestão, adoção de estratégias de diversificação, motivações subjacentes, impacto percebido na resiliência organizacional, fontes de financiamento utilizadas, fatores que influenciam a tomada de decisão e envolvimento de inovação ou tecnologia. Os dados recolhidos serão objeto de análise quantitativa e qualitativa, em função dos objetivos definidos para o estudo.
Resultados: Tratando-se de uma investigação em curso, prevê-se que os resultados permitam identificar padrões de adoção de estratégias de diversificação nas empresas familiares participantes, bem como compreender a sua relação com a perceção de resiliência organizacional, capacidade de adaptação a contextos adversos e continuidade do negócio. Espera-se igualmente identificar fatores facilitadores e constrangimentos à implementação destas estratégias, nomeadamente ao nível da inovação, do financiamento e da participação familiar nos processos de tomada de decisão.
Discussão: Embora a investigação se encontre em fase de recolha e análise de dados, espera-se que os resultados contribuam para aprofundar o conhecimento sobre o papel da diversificação estratégica na resiliência das empresas familiares. Os dados obtidos serão posteriormente confrontados com a literatura existente sobre resiliência organizacional, continuidade empresarial e sucessão geracional, permitindo identificar convergências e divergências entre as evidências empíricas e os modelos teóricos atualmente disponíveis. Pretende-se igualmente compreender de que forma a diversificação pode constituir um mecanismo de redução da vulnerabilidade organizacional e de reforço da sustentabilidade empresarial a longo prazo.
Conclusão: O estudo pretende contribuir para uma melhor compreensão do papel da diversificação estratégica na promoção da resiliência das empresas familiares, identificando fatores que potenciam a sua capacidade de adaptação e continuidade em contextos de incerteza. Espera-se que os resultados produzam conhecimento relevante para apoiar a tomada de decisão dos gestores e reforçar a sustentabilidade destas organizações, contribuindo para a sua competitividade e perenidade.

Palavras-chave: Empresas familiares, Diversificação estratégica, Resiliência organizacional, Gestão familiar, Sustentabilidade empresarial, Sucessão geracional

Abstract

Introduction: Organizational resilience plays a fundamental role in the sustainability of family businesses, which continuously face challenges associated with generational succession, economic crises, and changes in the external environment. In this context, the diversification of products, services, markets, or business models has been identified as a relevant strategy for mitigating risks, strengthening adaptive capacity, and promoting business continuity. This study aims to explore the relationship between strategic diversification and organizational resilience in family businesses.
Method: A structured questionnaire survey was administered electronically to managers of small and medium-sized family businesses operating in the Santarém region, Portugal. The study population consists of family businesses located in this region, with participation occurring on a voluntary basis, resulting in a non-probability sample. The data collection instrument covers eight dimensions: business sector, family involvement in management, adoption of diversification strategies, underlying motivations, perceived impact on organizational resilience, sources of financing, factors influencing decision-making processes, and the role of innovation and technology. The collected data will be analyzed using both quantitative and qualitative approaches in accordance with the objectives of the study.
Results: As this research is currently ongoing, the expected results include the identification of patterns in the adoption of diversification strategies among participating family businesses, as well as an understanding of their relationship with perceived organizational resilience, adaptability to adverse circumstances, and business continuity. The study is also expected to identify enabling factors and barriers to the implementation of diversification strategies, particularly regarding innovation, financing, and family involvement in decision-making processes.
Discussion: Although the study is currently in the data collection and analysis phase, the findings are expected to contribute to a deeper understanding of the role of strategic diversification in enhancing the resilience of family businesses. The results will subsequently be compared with the existing literature on organizational resilience, business continuity, and generational succession, allowing for the identification of convergences and divergences between empirical evidence and current theoretical frameworks. The study also seeks to examine how diversification may function as a mechanism for reducing organizational vulnerability and strengthening long-term business sustainability.
Conclusion: This study aims to contribute to a better understanding of the role of strategic diversification in fostering resilience among family businesses by identifying factors that enhance their capacity to adapt and remain viable under conditions of uncertainty. The expected findings may provide valuable insights for managers and decision-makers seeking to strengthen the sustainability, competitiveness, and long-term continuity of family-owned businesses.

Keywords: Family Businesses, Strategic Diversification, Organizational Resilience, Family Management, Business Sustainability, Generational Succession

ESTRATÉGIAS DE MARKETING PARA DISPOSITIVOS MÉDICOS DE CUIDADOS DOMICILIÁRIOS

MARKETING STRATEGIES FOR HOMECARE MEDICAL DEVICES

Afonso Sansana; Patrícia Pereira

ISLA Santarém - Instituto Politécnico

afonsosansana@gmail.com; patricia.pereira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O mercado de dispositivos médicos para cuidados domiciliários tem crescido significativamente em Portugal e na Europa, impulsionado pelo envelhecimento populacional e pela transição do cuidado hospitalar para o domiciliar. Este crescimento cria um desafio de marketing específico, onde os dispositivos médicos são tecnicamente complexos e o processo de decisão de compra envolve múltiplos intervenientes, como: médicos, cuidadores, familiares e o próprio utilizador final. O presente artigo propõe analisar as estratégias de marketing adotadas por empresas de dispositivos médicos, procurando identificar os fatores que contribuem para a sua eficácia, com foco nos canais de distribuição e no comportamento dos diferentes decisores de compra.

Método: O estudo adotará uma metodologia qualitativa exploratória, baseada na revisão sistemática da literatura académica sobre marketing em saúde e comportamento do consumidor no setor de tecnologia médica (*MedTech*). A seleção de documentos obedecerá a critérios de relevância temática, rigor metodológico e contexto europeu, prevendo-se a inclusão de artigos científicos, relatórios europeus e estudos de caso de empresas portuguesas e europeias do setor de dispositivos médicos. A análise e síntese dos dados articularão conceitos de marketing estratégico, gestão comercial e distribuição omnicanal.

Resultados: Antecipa-se a identificação de três eixos estratégicos predominantes: marketing relacional, dirigido a profissionais de saúde enquanto influenciadores primários da decisão de compra. Marketing digital, focado na educação do mercado e na construção de confiança junto do consumidor final e Estratégias omnicanal que integram farmácias, lojas especializadas e plataformas de comércio eletrónico. Espera-se ainda que a comunicação fundamentada em evidência clínica se revele um fator diferenciador relevante num mercado onde o preço não é o único critério de decisão.

Discussão: As empresas do setor operam num mercado de múltiplos decisores com lógicas de compra distintas, o que deverá exigir estratégias de segmentação e comunicação adaptadas a cada perfil. A crescente tendência para a gestão autónoma da saúde em casa tende a ampliar o papel do consumidor final, tradicionalmente secundário neste setor, pressionando as empresas a evoluir de modelos puramente *business-to-business* (B2B) para abordagens híbridas *business-to-business-to-consumer* (B2B2C). A gestão da dualidade comunicativa entre profissionais de saúde e utilizadores finais deverá constituir um dos principais desafios a explorar no estudo.

Conclusão: O marketing de dispositivos médicos domiciliários exigirá uma abordagem que reconheça a pluralidade dos decisores de compra e a crescente importância do digital como canal de educação e conversão. As empresas que melhor equilibrarem a comunicação técnica dirigida a profissionais de saúde com uma comunicação empática e acessível ao utilizador final estarão mais bem posicionadas para capturar o crescimento deste mercado. Este estudo pretende contribuir para um quadro conceptual de marketing aplicado ao setor *MedTech* em Portugal, abrindo caminho para investigação futura de natureza quantitativa.

Palavras-chave: *Cuidados Domiciliários, Dispositivos Médicos, Marketing B2C, Marketing em Saúde, MedTech*

Abstract

Introduction: The home care medical device market has grown significantly in Portugal and Europe, driven by population ageing and the transition from hospital-based to home-based care. This growth creates a specific marketing challenge, as medical devices are technically complex and the purchasing decision process involves multiple stakeholders, including physicians, caregivers, family members, and the end user. This article proposes to analyse the marketing strategies adopted by medical device companies, seeking to identify the factors that contribute to their effectiveness, with a focus on distribution channels and the behaviour of different decision-makers.

Method: The study will adopt an exploratory qualitative methodology, based on a systematic review of the academic literature on health marketing and consumer behaviour in the medical technology (MedTech) sector. Document selection will follow criteria of thematic relevance, methodological rigour, and European context, with the inclusion of scientific articles, European reports, and case studies of Portuguese and European companies in the medical device sector. Data analysis and synthesis will draw on concepts from strategic marketing, commercial management, and omnichannel distribution.

Results: The identification of three predominant strategic axes is anticipated: relational marketing, directed at healthcare professionals as primary influencers of the purchasing decision; digital marketing, focused on market education and building trust with the end consumer; and omnichannel strategies integrating pharmacies, specialist retailers, and e-commerce platforms. It is further expected that communication grounded in clinical evidence will prove a relevant differentiating factor in a market where price is not the sole decision criterion.

Discussion: Companies in this sector operate in a market of multiple decision-makers with distinct purchasing rationales, which will likely require segmentation and communication strategies tailored to each profile. The growing trend towards autonomous health management at home tends to expand the role of the end consumer, traditionally secondary in this sector, pressuring companies to evolve from purely business-to-business (B2B) models towards hybrid business-to-business-to-consumer (B2B2C) approaches. Managing the communicative duality between healthcare professionals and end users is expected to be one of the key challenges explored in the study.

Conclusion: The marketing of home care medical devices will require an approach that acknowledges the plurality of purchasing decision-makers and the growing importance of digital channels for education and conversion. Companies that best balance technically oriented communication directed at healthcare professionals with empathetic and accessible communication for the end user will be better positioned to capture the growth of this market. This study aims to contribute to a conceptual marketing framework applied to the MedTech sector in Portugal, paving the way for future quantitative research.

Keywords: *B2C Marketing, Healthcare Marketing, Home Care, Medical Devices, MedTech*

GÉMEOS DIGITAIS E LEAN 4.0/5.0: MODELO CONCEPTUAL, EVIDÊNCIA E ROTEIRO DE IMPLEMENTAÇÃO PARA A INDÚSTRIA PORTUGUESA

DIGITAL TWINS AND LEAN 4.0/5.0: CONCEPTUAL MODEL, EVIDENCE AND IMPLEMENTATION ROADMAP FOR PORTUGUESE INDUSTRY

[1]Andreia Gomes; [2]Pedro Costa Ramos

[1]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [2]ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]gomes7andreia@gmail.com

Resumo

Introdução: O presente estudo enquadra-se no contexto da transformação digital da indústria e na necessidade crescente de articular metodologias consolidadas de melhoria contínua com tecnologias emergentes orientadas por dados. A integração entre Lean e gémeos digitais é analisada como uma via para apoiar organizações industriais portuguesas, particularmente pequenas e médias empresas, na melhoria dos seus processos, na redução de desperdícios e na tomada de decisão mais informada. O objetivo do trabalho é desenvolver e estruturar um modelo conceptual de criação de valor associado a esta integração, identificando os mecanismos através dos quais a combinação entre práticas de melhoria contínua e ambientes digitais de simulação pode potenciar resultados operacionais.

Método: O estudo assenta numa revisão estruturada da literatura, orientada para recolher, organizar e interpretar contributos científicos sobre Lean, gémeos digitais, transformação digital industrial, sustentabilidade e resiliência operacional. A análise foi conduzida com foco na identificação de dimensões conceptuais, relações entre variáveis e resultados esperados, permitindo construir uma proposta de modelo aplicável ao contexto industrial português. Por se tratar de uma investigação conceptual, não foram recolhidos dados empíricos nesta fase.

Resultados: O modelo proposto organiza a criação de valor em quatro dimensões principais: eficiência e estabilidade dos fluxos, qualidade da decisão suportada por simulação e previsão, sustentabilidade através da otimização de recursos e redução de desperdícios, e resiliência perante variabilidade, perturbações e alterações da procura. A articulação destas dimensões permite compreender como os gémeos digitais podem reforçar práticas Lean, tornando os processos mais visíveis, mensuráveis e ajustáveis.

Discussão: A proposta contribui para sistematizar uma área ainda dispersa na literatura, ao aproximar a lógica de melhoria contínua da capacidade analítica e preditiva das tecnologias digitais. O modelo sugere que a adoção gradual, apoiada em aprendizagem operacional baseada em dados, pode reduzir riscos de implementação e aumentar a capacidade das organizações para responder a contextos industriais dinâmicos.

Conclusão: O estudo é relevante por oferecer um enquadramento teórico e aplicável que apoia a integração progressiva entre Lean e gémeos digitais, contribuindo para operações mais eficientes, sustentáveis e resilientes.

Palavras-chave: gémeos digitais, Lean, indústria digital, modelo conceptual, criação de valor, sustentabilidade.

Abstract

Introduction: This study is framed by the digital transformation of industry and by the growing need to combine established continuous improvement approaches with emerging data-driven technologies. The integration between Lean and digital twins is analysed as a way to support Portuguese industrial

organisations, particularly small and medium-sized enterprises, in improving processes, reducing waste and making better-informed decisions. The aim of the work is to develop and structure a conceptual value-creation model associated with this integration, identifying the mechanisms through which the combination of continuous improvement practices and digital simulation environments can enhance operational outcomes.

Method: The study is based on a structured literature review designed to collect, organise and interpret scientific contributions on Lean, digital twins, industrial digital transformation, sustainability and operational resilience. The analysis focused on identifying conceptual dimensions, relationships between variables and expected outcomes, enabling the development of a model proposal applicable to the Portuguese industrial context. As this is a conceptual study, no empirical data were collected at this stage.

Results: The proposed model organises value creation into four main dimensions: efficiency and flow stability, decision quality supported by simulation and prediction, sustainability through resource optimisation and waste reduction, and resilience in the face of variability, disruptions and changes in demand. The articulation of these dimensions helps explain how digital twins can strengthen Lean practices by making processes more visible, measurable and adjustable.

Discussion: The proposal contributes to systematising an area that remains fragmented in the literature by connecting the logic of continuous improvement with the analytical and predictive capacity of digital technologies. The model suggests that gradual adoption, supported by data-based operational learning, can reduce implementation risks and increase the ability of organisations to respond to dynamic industrial contexts.

Conclusion: The study is relevant because it offers a theoretical and applicable framework that supports the progressive integration of Lean and digital twins, contributing to more efficient, sustainable and resilient operations.

Keywords: digital twins, Lean, digital industry, conceptual model, value creation, sustainability.

GESTÃO DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO, ELIMINAÇÃO DESPERDÍCIO E SUAS FERRAMENTAS

QUALITY MANAGEMENT IN PRODUCTION, WASTE ELIMINATION AND ITS TOOLS

[1]Mamadú Seidi; [2]Pedro Costa Ramos

[1]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [2]ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]Seidim381@gmail.com

Resumo

Introdução: Num contexto económico global cada vez mais competitivo, as organizações industriais enfrentam o desafio permanente de melhorar o seu desempenho operacional, garantir a qualidade dos seus produtos e eliminar atividades que não acrescentam valor. O presente trabalho analisa de que forma a gestão da qualidade, aliada à filosofia Lean Manufacturing, pode contribuir para a eliminação do desperdício e para a otimização dos processos produtivos nas empresas industriais. A questão orientadora do estudo é: Em que medida a gestão pela qualidade total pode contribuir para a melhoria do desempenho e da competitividade empresarial nas organizações industriais?
Método: Metodologicamente, o estudo assenta numa abordagem de carácter qualitativo e descritivo, recorrendo ao método de estudo de caso aplicado ao setor industrial. A recolha de dados foi realizada através de análise documental, observação direta e entrevistas semiestruturadas a colaboradores e responsáveis das áreas de produção e qualidade. A análise dos dados foi efetuada com recurso a ferramentas da qualidade como o Diagrama de Pareto, o Diagrama de Ishikawa e o Ciclo PDCA, assegurando rigor e fiabilidade nos resultados obtidos.
Resultados: Os resultados evidenciam que a aplicação integrada de ferramentas de gestão da qualidade — nomeadamente o 5S, o Kaizen, o Just in Time, o Ciclo PDCA, a Análise de Pareto e o Six Sigma — conduz a uma redução significativa dos sete tipos de desperdício clássicos do Lean: superprodução, tempos de espera, transporte desnecessário, excesso de processamento, inventário excessivo, movimentação desnecessária e defeitos. A implementação destas práticas promove maior eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos e reforço da competitividade organizacional.
Discussão: Verifica-se uma relação direta e positiva entre a maturidade da gestão da qualidade e a capacidade das organizações para eliminar desperdícios e melhorar o seu desempenho produtivo. A integração entre os princípios da Gestão da Qualidade Total (TQM) e a filosofia Lean Manufacturing revela-se uma estratégia eficaz para promover a melhoria contínua, o envolvimento dos colaboradores e a sustentabilidade das operações. Estes resultados confirmam a literatura existente e reforçam a importância de uma abordagem sistemática e culturalmente enraizada na excelência operacional.
Conclusão: A adoção integrada de práticas de gestão da qualidade e de metodologias de eliminação de desperdícios constitui uma estratégia essencial para o desenvolvimento sustentável e a excelência operacional das empresas industriais. O estudo demonstra que uma produção mais eficiente, baseada na melhoria contínua e no controlo da qualidade, não só melhora o desempenho interno das organizações como fortalece a sua posição competitiva no mercado. O alinhamento entre estratégias operacionais e de qualidade é, portanto, fundamental para uma competitividade sustentável a longo prazo.

Palavras-chave: gestão da qualidade; desperdício; lean manufacturing; melhoria contínua; ferramentas da qualidade.

Abstract

Introduction: In an increasingly competitive global economic context, industrial organisations face the ongoing challenge of improving their operational performance, ensuring product quality and eliminating non-value-adding activities. This paper analyses how quality management, combined with the Lean Manufacturing philosophy, can contribute to waste elimination and the optimisation of production processes in industrial companies. The guiding research question is: To what extent can Total Quality Management contribute to improving performance and business competitiveness in industrial organisations?
Method: Methodologically, the study follows a qualitative and descriptive approach, employing the case study method applied to the industrial sector. Data collection was carried out through document analysis, direct observation and semi-structured interviews with employees and managers from the production and quality areas. Data analysis was conducted using quality tools such as the Pareto Diagram, the Ishikawa Diagram and the PDCA Cycle, ensuring rigour and reliability in the results obtained.
Results: The results show that the integrated application of quality management tools — namely 5S, Kaizen, Just-in-Time, the PDCA Cycle, Pareto Analysis and Six Sigma — leads to a significant reduction of the seven classic Lean waste types: overproduction, waiting times, unnecessary transport, overprocessing, excess inventory, unnecessary movement and defects. The implementation of these practices promotes greater operational efficiency, cost reduction, improved product quality and enhanced organisational competitiveness.
Discussion: A direct and positive relationship was found between the maturity of quality management and the ability of organisations to eliminate waste and improve their production performance. The integration of Total Quality Management (TQM) principles with Lean Manufacturing philosophy proves to be an effective strategy for promoting continuous improvement, employee engagement and operational sustainability. These findings are consistent with existing literature and reinforce the importance of a systematic and culturally embedded approach to operational excellence.
Conclusion: The integrated adoption of quality management practices and waste elimination methodologies constitutes an essential strategy for the sustainable development and operational excellence of industrial companies. The study demonstrates that more efficient production, based on continuous improvement and quality control, not only improves organisations' internal performance but also strengthens their competitive position in the market. The alignment between operational and quality strategies is therefore fundamental for long-term sustainable competitiveness.

Keywords: quality management; waste; lean manufacturing; continuous improvement; quality tools.

MANUTENÇÃO PREDITIVA COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM PME'S: CASO DE ESTUDO NO SETOR LOGÍSTICO

PREDICTIVE MAINTENANCE WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SME'S: A CASE STUDY IN THE LOGISTICS SECTOR

[1]Sara Sousa; [2]Pedro Costa Ramos

[1;2]ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]sara.fs.sousa@gmail.com

Resumo

A manutenção de equipamentos em armazéns logísticos representa um desafio crítico para Pequenas e Médias Empresas, sobretudo quando as avarias não planeadas comprometem prazos de entrega, aumentam custos e afetam diretamente a produtividade das operações. A presente investigação analisa a viabilidade de implementar manutenção preditiva suportada por inteligência artificial numa Pequena e Média Empresa do setor logístico português, recorrendo a plataformas sem necessidade de programação avançada e a registos históricos de avarias, sem exigir competências técnicas especializadas nem investimentos desproporcionados. A questão central é perceber em que medida esta abordagem tem impacto positivo na redução de tempos mortos e custos operacionais num contexto de recursos limitados.

O trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso realizado no armazém Azambuja 3 do Grupo Luís Simões, em Azambuja, uma unidade operacional de média dimensão com características representativas de uma Pequena e Média Empresa do setor logístico. Foram analisadas 133 avarias ocorridas entre janeiro de 2024 e setembro de 2025, num parque de 29 equipamentos alugados, compostos por porta-paletes elétricos, empilhadores retráteis e equipamentos complementares. A metodologia combina análise descritiva dos dados recolhidos, construção de um modelo preditivo numa plataforma sem programação avançada e avaliação do desempenho através de métricas como acurácia, precisão e taxa de deteção de falhas reais.

Os resultados preliminares sugerem a existência de padrões identificáveis nos dados históricos, com concentração acentuada de avarias em cinco equipamentos específicos, representando cerca de 50% do total de ocorrências registadas. Verificou-se igualmente a predominância de falhas relacionadas com o desgaste de componentes, nomeadamente a substituição de rodas de tração e rodas dos garfos, bem como variações sazonais com maior incidência em períodos específicos do ano. Os resultados indiciam que o modelo em desenvolvimento apresenta potencial para identificar os equipamentos com maior probabilidade de falha a curto prazo, ainda que a sua validação plena dependa da conclusão da fase de desenvolvimento.

A discussão confirma que os dados históricos de avarias contêm padrões exploráveis para fins preditivos, em linha com o que a literatura mais recente tem identificado em contextos industriais. A utilização de uma plataforma sem programação revelou-se uma via viável para tornar esta abordagem acessível a organizações sem equipas especializadas, constituindo uma alternativa realista a soluções de maior complexidade técnica. As principais limitações identificadas prendem-se com a ausência de variáveis de condição em tempo real, como temperatura ou vibração, e com a dimensão da amostra, aspetos que condicionam a precisão máxima do modelo.

Este estudo contribui para a literatura sobre manutenção preditiva em Pequenas e Médias Empresas, ao demonstrar que soluções acessíveis podem viabilizar a adoção destas tecnologias sem exigir investimentos desproporcionados. A análise de viabilidade económica considera os custos de implementação, a potencial redução de tempos mortos e o retorno esperado sobre o investimento, contribuindo assim para expandir o conhecimento num domínio onde a investigação empírica é ainda escassa.

Palavras-chave: manutenção preditiva, inteligência artificial, Pequenas e Médias Empresas, logística, plataformas sem programação

Abstract

Equipment maintenance in logistics warehouses represents a critical challenge for Small and Medium-sized Enterprises, particularly when unplanned breakdowns compromise delivery deadlines, increase costs, and directly affect the productivity of operations. This research analyses the feasibility of implementing predictive maintenance supported by artificial intelligence in a Small and Medium-sized Enterprise in the Portuguese logistics sector, using platforms that require no advanced programming and historical breakdown records, without requiring specialised technical expertise or disproportionate investment. The central question is to understand to what extent this approach has a positive impact on reducing downtime and operational costs in a resource-constrained context.

The work was developed through a case study conducted at the Azambuja 3 warehouse of Grupo Luís Simões, in Azambuja, a medium-sized operational unit with characteristics representative of a logistics Small and Medium-sized Enterprise. A total of 133 breakdowns recorded between January 2024 and September 2025 were analysed across a fleet of 29 rented vehicles comprising electric pallet trucks, reach stackers, and complementary equipment. The methodology combines descriptive analysis of the data collected, construction of a predictive model on a platform requiring no advanced programming, and performance evaluation through metrics such as accuracy, precision, and true failure detection rate.

Preliminary results suggest the existence of identifiable patterns in historical data, with a marked concentration of breakdowns in five specific pieces of equipment, accounting for approximately 50% of all recorded occurrences. The predominance of failures related to component wear was also observed, particularly the replacement of traction wheels and fork wheels, as well as seasonal variations with higher incidence in specific periods of the year. The findings indicate that the model under development shows potential for identifying equipment with the highest short-term failure probability, although full validation depends on the conclusion of the development phase.

The discussion confirms that historical breakdown data contains patterns that can be exploited for predictive purposes, in line with what recent literature has identified in industrial contexts. The use of a platform requiring no programming proved a viable route to making this approach accessible to organisations without specialised teams, representing a realistic alternative to more technically complex solutions. The main limitations identified relate to the absence of real-time condition variables, such as temperature or vibration, and the sample size, both of which constrain the maximum precision of the model.

This study contributes to the literature on predictive maintenance in Small and Medium-sized Enterprises by demonstrating that accessible solutions can enable the adoption of these technologies without requiring disproportionate investment. The economic feasibility analysis considers implementation costs, the potential reduction in downtime, and the expected return on investment, thus contributing to expanding knowledge in a domain where empirical research is still scarce.

Keywords: predictive maintenance, artificial intelligence, Small and Medium-sized Enterprises, logistics, no-code platforms

O EFEITO "MADE IN" NA DECISÃO DE COMPRA E NA CONFIANÇA DO CONSUMIDOR

THE 'MADE IN' EFFECT ON PURCHASE DECISION AND CONSUMER TRUST

Afonso Sansana[1]; André Neves[2]; Carolina De Lima[3]; Patrícia Pereira[1]

[1]ISLA Santarém - Instituto Politécnico; [2]ISEG - Universidade de Lisboa & UCP-IEP – Universidade Católica Portuguesa - Instituto de Estudos Políticos; [3]FDUL - Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa

afonsosansana@gmail.com; nevesmdasilva@gmail.com; carolinadelimagg@gmail.com; patricia.pereira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A origem geográfica de um produto há muito que é reconhecida como um fator determinante no comportamento do consumidor. Num mercado cada vez mais globalizado, onde as tensões geopolíticas e as perturbações nas cadeias de abastecimento reacenderam o interesse pela proveniência dos produtos, compreender de que forma o rótulo "Made In" molda a confiança do consumidor e a sua intenção de compra torna-se particularmente relevante. Este estudo irá examinar a influência do país de origem junto dos consumidores portugueses, explorando como a imagem nacional e o etnocentrismo interagem com a perceção de marca e as decisões de compra.

Método: Os dados serão recolhidos através de um questionário online estruturado, distribuído via redes sociais a uma amostra de conveniência de consumidores portugueses. O questionário será composto por 25 perguntas, numa escala tipo Likert de cinco pontos, abrangendo a qualidade percebida do produto, a imagem do país, o etnocentrismo do consumidor, a confiança na marca e a intenção de compra. As escalas utilizadas serão adaptadas da literatura existente sobre o país de origem para o contexto português.

Resultados: É expectável que os resultados indiquem que o país de origem influencia significativamente tanto a confiança do consumidor como a intenção de compra, sendo os produtos provenientes da Europa Ocidental e da América do Norte percebidos com maior qualidade do que os originários da Ásia ou da Europa de Leste. Espera-se que as tendências etnocêntricas reforcem moderadamente a preferência por produtos nacionais ou de regiões geograficamente próximas, especialmente nas categorias de alimentação, tecnologia e vestuário.

Discussão: Espera-se que os resultados se alinhem com a teoria estabelecida sobre o país de origem, reforçando a ideia de que os consumidores utilizam a proveniência geográfica como indicador de qualidade e fiabilidade. No entanto, o papel moderador da familiaridade com a marca poderá sugerir que marcas globais consolidadas sejam capazes de atenuar parcialmente as associações negativas ao país de origem. Estes resultados terão implicações para a estratégia de marketing internacional, o posicionamento de marca e a diplomacia comercial, particularmente para empresas que operem em mercados culturalmente e politicamente distintos.

Conclusão: Este estudo pretende contribuir para a interseção entre o comportamento do consumidor, a gestão internacional e as relações comerciais, demonstrando que o rótulo "made in" continuará a ser um sinal significativo nos contextos de compra contemporâneos. Tanto para gestores como para decisores políticos, compreender e comunicar estrategicamente a origem do produto poderá constituir uma vantagem competitiva nos mercados nacional e internacional.

Palavras-chave: *Comportamento do consumidor, Confiança, Etnocentrismo, Intenção de compra, País de origem*

Abstract

Introduction: The geographic origin of a product has long been recognised as a determining factor in consumer behaviour. In an increasingly globalised market, where geopolitical tensions and supply chain disruptions have rekindled interest in product provenance, understanding how the "Made In" label shapes consumer trust and purchase intention becomes particularly relevant. This study will examine the influence of country of origin among Portuguese consumers, exploring how national image and ethnocentrism interact with brand perception and purchasing decisions.

Method: Data will be collected through a structured online questionnaire, distributed via social media to a convenience sample of Portuguese consumers. The questionnaire will comprise 25 questions on a five-point Likert scale, covering perceived product quality, country image, consumer ethnocentrism, brand trust, and purchase intention. The scales used will be adapted from existing country-of-origin literature for the Portuguese context.

Results: Results are expected to indicate that country of origin significantly influences both consumer trust and purchase intention, with products from Western Europe and North America perceived as higher quality than those originating from Asia or Eastern Europe. Ethnocentric tendencies are expected to moderately reinforce preference for domestic products or those from geographically proximate regions, particularly in the food, technology, and clothing categories.

Discussion: The results are expected to align with established country-of-origin theory, reinforcing the notion that consumers use geographic provenance as an indicator of quality and reliability. However, the moderating role of brand familiarity may suggest that well-established global brands are capable of partially offsetting negative country-of-origin associations. These findings will have implications for international marketing strategy, brand positioning, and trade diplomacy, particularly for companies operating in culturally and politically distinct markets.

Conclusion: This study aims to contribute to the intersection of consumer behaviour, international management, and trade relations, demonstrating that the "made in" label will continue to be a meaningful signal in contemporary purchasing contexts. For both managers and policymakers, strategically understanding and communicating product origin may prove to be a competitive advantage in both domestic and international markets.

Keywords: *Consumer Behaviour, Country of Origin, Ethnocentrism, Purchase Intention, Trust*

O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS NEGÓCIOS: DA ADOÇÃO AO VALOR MENSURÁVEL

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON BUSINESS: FROM ADOPTION TO MEASURABLE VALUE

[1]André Aragão; [2]Gabriela Úrsula; [3]João Jesus; [4]Rúben Campanacho; [5]Rui Matos; [6]Sérgio Gaspar

[1]ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]andre.oaragao@hotmail.com; [2]gabrielaursula14@gmail.com; [3]joao.estevao.jesus@gmail.com; [4]rubencampanacho95@gmail.com; [5]ruipedromatos@hotmail.com; [6]sergio@gasparzinho.net

Resumo

Introdução: A inteligência artificial passou da análise experimental para uma capacidade empresarial geral, com efeitos visíveis na produtividade, nas operações de atendimento ao cliente, no desenvolvimento de software, no trabalho do conhecimento e na inovação. Contudo, a adoção, por si só, não garante valor empresarial. O objetivo deste trabalho é compreender como a inteligência artificial pode produzir valor mensurável e que condições organizacionais permitem transformar o uso tecnológico em vantagem competitiva duradoura.

Método: O trabalho sintetiza estudos empíricos, inquéritos a executivos e referenciais de governação para explicar como a inteligência artificial cria valor empresarial. A análise baseia-se em evidência recente sobre inteligência artificial generativa, experiências controladas em tarefas de conhecimento, relatórios internacionais sobre produtividade e mercado de trabalho, e enquadramentos de gestão do risco. Esta abordagem permite relacionar impactos ao nível da tarefa com mudanças no modelo operacional das organizações.

Resultados: Os resultados indicam que os efeitos mais claros surgem em tarefas e fluxos de trabalho bem definidos. No apoio ao cliente, na escrita profissional e noutros contextos de trabalho do conhecimento, a inteligência artificial pode reduzir tempos de execução, melhorar a qualidade e aumentar a produtividade, com ganhos especialmente relevantes para trabalhadores menos experientes. Ainda assim, os impactos são desiguais, porque o desempenho depende da qualidade dos dados, da adequação do caso de uso, da integração nos processos e da existência de critérios de avaliação.

Discussão: A comparação da evidência mostra que a diferença entre simples adoção e criação de valor está nos investimentos complementares. A inteligência artificial deve ser gerida como uma transformação sociotécnica dos fluxos de trabalho, decisões, competências e controlos, e não como uma ferramenta tecnológica isolada. Por isso, a estratégia empresarial deve incluir formação, redesenho de funções, supervisão humana, métricas de qualidade, proteção de dados, avaliação de fornecedores e mecanismos de resposta a incidentes.

Conclusão: A inteligência artificial já está a afetar os negócios, mas o seu impacto deve ser entendido como uma transformação desigual e não como automação imediata. As empresas com maior probabilidade de gerar valor são as que selecionam casos de uso com valor económico claro, redesenham processos, preservam a responsabilização humana e acompanham resultados depois da implementação. Em contexto internacional, a vantagem competitiva dependerá menos do acesso aos modelos e mais dos dados próprios, da confiança dos clientes, da governação responsável e da capacidade de aprender mais depressa com a utilização real.

Palavras-chave: inteligência artificial, inteligência artificial generativa, transformação empresarial, produtividade, força de trabalho, governação

Abstract

Introduction: Artificial intelligence has moved from experimental analytics to a general business capability, with visible effects on productivity, customer operations, software development, knowledge work, and innovation. However, adoption alone does not guarantee enterprise value. This work aims to understand how artificial intelligence can produce measurable value and which organizational conditions turn technological use into durable competitive advantage.

Method: This paper synthesizes empirical studies, executive surveys, and governance frameworks to explain how artificial intelligence creates business value. The analysis draws on recent evidence about generative artificial intelligence, controlled experiments in knowledge-work tasks, international reports on productivity and the labor market, and risk-management frameworks. This approach connects task-level impacts with changes in the operating model of organizations.

Results: The findings indicate that the clearest effects appear in well-defined tasks and workflows. In customer support, professional writing, and other knowledge-work settings, artificial intelligence can reduce completion time, improve quality, and increase productivity, with especially relevant gains for less experienced workers. Even so, impacts are uneven because performance depends on data quality, use-case fit, process integration, and the existence of clear evaluation criteria.

Discussion: The comparison of evidence shows that the difference between simple adoption and value creation lies in complementary investments. It argues that artificial intelligence should be managed as a socio-technical transformation of workflows, decisions, skills, and controls rather than as a stand-alone technology tool. Therefore, business strategy should include training, role redesign, human oversight, quality metrics, data protection, vendor assessment, and incident-response mechanisms.

Conclusion: Artificial intelligence is already affecting business, but its impact is best understood as uneven transformation rather than instant automation. Firms that are more likely to generate value select use cases with clear economic value, redesign processes, preserve human accountability, and monitor outcomes after implementation. In international business, competitive advantage will depend less on model access and more on proprietary data, customer trust, responsible governance, and the ability to learn faster from real deployment.

Keywords: artificial intelligence, generative artificial intelligence, business transformation, productivity, workforce, governance

O IMPACTO DA LIDERANÇA E DA INFRAESTRUTURA TECNOLÓGICA NO BEM-ESTAR DOS COLABORADORES

THE IMPACT OF LEADERSHIP AND TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE ON EMPLOYEE WELL-BEING

[1]João Reis; [2]João Farinha

[1]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [2]ISLA Santarém – Instituto Politécnico;

[1]jfreis20@gmail.com; [2]joao.farinha@islasantarem.pt;

Resumo

Introdução: Este estudo parte de uma pergunta atual: de que forma a liderança e a infraestrutura tecnológica influenciam, em conjunto, o bem-estar dos colaboradores em organizações portuguesas digitalmente transformadas? A transformação digital trouxe flexibilidade e novas formas de comunicar, mas também tornou o trabalho mais rápido, mais fragmentado e, muitas vezes, mais difícil de desligar. Neste cenário, a liderança já não é só uma prática relacional, depende também da forma como cada organização disponibiliza, gere e integra a tecnologia. O objetivo é compreender como os estilos e práticas de liderança e a qualidade da infraestrutura tecnológica se ligam ao bem-estar dos colaboradores nestes contextos.

Método: A investigação segue uma metodologia mista. Na vertente quantitativa, aplica-se um questionário a colaboradores que usam ferramentas digitais no dia a dia, recolhido por amostragem não probabilística por conveniência. A dimensão-alvo é estimada a partir da população empregada em Portugal (INE), pelo cálculo amostral para uma proporção, com 90% de confiança e 5% de margem de erro, o que aponta para cerca de 271 respostas. Na vertente qualitativa, realizam-se entrevistas semiestruturadas a líderes e responsáveis de recursos humanos, escolhidos de forma intencional, até à saturação temática. Cruzar padrões estatísticos com experiências concretas dá ao estudo uma leitura mais próxima da realidade das organizações.

Resultados: Nesta fase de conceção, o principal resultado é um modelo conceptual que liga liderança, infraestrutura tecnológica e bem-estar, preparado para validação empírica posterior. O modelo apoia-se em três quadros teóricos: o modelo *Job Demands-Resources*, a teoria dos sistemas sociotécnicos e a teoria da autodeterminação. A partir deles, assume-se que a liderança influencia o bem-estar diretamente, mas também através da forma como orienta e dá sentido ao uso da tecnologia. A infraestrutura é mais do que um conjunto de ferramentas: pode facilitar o trabalho e reforçar a autonomia, mas, quando é instável ou mal-acompanhada, gera frustração, desgaste e menor sensação de controlo.

Discussão: A discussão proposta situa-se entre a gestão de pessoas e a transformação digital, evitando uma leitura simplista. Não se trata de perguntar se a tecnologia melhora ou prejudica o trabalho, mas de perceber em que condições ajuda, em que momentos dificulta e como a liderança pode moldar essa experiência. Ao ancorar estas relações em teorias estabelecidas, o estudo acrescenta uma visão integrada de dimensões que, muitas vezes, aparecem separadas: o comportamento dos líderes, a qualidade dos sistemas tecnológicos e a forma como os colaboradores sentem o seu trabalho.

Conclusão: A importância deste trabalho está em poder apoiar organizações portuguesas que se adaptam a ambientes digitais sem perder de vista aquilo que continua a ser essencial, as pessoas. A digitalização, por si só, não torna o trabalho mais saudável nem mais produtivo. Para que isso aconteça, são precisas lideranças preparadas, tecnologia funcional e uma atenção real ao bem-estar. O estudo pretende contribuir para essa reflexão, oferecendo uma base conceptual que pode orientar decisões futuras sobre liderança, infraestrutura tecnológica e desenho de ambientes de trabalho mais sustentáveis.

Palavras-chave: liderança digital, infraestrutura tecnológica, bem-estar dos colaboradores, transformação digital, stress tecnológico

Abstract

Introduction: This study addresses a current question: how do leadership and technological infrastructure jointly influence employee well-being in digitally transformed Portuguese organisations? Digital transformation has brought flexibility and new ways of communicating, but it has also made work faster, more fragmented and, at times, harder to switch off from. In this setting, leadership is no longer only a relational practice: it also depends on how each organisation provides, manages and integrates technology. The aim is to understand how leadership styles and practices, together with the quality of technological infrastructure, relate to employee well-being in these contexts.

Method: The research follows a mixed-methods approach. In the quantitative strand, a questionnaire is applied to employees who use digital tools in their daily work, collected through non-probability convenience sampling. The target sample size is estimated from the employed population in Portugal (Statistics Portugal, INE), through sample-size calculation for a proportion, with a 90% confidence level and a 5% margin of error, pointing to around 271 responses. The qualitative strand draws on semi-structured interviews with leaders and human resource managers, selected purposively, until thematic saturation. Combining statistical patterns with concrete experiences gives the study a fuller picture of organisational reality.

Results: At this design stage, the main outcome is a conceptual model linking leadership, technological infrastructure and employee well-being, ready for later empirical validation. The model rests on three theoretical frameworks: the Job Demands-Resources model, sociotechnical systems theory and self-determination theory. Building on these, leadership is assumed to influence well-being directly, but also through the way it guides and gives meaning to the use of technology. Technological infrastructure is more than a set of tools: it can ease work and strengthen autonomy, yet when it is unstable or poorly supported it produces frustration, strain and a weaker sense of control.

Discussion: The proposed discussion sits between people management and digital transformation, avoiding a simplistic reading of the problem. The point is not merely whether technology improves or harms work, but to understand under what conditions it helps, when it gets in the way and how leadership can shape that experience. By grounding these relationships in established theory, the study offers an integrated view of dimensions that are often treated separately: leaders' behaviour, the quality of technological systems and the way employees experience their work.

Conclusion: The value of this work lies in supporting Portuguese organisations as they adapt to digital environments without losing sight of what remains essential, people. Digitalisation alone does not make work healthier or more productive. For that to happen, organisations need prepared leadership, functional technology and genuine attention to well-being. The study aims to contribute to this reflection by offering a conceptual basis that can guide future decisions on leadership, technological infrastructure and the design of more sustainable work environments.

Keywords: digital leadership, technological infrastructure, employee well-being, digital transformation, technostress

OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE GESTÃO DE RESERVAS E DE RELACIONAMENTO COM O CLIENTE: CASO DE ESTUDO DA TAGUS NATURA

OPTIMIZATION OF BOOKING AND CUSTOMER RELATIONSHIP PROCESSES: A CASE STUDY OF TAGUS NATURA

[1]Marta Pinho; [2]Pedro Costa Ramos

[1]ISLA Santarém - Instituto Politécnico 1; [2]ISLA Santarém - Instituto Politécnico

[1]marta.pinho99@live.com.pt; [2]pedro.ramos@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Num mercado competitivo que exige experiências personalizadas e eficientes, as organizações de serviços experienciais enfrentam desafios na coordenação das suas operações e no relacionamento com os seus clientes. Este estudo analisa de que forma a estruturação e integração dos processos de gestão de reservas e do relacionamento com o cliente contribuem para a eficiência operacional e para a experiência do cliente.
Método: Trata-se de um caso de estudo em curso numa empresa de serviços experienciais, recorrendo a uma abordagem mista que combina métodos qualitativos e quantitativos. A componente qualitativa baseia-se na análise documental, observação direta dos fluxos e realização de entrevistas semiestruturadas a três responsáveis da organização (diretor executivo, gestor de reservas e diretor de operações), sujeitas a análise de conteúdo. A componente quantitativa encontra-se em desenvolvimento e prevê a aplicação de um questionário aos clientes da empresa.
Resultados: A análise permitiu identificar constrangimentos associados a tarefas manuais e pouco integradas, particularmente ao nível da gestão de reservas, da comunicação com os clientes e da monitorização do desempenho. Foram igualmente identificadas oportunidades de melhoria relacionadas com a centralização da informação, a normalização de procedimentos e a utilização de ferramentas de apoio à tomada de decisão.
Discussão: Estas constatações estão alinhadas com a literatura que destaca a integração operacional como fator crítico de sucesso. A existência de sistemas fragmentados compromete a eficiência e a qualidade do serviço, enquanto abordagens estruturadas favorecem a previsibilidade das ações, a consistência da comunicação e a satisfação do cliente.
Conclusão: A centralização da informação, a normalização de procedimentos e a utilização de ferramentas de apoio à gestão revelam potencial para contribuir para a melhoria do desempenho organizacional. O estudo reforça a relevância da gestão de processos como forma de aumentar a competitividade e promover uma melhor experiência do cliente.

Palavras-chave: gestão de reservas, relacionamento com o cliente, gestão de processos, serviços experienciais, eficiência operacional.

Abstract

Introduction: In a competitive environment that demands personalized and efficient experiences, experiential service organizations face challenges in coordinating their operations and managing customer relationships. This study examines how the structuring and integration of booking management and customer relationship processes contribute to operational efficiency and customer experience.
Method: This ongoing case study is conducted in an experiential services company using a mixed-methods approach that combines qualitative and quantitative methods. The qualitative component is based on document analysis, direct observation of operational workflows, and semi-structured

interviews with three organizational stakeholders (the Chief Executive Officer, the Booking Manager, and the Operations Director), which were subjected to content analysis. The quantitative component is currently under development and involves the administration of a customer survey.
Results: The analysis identified constraints associated with manual and poorly integrated tasks, particularly in booking management, customer communication, and performance monitoring. Opportunities for improvement were also identified, namely through information centralization, process standardization, and the adoption of decision-support tools.
Discussion: These findings are consistent with the literature highlighting operational integration as a critical success factor. Fragmented systems undermine service quality and efficiency, whereas structured approaches enhance operational predictability, communication consistency, and customer satisfaction.
Conclusion: Information centralization, process standardization, and the use of management support tools show potential to improve organizational performance. The study reinforces the relevance of process management practices as a means of enhancing competitiveness and delivering a better customer experience.

Keywords: booking management, customer relationship management, process management, experiential services, operational efficiency.

PLANO DE MARKETING DE INTRODUÇÃO AO MERCADO DA PIXELMOV

PIXELMOV'S MARKET INTRODUCTION MARKETING PLAN

Renato Horta Monteiro

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

renatohmonteiro14@gmail.com

Resumo

Introdução: O mercado de publicidade digital, onde a Pixelmov se insere, está em constante evolução tecnológica e em crescente procura por parte de Pequenas e Médias Empresas/Startups, que são o nosso público-alvo. Atualmente, as organizações carecem de uma presença sólida no digital, contudo, por estarem focadas na sua atividade, a gestão de marketing é ineficiente e sem um planeamento estruturado. A subcontratação de prestadores de serviços isolados dificulta o acompanhamento de tendências e a produção de bons conteúdos audiovisuais. É neste contexto que surge a Pixelmov, com o propósito de responder às necessidades e apoia-las na sua digitalização, com todos os serviços num só. Este trabalho tem como objetivo principal elaborar um plano de marketing estratégico para o lançamento desta nova agência de marketing digital, na captação multimédia e na criação de conteúdos audiovisuais estratégicos para plataformas digitais.

Método: Adotou-se uma metodologia aplicada de natureza qualitativa/quantitativa, com um design exploratório, baseada na recolha e análise de dados secundários. O corpus documental foi constituído por relatórios de referência de mercado, estudos setoriais: Informa D&B, Banco de Portugal e análises de tendências para 2025/26 entre outros. No tratamento de dados, aplicou-se a análise de conteúdo para a codificação das componentes qualitativas e a análise comparativa e descritiva simples para os indicadores quantitativos, tais como taxas de crescimento do setor e métricas de consumo de vídeo. O cruzamento destas fontes permitiu mapear o cenário competitivo e estimar a viabilidade da entrada da Pixelmov.

Resultados: A análise dos dados secundários revelou um mercado de publicidade digital em expansão, com previsão de crescimento de 5% ao ano até 2027, ultrapassando os 900 milhões de euros em 2025. Identificou-se uma lacuna no segmento das empresas: embora 70% das empresas utilizem redes sociais, muitas enfrentam dificuldades na produção de conteúdos audiovisuais estratégicos e na gestão unificada de marketing. Os indicadores empíricos confirmaram que o consumo de vídeos curtos cresceu 51%, sendo que 82% dos consumidores admitem que este formato influencia a decisão de compra. Estes dados validaram a proposta de valor da Pixelmov, focada na integração de produção audiovisual própria e gestão de tráfego para mitigar a fragmentação de serviços.

Discussão: A estratégia delineada dá resposta direta às novas dinâmicas de consumo de conteúdos digitais. A decisão de focar o plano em campanhas de atração, instrução do público e prova social através dos vídeos curtos, fundamenta-se na urgência de construir autoridade/confiança num mercado onde 65% das agências enfrentam uma forte concorrência de *freelancers*. Ao contrário do modelo de subcontratação fragmentada predominantes no setor, a integração da produção audiovisual pela Pixelmov surge como uma clara vantagem competitiva. Adicionalmente, a utilização de tráfego pago para campanhas de reconhecimento/notoriedade justifica-se pela necessidade de superar a invisibilidade inicial da marca e converter o ruído competitivo em *leads* qualificados, alinhando-se com os objetivos.

Conclusão: Conclui-se que este plano é indispensável, delineia as ações operacionais e os canais de comunicação necessários para mitigar os riscos de entrada da Pixelmov no mercado de publicidade digital e assegurar o crescimento dela como uma nova marca.

Palavras-chave: plano de marketing, estratégia de penetração, posicionamento de mercado, redes sociais, criação de conteúdo, Pixelmov.

Abstract

Introduction: The digital advertising market, in which Pixelmov operates, is undergoing constant technological evolution and seeing growing demand from small and medium-sized enterprises (SMEs) and startups, which constitute our target audience. Currently, organizations lack a solid digital presence; however, because they are focused on their core business activities, their marketing management remains inefficient and lacks structured planning. Outsourcing to isolated service providers makes it difficult to keep up with trends and produce high-quality audiovisual content. It is within this context that Pixelmov emerges, aiming to meet these needs and support companies in their digitalization by offering an all-in-one service. The main objective of this work is to develop a strategic marketing plan for the launch of this new digital marketing agency, focusing on multimedia capture and the creation of strategic audiovisual content for digital platforms.

Method: An applied, qualitative/quantitative methodology was adopted with an exploratory design based on the collection and analysis of secondary data. The documentary corpus consisted of benchmark market reports and sector studies including Informa D&B and Banco de Portugal as well as trend analyses for 2025/26, among others. For data processing, content analysis was applied to code qualitative components, while simple comparative and descriptive analysis was used for quantitative indicators, such as sector growth rates and video consumption metrics. Cross-referencing these sources allowed for mapping the competitive landscape and estimating the viability of Pixelmov's market entry.

Results: The analysis of secondary data revealed an expanding digital advertising market, with an expected annual growth rate of 5% until 2027, surpassing 900 million euros in 2025. A gap was identified in the business segment: although 70% of companies use social media, many face difficulties in producing strategic audiovisual content and managing unified marketing. Empirical indicators confirmed that short-form video consumption grew by 51%, with 82% of consumers admitting that this format influences their purchasing decisions. These data validated Pixelmov's value proposition, which focuses on integrating in-house audiovisual production and traffic management to mitigate service fragmentation.

Discussion: The outlined strategy directly responds to the new dynamics of digital content consumption. The decision to focus the plan on attraction campaigns, audience education, and social proof through short videos is grounded in the urgency of building authority and trust in a market where 65% of agencies face strong competition from freelancers. Unlike the fragmented outsourcing model prevalent in the sector, Pixelmov's integration of audiovisual production emerges as a clear competitive advantage. Additionally, the use of paid traffic for awareness and recognition campaigns is justified by the need to overcome the brand's initial invisibility and convert competitive noise into qualified leads, aligning with the established objectives.

Conclusion: It is concluded that this plan is indispensable, as it outlines the operational actions and communication channels required to mitigate Pixelmov's entry risks into the digital advertising market and ensure its growth as a new brand.

Keywords: Marketing plan, penetration strategy, market positioning, social media, content creation, Pixelmov.

POSICIONAMENTO COMERCIAL DE UM PRODUTO EXCLUSIVO NO SETOR AGROALIMENTAR: O CASO DO WAIKIKI DA PLANÍCIE VERDE

COMMERCIAL POSITIONING OF AN EXCLUSIVE PRODUCT IN THE AGRI-FOOD SECTOR: THE CASE OF WAIKIKI BY PLANÍCIE VERDE

Débora Marcelino[1]; João Farinha[2]

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]deboracostadc1@gmail.com; [2]joao.farinha@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O setor agroalimentar enfrenta desafios relacionados com a crescente competitividade, diferenciação da oferta e a necessidade de construir posicionamentos comerciais claros. Aqui, o posicionamento comercial assume um papel relevante na afirmação de produtos exclusivos. A presente investigação tem como objetivo analisar o posicionamento comercial do Waikiki da Planície Verde, procurando compreender de que forma este é construído e comunicado pela empresa.
Método: A investigação adotou uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, enquadrada na metodologia de investigação-ação. A recolha de dados incluiu análise documental, análise da comunicação e branding, benchmarking qualitativo, observação participante, oito entrevistas semiestruturadas e um grupo focal com quatro colaboradores da empresa. Os dados foram analisados através de análise de conteúdo qualitativa.
Resultados: Os resultados permitiram identificar os principais elementos que caracterizam o posicionamento comercial do produto, destacando-se a proposta de valor, a qualidade, a autenticidade, a sustentabilidade e a comunicação. Estes fatores revelam-se centrais na construção e consolidação do posicionamento do Waikiki da Planície Verde.
Discussão: Os resultados evidenciam convergências com a literatura sobre posicionamento e marketing agroalimentar, reforçando a importância da diferenciação e da comunicação na valorização de produtos exclusivos. O estudo permitiu ainda identificar oportunidades de reforço da notoriedade e do reconhecimento do produto.
Conclusão: Conclui-se que o posicionamento comercial do Waikiki da Planície Verde assenta num conjunto de atributos diferenciadores que contribuem para a sua afirmação no mercado. O estudo reforça a relevância do posicionamento comercial como elemento estratégico para a diferenciação de produtos exclusivos no setor agroalimentar.

Palavras-chave: Posicionamento comercial; Produtos exclusivos; Marketing agroalimentar; Proposta de valor; Branding; Investigação-ação.

Abstract

Introduction: The agri-food sector faces challenges related to increasing competitiveness, product differentiation, and the need to establish clear commercial positioning. In this context, commercial positioning plays an important role in the development and promotion of exclusive products. This study aims to analyze the commercial positioning of Waikiki by Planície Verde, seeking to understand how it is developed and communicated by the company.
Method: The research adopted a qualitative, exploratory, and descriptive approach, framed within an action research methodology. Data collection included document analysis, communication and branding analysis, qualitative benchmarking, participant observation, eight semi-structured interviews, and a focus group involving four company employees. The data were analyzed using qualitative content analysis.
Results: The findings made it possible to identify the main elements characterizing the product's commercial positioning, namely its value proposition, quality, authenticity, sustainability, and

communication. These factors emerged as central to the development and consolidation of Waikiki by Planície Verde's positioning.
Discussion: The results reveal convergence with the literature on positioning and agri-food marketing, reinforcing the importance of differentiation and communication in enhancing the value of exclusive products. The study also identified opportunities to strengthen product awareness and recognition.

Conclusion: It is concluded that the commercial positioning of Waikiki by Planície Verde is based on a set of differentiating attributes that contribute to its establishment in the market. The study reinforces the relevance of commercial positioning as a strategic element for the differentiation of exclusive products in the agri-food sector.

Keywords: Commercial positioning; Exclusive products; Agri-food marketing; Value proposition; Branding; Action research.

Turismo

XSCAPE – DISCOVER YOUR HIDDEN ROMANCE JOURNEY: PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE UMA AGÊNCIA DE VIAGENS E TURISMO ONLINE

XSCAPE – DISCOVER YOUR HIDDEN ROMANCE JOURNEY: PROPOSAL FOR THE CREATION OF AN ONLINE TRAVEL AND TOURISM AGENCY

[1]Carolina Antunes; [2]Patrícia Reis; [3]Rui Carvalho

[1]ISLA Santarém, Instituto Politécnico; [2]GOVCOPP, Universidade de Aveiro, Portugal; CITUR, Politécnico de Leiria, Portugal; CI, ISLA Santarém, Instituto Politécnico; [3]GOVCOPP, Universidade de Aveiro, Portugal; TECHN&ART – Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes – Instituto Politécnico de Tomar; Instituto Politécnico de Portalegre

carolinantunes11@gmail.com; patricia.reis@islasantarem.pt; rui.carvalho@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O setor do turismo tem sofrido transformações, impulsionadas pela evolução tecnológica, pela digitalização dos serviços e pelas mudanças nas preferências e comportamentos dos consumidores. O turista atual procura afastar-se do turismo convencional, valorizando experiências personalizadas e diferenciadas. Neste contexto, as Online Travel Agencies (OTA's) respondem à necessidade de planeamento digital rápido e seguro. Simultaneamente, emergem novos nichos de mercado, como o turismo de viagens surpresa, que transforma a viagem numa experiência baseada no mistério e na descoberta; e o turismo erótico e de romance que tem vindo a ganhar relevância ao proporcionar experiências centradas na intimidade, na sensualidade e na conexão emocional, em ambientes exclusivos. Neste âmbito, este projeto propõe a criação da '*Xscape - Discover your hidden romance journey',* uma OTA inovadora no mercado, focada na interseção destas tendências.
Método: A metodologia adotada seguiu uma abordagem qualitativa e exploratória, estruturada em duas fases. Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura sobre as OTA's, o turismo de viagens surpresa e o turismo erótico e de romance, incluindo questões éticas e o enquadramento legal aplicável às agências de viagens e turismo em Portugal, com base na análise de 30 artigos científicos publicados entre 2015 e 2025. Numa segunda fase, foi desenvolvido um plano de negócios para a Xscape, com aplicação da metodologia de elaboração de itinerários turísticos de Reis e Lavaredas (2024) e análise de viabilidade económica e financeira do projeto.
Resultados: Os resultados demonstram que as OTA's apresentam vantagens competitivas relevantes no setor turístico, destacando-se a disponibilidade permanente dos serviços, a redução de custos operacionais e a personalização da experiência do consumidor. Verificou-se uma crescente procura por experiências turísticas diferenciadoras, associadas ao turismo de viagens surpresa e ao turismo erótico e de romance, sobretudo por parte de um público jovem e digitalizado. No âmbito do desenvolvimento do projeto Xscape, foram concebidos oito programas turísticos organizados, estruturados segundo diferentes perfis de experiência e segmentos de procura: (1) *Pride Pulse – programa direcionado ao segmento LGBTQ+; (2) Love Me Like You Do – viagem de lua de mel; (3) Last Call* – despedidas de solteiro; (4) Final Love – despedidas de solteira; (5) *Blush & Beyond* – viagens de casal; (6) *Lust & Lost* – viagens a solo com foco em experiências de socialização e descoberta pessoal; (7) *Peek* – viagens associadas ao nudismo e naturalismo; e (8) *Your Choice, Your Memory* – programa de viagem à medida do cliente. A aplicação da metodologia de planeamento de itinerários turísticos de Reis e Lavaredas (2024) permitiu estruturar os programas, garantindo a adequação das experiências aos diferentes segmentos de mercado da OTA Xscape.
Discussão: A conjugação destas tendências evidencia a crescente procura por experiências turísticas inovadoras, personalizadas e emocionalmente envolventes. A transição para o meio digital através das OTA's redefine o papel dos agentes de viagens e turismo enquanto facilitadores de experiências segmentadas e diferenciadoras. O elemento surpresa e as componentes associadas ao

turismo erótico e de romance permitem responder às necessidades contemporâneas de evasão da rotina, intimidade e descoberta pessoal.
Conclusão: O projeto Xscape demonstra potencial para integração no mercado turístico digital através de uma oferta especializada em viagens surpresa e experiências de romance e erotismo. A proposta evidencia capacidade de diferenciação face às tendências emergentes do turismo contemporâneo.

Palavras-chave: Online Travel Agencies, Viagens Surpresa, Turismo Erótico e de Romance, Consumidor Atual, Turismo de Experiência.

Abstract

Introduction: The tourism sector has undergone significant changes, driven by technological advancements, the digitization of services, and shifts in consumer preferences and behaviors. Today's travelers seek to move away from conventional tourism, valuing personalized and unique experiences. In this context, Online Travel Agencies (OTAs) meet the need for fast and secure digital planning. At the same time, new market niches are emerging, such as surprise travel, which transforms the trip into an experience based on mystery and discovery; and erotic and romance tourism, which has been gaining prominence by offering experiences centered on intimacy, sensuality, and emotional connection in exclusive settings. In this context, this project proposes the creation of 'Xscape - Discover your hidden romance journey,' an innovative OTA in the market, focused on the intersection of these trends.
Method: The methodology adopted followed a qualitative and exploratory approach, structured in two phases. Initially, a literature review was conducted on OTAs, surprise travel, and erotic and romance tourism, including ethical issues and the legal framework applicable to travel and tourism agencies in Portugal, based on the analysis of 30 scientific articles published between 2015 and 2025. In the second phase, a business plan was developed for Xscape, applying the methodology for designing tourist itineraries by Reis and Lavaredas (2024) and conducting an economic and financial feasibility analysis of the project.
Results: The results demonstrate that OTAs offer significant competitive advantages in the tourism sector, notably the constant availability of services, reduced operating costs, and the personalization of the consumer experience. There was a growing demand for distinctive tourism experiences associated with surprise travel, erotic tourism, and romance tourism, particularly among a young, digitally savvy audience. As part of the development of the Xscape project, eight organized tourism programs were designed, structured according to different experience profiles and demand segments: (1) Pride Pulse – a program targeting the LGBTQ+ segment; (2) Love Me Like You Do – honeymoon trips; (3) Last Call – bachelor parties; (4) Final Love – bachelorette parties; (5) Blush & Beyond – couples' trips; (6) Lust & Lost – solo trips focused on socialization and personal discovery; (7) Peek – trips associated with nudism and naturism; and (8) Your Choice, Your Memory – a tailor-made travel program. The application of Reis and Lavaredas' (2024) tourism itinerary planning methodology enabled the structuring of the programs, ensuring that the experiences were tailored to the different market segments of the OTA Xscape.
Discussion: The combination of these trends highlights the growing demand for innovative, personalized, and emotionally engaging travel experiences. The shift to digital platforms through OTAs is redefining the role of travel and tourism agents as facilitators of tailored and distinctive experiences. The element of surprise and the components associated with erotic and romance tourism allow for addressing contemporary needs for an escape from routine, intimacy, and personal discovery.
Conclusion: The Xscape project demonstrates potential for integration into the digital tourism market through a specialized offering of surprise trips and experiences of romance and eroticism. The proposal highlights its ability to differentiate itself from emerging trends in contemporary tourism.

Keywords: Online Travel Agencies, Surprise Trips, Erotic and Romance Tourism, Today's Consumer, Experiential Tourism.

Ciências Sociais Aplicadas

OS SETE PECADOS DO INSUCESSO ESCOLAR: UM MODELO CONCEPTUAL À LUZ DA RESILIÊNCIA EDUCACIONAL

THE SEVEN SINS OF SCHOOL FAILURE: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR UNDERSTANDING EDUCATIONAL RESILIENCE

Jorge Rio Cardoso
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
jorge.cardoso@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O insucesso escolar constitui um problema persistente nos sistemas educativos contemporâneos, com impactos relevantes ao nível individual e social. O presente estudo tem como objetivo propor um modelo conceptual — os "sete pecados do insucesso escolar" — que permita compreender os principais fatores psicopedagógicos associados ao insucesso, à luz da resiliência educacional.

Método: Adotou-se uma abordagem qualitativa de natureza teórico-conceptual, baseada numa revisão narrativa da literatura nas áreas da educação, psicologia educacional e sociologia da educação. A análise foi complementada por contributos provenientes da prática pedagógica e da obra do autor, tendo sido utilizada uma estratégia de categorização temática para a identificação dos fatores críticos.

Resultados: Foram identificadas sete dimensões interdependentes — desmotivação, falta de foco, défices de atenção e concentração, dificuldade de interpretação, ausência de criatividade, falta de autonomia e indisciplina — que, em interação, contribuem para a formação de ciclos de insucesso escolar.

Discussão: Os resultados são consistentes com a literatura sobre motivação, resiliência e autorregulação, reforçando a natureza multidimensional do insucesso escolar. O modelo proposto acrescenta uma leitura integradora e operacional, articulando contributos teóricos com a prática educativa.

Conclusão: O estudo evidencia a importância de intervenções pedagógicas centradas na promoção da resiliência, da motivação intrínseca e da autorregulação, contribuindo para uma compreensão mais integrada e aplicada do insucesso escolar.

Palavras-chave: *insucesso escolar; resiliência; motivação; aprendizagem; educação*

Abstract

Introduction: School failure remains a persistent challenge in contemporary educational systems, with significant individual and social impacts. This study aims to propose a conceptual model — the "seven sins of school failure" — to better understand the main psycho-pedagogical factors associated with academic underachievement, within the framework of educational resilience.

Method: A qualitative, theoretical-conceptual approach was adopted, based on a narrative review of the literature in education, educational psychology and sociology of education. The analysis was complemented by insights derived from pedagogical practice and the author's previous work. A thematic categorization strategy was used to identify key factors associated with school failure.

Results: Seven interrelated dimensions were identified — lack of motivation, lack of focus, attention and concentration deficits, difficulties in comprehension, lack of creativity, lack of autonomy, and lack

of discipline — which interact dynamically and contribute to the development of self-reinforcing cycles of school failure.

Discussion: The findings are consistent with existing literature on motivation, resilience and self-regulation, reinforcing the multidimensional nature of school failure. The proposed model offers an integrative and operational perspective, bridging theoretical contributions and educational practice.

Conclusion: The study highlights the importance of pedagogical interventions focused on promoting resilience, intrinsic motivation and self-regulation, contributing to a more comprehensive and applied understanding of school failure.

Keywords: *school failure; educational resilience; motivation; learning; self-regulation*

1. Introdução

O insucesso escolar constitui uma problemática persistente, transversal a diferentes sistemas educativos e contextos socioculturais. Apesar dos avanços registados nas últimas décadas, os indicadores de retenção, abandono e baixo desempenho continuam a revelar fragilidades estruturais no modo como a escola responde à diversidade dos alunos.

Tradicionalmente, o insucesso tem sido explicado por fatores externos ao aluno — condições socioeconómicas, contexto familiar ou desigualdades estruturais. Ainda que tais fatores sejam relevantes, importa igualmente considerar dimensões internas ao processo de aprendizagem, nomeadamente de natureza psicológica, motivacional e comportamental.

Neste contexto, o presente artigo propõe uma leitura alternativa do insucesso escolar através da metáfora dos "sete pecados", entendidos não como falhas morais, mas como padrões recorrentes de bloqueio ao sucesso educativo. Esta abordagem permite sistematizar fatores críticos que, sendo frequentemente ignorados ou subvalorizados, desempenham um papel determinante no percurso académico dos alunos.

O presente estudo enquadra-se no tema da resiliência educacional, procurando compreender de que forma diferentes fatores psicopedagógicos condicionam a capacidade dos alunos para superar dificuldades e construir percursos de sucesso. O presente estudo insere-se no eixo temático "**Educação, Literacia Digital e Aprendizagem ao Longo da Vida**", contribuindo para a compreensão do insucesso escolar à luz da resiliência educacional.

2. Enquadramento Teórico

2.1. Insucesso escolar: uma abordagem multidimensional

O insucesso escolar constitui um fenómeno complexo e multifatorial, que não pode ser explicado por uma única variável ou dimensão analítica. Tradicionalmente, tem sido associado a indicadores como retenção, abandono precoce ou baixo desempenho académico. Contudo, esta perspetiva, centrada exclusivamente nos resultados, revela-se redutora, na medida em que ignora os processos subjacentes à aprendizagem e ao percurso escolar dos alunos.

A literatura tem vindo a enfatizar a necessidade de uma abordagem multidimensional do insucesso escolar, integrando fatores de natureza individual, familiar, escolar e sociocultural (Benavente, A., Rosa, A., Costa, A. F., & Ávila, P., 1996; Rumberger, 2011).

Ao nível individual, destacam-se variáveis como a motivação, a autoestima, as competências cognitivas e sócioemocionais. No plano familiar, o envolvimento parental, o capital cultural e o clima emocional do agregado assumem particular relevância. Já no contexto escolar, elementos como as práticas pedagógicas, a relação professor-aluno e o clima de escola influenciam significativamente o sucesso académico.

Importa ainda considerar que o insucesso escolar não é um estado fixo, mas antes um processo dinâmico, frequentemente marcado por trajetórias de acumulação de dificuldades. Pequenos insucessos iniciais, quando não devidamente acompanhados, tendem a gerar ciclos de desmotivação, baixa autoestima e progressivo afastamento da escola. Este fenómeno é frequentemente descrito na literatura como um efeito cumulativo ou de "bola de neve", em que o insucesso se autoalimenta ao longo do tempo.

Adicionalmente, o insucesso escolar deve ser analisado à luz das transformações contemporâneas que afetam os contextos educativos. A crescente exposição a estímulos digitais, a fragmentação da atenção e a valorização de gratificações imediatas constituem desafios acrescidos à concentração, persistência e disciplina exigidas pela aprendizagem formal. Neste quadro, a escola enfrenta o desafio de se adaptar a novos perfis de alunos, sem abdicar dos seus objetivos formativos.

Neste contexto, a proposta dos "sete pecados do insucesso escolar" (Cardoso, 2012) surge como uma tentativa de sistematizar, de forma integrada, um conjunto de fatores psicopedagógicos frequentemente presentes em trajetórias de insucesso. Ao identificar dimensões como a desmotivação, a falta de foco, a ausência de autonomia ou a indisciplina, este modelo permite uma leitura operacional do fenómeno, aproximando a reflexão teórica da prática educativa.

Por fim, importa sublinhar que o insucesso escolar não deve ser entendido como uma inevitabilidade, mas como um fenómeno suscetível de intervenção pedagógica estruturada. A identificação precoce dos fatores de risco, aliada à implementação de estratégias pedagógicas adequadas e ao envolvimento articulado de escola e família, constitui um eixo fundamental para a promoção de percursos educativos bem-sucedidos.

Estudos recentes reforçam a importância do *engagement* e das competências sócioemocionais na prevenção do insucesso escolar (Wang & Eccles, 2021; Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H , 2004).

2.2. Resiliência em contexto educativo

A resiliência, entendida como a capacidade de superar adversidades e construir trajetórias positivas apesar das dificuldades (Masten, 2001), tem vindo a afirmar-se como um conceito central no campo da educação. Longe de ser uma característica inata ou estática, a resiliência é hoje compreendida como um processo dinâmico, que resulta da interação entre fatores individuais, relacionais e contextuais (Rutter, 2012).

No contexto educativo, a resiliência manifesta-se na capacidade do aluno para persistir perante o erro, lidar com a frustração, manter o esforço em tarefas exigentes e adaptar-se a desafios académicos e sociais. Alunos resilientes tendem a apresentar níveis mais elevados de autorregulação, autocontrolo e motivação intrínseca, o que se traduz em maior probabilidade de sucesso escolar (Zimmerman, 2002).

A escola, enquanto espaço privilegiado de desenvolvimento humano, desempenha um papel determinante na promoção da resiliência. Professores que valorizam o erro como oportunidade de aprendizagem, que incentivam o esforço contínuo e que estabelecem expectativas positivas contribuem para a construção de uma "cultura de resiliência" (Dweck, 2006). Neste sentido, a forma como o insucesso é interpretado — como falha definitiva ou como etapa de aprendizagem — revela-se decisiva.

Paralelamente, o contexto familiar assume uma função estruturante. Ambientes caracterizados por elevada exigência aliada a forte envolvimento parental tendem a potenciar o desenvolvimento de competências resilientes, nomeadamente a autonomia, a responsabilidade e a persistência (Cardoso, 2023). A existência de vínculos afetivos seguros e de um clima emocional estável favorece igualmente a capacidade do jovem para enfrentar desafios e recuperar de situações adversas.

Importa ainda sublinhar que a resiliência não implica a ausência de dificuldades, mas sim a capacidade de lhes dar resposta de forma adaptativa. Neste quadro, o insucesso escolar pode ser reinterpretado não como um ponto de chegada, mas como um momento crítico de aprendizagem e reconstrução.

Por fim, a articulação entre resiliência e os chamados "sete pecados do insucesso escolar" (Cardoso, 2012) revela-se particularmente pertinente. Com efeito, fatores como a desmotivação, a falta de disciplina ou a ausência de autonomia podem ser compreendidos como manifestações de défices ao nível da resiliência educativa. Assim, promover a resiliência não é apenas um objetivo desejável, mas uma estratégia central na prevenção e superação do insucesso escolar.

Perspetivas contemporâneas entendem a resiliência como um processo multisistémico, envolvendo múltiplos contextos de desenvolvimento (Ungar, 2021).

2.3. Motivação e aprendizagem

A motivação constitui um dos fatores mais determinantes no processo de aprendizagem, influenciando não apenas o desempenho académico, mas também o grau de envolvimento, persistência e autorregulação dos alunos. No contexto educativo, a motivação pode ser entendida como o conjunto de forças internas e externas que orientam o comportamento do aluno em direção a objetivos de aprendizagem (Deci & Ryan, 2000).

A teoria da autodeterminação distingue entre motivação intrínseca e extrínseca. A motivação intrínseca refere-se ao envolvimento em atividades pelo interesse e satisfação inerentes à própria tarefa, enquanto a motivação extrínseca está associada a recompensas externas ou ao evitar de punições. A investigação tem demonstrado que a motivação intrínseca está mais fortemente associada a aprendizagens profundas, maior persistência e melhores resultados académicos (Ryan & Deci, 2000).

Para além desta dicotomia, alguns autores, incluindo o próprio Cardoso (2023) introduzem uma terceira dimensão — a motivação transcendente — associada ao sentido de utilidade social e ao impacto das ações no outro. Neste quadro, o aluno envolve-se na aprendizagem não apenas por interesse pessoal ou recompensa externa, mas por reconhecer o valor do conhecimento na construção de um bem comum (Cardoso, 2023). Esta dimensão, frequentemente negligenciada, pode constituir um poderoso motor de envolvimento e significado.

A ausência de motivação representa, por sua vez, um dos principais fatores de risco para o insucesso escolar. Alunos desmotivados tendem a desenvolver uma relação instrumental com a escola, limitando-se ao cumprimento mínimo das tarefas, sem envolvimento cognitivo ou emocional. Esta situação conduz frequentemente à passividade, à procrastinação e à desistência perante dificuldades — elementos claramente identificáveis no modelo dos "sete pecados do insucesso escolar" (Cardoso, 2012).

Importa sublinhar que a motivação não é um traço fixo do indivíduo, mas sim uma construção influenciada pelo contexto. O ambiente familiar, a relação com os professores, o clima de sala de aula e a perceção de relevância das aprendizagens desempenham um papel determinante. Como refere Cardoso (2023), a confiança — quer no processo educativo, quer nas próprias capacidades — constitui um elemento-chave para o desenvolvimento da motivação.

Adicionalmente, a forma como os alunos interpretam o sucesso e o fracasso revela-se crucial. Segundo Dweck (2006), alunos com uma "mentalidade de crescimento" tendem a encarar o erro como uma oportunidade de aprendizagem, enquanto aqueles com uma "mentalidade fixa" interpretam o insucesso como evidência de incapacidade, o que compromete a motivação futura.

Neste contexto, a promoção da motivação implica uma intervenção pedagógica intencional. Estratégias como a valorização do esforço, a atribuição de significado às aprendizagens, a

diversificação de métodos de ensino e o reforço positivo são fundamentais para estimular o envolvimento dos alunos. Paralelamente, importa evitar uma dependência excessiva de recompensas externas, que pode comprometer o desenvolvimento de uma motivação mais autónoma e sustentável.

A literatura recente reforça a relação entre motivação, autorregulação e desempenho académico (Schunk & DiBenedetto, 2021).

Por fim, a motivação surge como um elemento transversal aos vários fatores de sucesso escolar, funcionando como um verdadeiro catalisador do processo de aprendizagem. A sua ausência não só compromete o desempenho imediato, como fragiliza a construção de competências essenciais para a vida, como a persistência, a autonomia e a responsabilidade.

O Quadro 1 e os quadros seguintes sintetizam os principais elementos conceptuais do modelo proposto.

Quadro 1- Síntese do enquadramento teórico sobre insucesso escolar

Quadro 1 – Síntese do enquadramento teórico sobre insucesso escolar

Dimensão	Conceito central	Principais contributos teóricos	Implicações educativas	Ligação aos "7 pecados"
Insucesso escolar (2.1)	Fenómeno multidimensional e processual, resultante da interação de fatores individuais, familiares e escolares	Benavente et al. (1994); Rumberger (2011); abordagem sistémica do insucesso	Necessidade de intervenção integrada escola–família; identificação precoce de fatores de risco; acompanhamento contínuo	Todos os "pecados" resultam de combinações destes fatores; efeito cumulativo (ciclo de insucesso)
Resiliência educativa (2.2)	Capacidade de superar dificuldades, persistir e adaptar-se a contextos exigentes	Masten (2001); Rutter (2012); Zimmerman (2002); Dweck (2006)	Valorização do erro; promoção da persistência; desenvolvimento da autorregulação; criação de ambientes emocionalmente seguros	Défices de resiliência explicam: desmotivação, desistência, falta de disciplina e ausência de autonomia
Motivação (2.3)	Força que orienta o comportamento para a aprendizagem (intrínseca, extrínseca e transcendente)	Deci & Ryan (2000); Ryan & Deci (2000); Cardoso (2023)	Promoção da motivação intrínseca; atribuição de sentido às aprendizagens; evitar dependência de recompensas externas	Desmotivação como "pecado central"; relação direta com passividade, falta de foco e abandono do esforço

O quadro apresentado sintetiza as principais dimensões teóricas que sustentam a análise do insucesso escolar, evidenciando a sua natureza multidimensional e a interdependência entre fatores motivacionais, emocionais e contextuais. É neste enquadramento que se compreende a proposta dos "sete pecados do insucesso escolar" como um modelo integrador de leitura do fenómeno.

Quadro 2 – Operacionalização dos "7 pecados do insucesso escolar"

Quadro 2 – Operacionalização dos "7 pecados do insucesso escolar"

"Pecado"	Descrição	Indicadores observáveis	Impacto no desempenho	Estratégias pedagógicas de intervenção
Desmotivação e ausência de resillência	Falta de interesse pela aprendizagem e desistência perante dificuldades	Desiste facilmente: evita tarefas exigentes; baiso envolvimento	Baixo rendimento: abandono do esforço; ciclo de insucesso	Reforço de motivação intrínseca: valorização do esforço; definição de objetivos progressivos: feedback positivo
Falta de foco	Incapacidade de distinguir o essencial do acessório	Inicia tarefas sem as concluir; dispersa-se facilmente; multitasking constante	Aprendizagens superficiais; fraca consolidação de conteúdos	Ensino de técnicas de foco: segmentação de tarefas; definição de prioridades: gestão do tempo
Défice de atenção e concentração	Dificuldade em manter atenção sustentada	Distração frequente: dificuldade em seguir explicações; erros por falta de atenção	Baixa retenção de informação: fraco desempenho em avaliações	Criação de ambientes estruturados: redução de estímulos distratores: atividades dinâmicas; pausas programadas
Dificuldade de interpretação	Incapacidade de compreender e analisar informação	Lê sem compreender; dificuldade em responder a perguntas: interpretações erradas	Compromete todas as disciplinas: bloqueio cognitivo	Ensino de leitura significativa: treino de análise de texto: uso de perguntes orientadoras: resumos e esquemas
Ausência de criatividade	Incapacidade de aplicar conhecimentos a novas situações	Respostas estereotipadas; dificuldade em resolver problemas novos	Aprendizagem mecânica: desmotivação crescente	Metodologias ativas: resolução de problemas; incentivo ao pensamento crítico: atividades abertas
Não responsabilização e falta de autonomia	Incapacidade de gerir o proprio percurso de aprendizagem	Não cumpre prazos: dependência constante; falta de iniciativa	Baixa autonomia: necessidade de controlo externo permanente	Desenvolvimento da autorregulação: uso de agendas: definição de rotinas: responsabilização progressiva
Falta de disciplina e regras	Ausência de autorregulação e cumprimento de normas	Incumprimento de horários; dificuldade em adiar recompensas; comportamento desorganizado	Instabilidade no estudo: fraco desempenho consistente	Estabelecimento de regras claras: reforço da disciplina: treino do autocontrolo: criação de rotinas estruturadas

O quadro anterior permite operacionalizar o modelo dos "sete pecados do insucesso escolar", traduzindo-o em indicadores observáveis e em estratégias concretas de intervenção pedagógica. Desta forma, o modelo deixa de ser apenas uma construção conceptual, assumindo-se como um instrumento útil para professores, pais e outros agentes educativos.

3. Metodologia

O presente estudo insere-se no paradigma qualitativo, adotando uma abordagem de natureza teórico-conceptual e interpretativa. Não se trata de uma investigação empírica no sentido clássico, mas de um exercício de sistematização crítica do conhecimento existente, orientado para a construção de um modelo analítico original sobre o insucesso escolar.

Esta opção metodológica inscreve-se numa tradição de investigação que privilegia a compreensão dos fenómenos educativos na sua complexidade, valorizando a interpretação dos significados e a articulação de contributos teóricos diversos (Creswell, 2014).

3.1. Tipo de estudo

O artigo configura-se como um estudo de revisão narrativa da literatura (*narrative review*), combinado com análise conceptual. Esta abordagem distingue-se das revisões sistemáticas por não seguir um protocolo rígido de seleção de estudos, permitindo, em contrapartida, uma análise mais flexível, interpretativa e integradora (Baumeister & Leary, 1997).

A opção por este tipo de estudo justifica-se pela natureza exploratória do objetivo, centrado na identificação, organização e interpretação de fatores explicativos do insucesso escolar, provenientes de diferentes correntes teóricas. Pretende-se, assim, não apenas descrever o estado da arte, mas propor uma leitura integradora que dê origem a um modelo conceptual estruturado.

3.2. Procedimentos de recolha de informação

A recolha de informação baseou-se na análise de literatura científica relevante nas áreas da educação, psicologia educacional e sociologia da educação, complementada com contributos provenientes da prática pedagógica e da produção científica do autor.

Foram considerados autores de referência nos domínios da resiliência (Masten, 2001; Rutter, 2012), motivação (Deci & Ryan, 2000), expectativas educativas (Rosenthal & Jacobson, 1968) e insucesso escolar (Rumberger, 2011), entre outros.

A seleção das fontes obedeceu aos seguintes critérios:

- relevância teórica e conceptual para o tema em análise;
- reconhecimento académico e impacto dos autores na literatura;
- capacidade explicativa e aplicabilidade dos modelos propostos;
- complementaridade entre diferentes perspetivas disciplinares.

Foram igualmente integrados contributos provenientes de obras de natureza pedagógica orientadas para a prática educativa (Cardoso, 2012; 2023), enquanto fonte de natureza prática e reflexiva, permitindo enriquecer a análise com uma dimensão experiencial ancorada no terreno educativo.

Sempre que possível, privilegiaram-se contributos científicos recentes, de modo a assegurar a atualidade do enquadramento teórico.

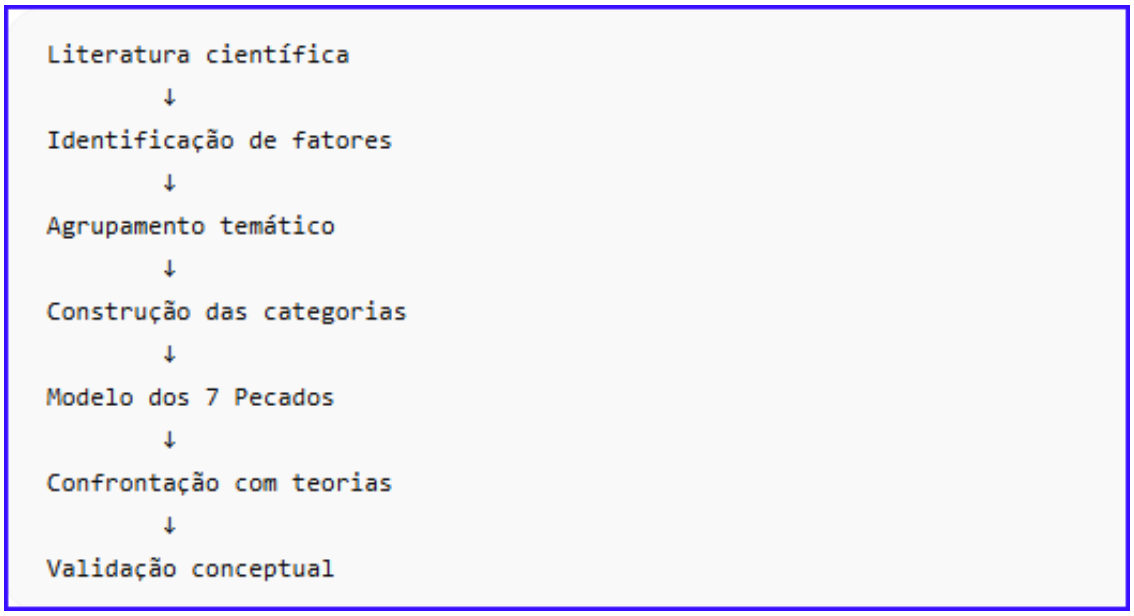
3.3. Estratégia de análise

A análise dos dados seguiu uma lógica de categorização temática, inspirada nos princípios da análise qualitativa propostos por Braun e Clarke (2006). Numa primeira fase, procedeu-se à identificação de padrões recorrentes na literatura relacionados com fatores de insucesso escolar. Numa segunda fase, esses padrões foram agrupados em categorias conceptuais, com base na sua proximidade semântica e funcional.

O resultado deste processo foi a construção de sete categorias analíticas — designadas como "pecados do insucesso escolar" — que sintetizam dimensões críticas do fenómeno. Estas categorias não emergem exclusivamente de um processo indutivo, mas antes de uma articulação entre dedução teórica e interpretação crítica, assumindo o investigador um papel ativo na sua construção.

Este procedimento corresponde a uma abordagem interpretativa, em que o objetivo não é a generalização estatística, mas a construção de um modelo com coerência interna e capacidade explicativa.

Figura 1 – Processo de construção e validação conceptual do modelo dos "sete pecados do insucesso escolar"



A Figura 1 sintetiza o percurso metodológico seguido na construção do modelo conceptual proposto. Partindo da literatura científica sobre insucesso escolar, motivação, resiliência e aprendizagem, procedeu-se à identificação de fatores recorrentes, ao seu agrupamento temático e à construção das categorias analíticas que integram o modelo dos "sete pecados do insucesso escolar". Numa fase posterior, as categorias foram confrontadas com referenciais teóricos consolidados, procurando assegurar a sua consistência e validade conceptual.

Quadro 3 – Etapas de construção do modelo conceptual dos "sete pecados do insucesso escolar"

Etapa	Procedimento
Revisão da literatura	Identificação de fatores associados ao insucesso escolar na literatura científica
Agrupamento temático	Organização dos fatores segundo afinidades conceptuais
Eliminação de redundâncias	Integração de fatores sobrepostos ou semanticamente semelhantes
Construção do modelo	Formulação das sete categorias analíticas do insucesso escolar
Validação teórica	Confrontação das categorias com teorias da motivação, resiliência e autorregulação da aprendizagem

O Quadro 3 sintetiza o percurso metodológico seguido na construção do modelo conceptual proposto. A identificação das categorias resultou de um processo iterativo de análise da literatura, agrupamento temático e confronto com referenciais teóricos consolidados nas áreas da motivação, da resiliência educacional e da autorregulação da aprendizagem, procurando assegurar coerência interna e consistência conceptual.

3.4. Limitações do estudo

A principal limitação desta abordagem reside na ausência de validação empírica direta das categorias propostas. Sendo um modelo conceptual, os "sete pecados do insucesso escolar" carecem de verificação através de estudos empíricos futuros, nomeadamente de natureza

quantitativa ou mista, que permitam testar a sua consistência e aplicabilidade em diferentes contextos educativos (OECD 2020).

Adicionalmente, a natureza interpretativa da análise implica um certo grau de subjetividade na seleção e organização dos contributos teóricos, ainda que mitigado pelo recurso a autores de referência e pela coerência interna do modelo.

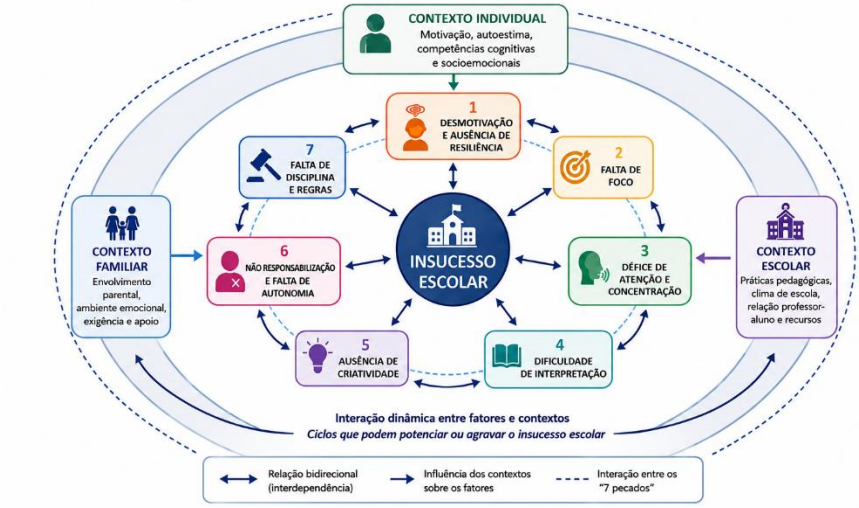
Apesar destas limitações, considera-se que a consistência teórica, a articulação com a literatura existente e a sua ancoragem na prática pedagógica conferem validade heurística à proposta, permitindo a sua utilização como instrumento de reflexão e orientação educativa.

3.5. Posicionamento do modelo proposto

Importa referir que o modelo analítico dos "sete pecados do insucesso escolar" tem origem em trabalho prévio de um autor (Cardoso, 2012), posteriormente aprofundado em obras de natureza pedagógica dirigidas a pais e educadores (Cardoso, 2023). Assim, o presente artigo procede a uma recontextualização científica de um modelo originalmente formulado em contexto prático, procurando conferir-lhe maior densidade teórica, sistematização conceptual e enquadramento académico.

Neste sentido, o contributo do estudo reside não apenas na revisão da literatura, mas na formalização de um modelo integrador que articula teoria e prática, aproximando a investigação científica da intervenção educativa.

Figura 2 – Modelo conceptual dos "7 pecados do insucesso escolar"



O modelo representa o insucesso escolar como um fenómeno multidimensional resultante da interação dinâmica entre sete fatores psicopedagógicos críticos — designados como "pecados" — e três níveis (individual, familiar e escolar).
Os fatores identificados não atuam de forma isolada, mas em interdependência, contribuindo para a formação de ciclos de insucesso.

O modelo representa o insucesso escolar como um fenómeno multidimensional resultante da interação dinâmica entre sete fatores psicopedagógicos críticos — designados como "pecados" — e três níveis contextuais (individual, familiar e escolar).

Os fatores identificados não atuam de forma isolada, mas em interdependência, contribuindo para a formação de ciclos de insucesso. O modelo procura integrar contributos teóricos da literatura com uma perspetiva operacional orientada para a intervenção educativa.

3.6. Validação conceptual do modelo

A validade conceptual do modelo foi analisada através da confrontação das sete categorias propostas com três quadros teóricos amplamente reconhecidos na literatura educacional: a Teoria da Autodeterminação (Deci & Ryan), a Teoria da Autorregulação da Aprendizagem (Zimmerman) e a Teoria da Resiliência Educacional (Masten e Rutter). Verificou-se que cada uma das categorias propostas encontra correspondência em dimensões empiricamente estudadas pela investigação educacional contemporânea.

Embora esta validação seja de natureza teórica e não empírica, a convergência das categorias propostas com constructos amplamente reconhecidos na literatura reforça a plausibilidade e a consistência conceptual do modelo.

Quadro 4 – Validação conceptual do modelo dos "sete pecados do insucesso escolar"

Pecado	Fundamentação teórica principal	Principais autores
Desmotivação e ausência de resiliência	Teoria da Autodeterminação; Resiliência Educacional	Deci & Ryan (2000); Masten (2001); Rutter (2012)
Falta de foco	Autorregulação da aprendizagem; Gestão da atenção	Zimmerman (2002); Zimmerman & Schunk (2022)
Défice de atenção e concentração	Psicologia cognitiva; Atenção sustentada e controlo executivo	Schunk & DiBenedetto (2021)
Dificuldade de interpretação	Literacia e compreensão leitora	Benavente et al. (1996)
Ausência de criatividade	Pensamento criativo e resolução de problemas	Park, Myszkowski & Niu (2025)
Não responsabilização e falta de autonomia	Autorregulação da aprendizagem; Aprendizagem autónoma	Zimmerman (2002); Zimmerman & Schunk (2022)
Falta de disciplina e regras	Autorregulação, autocontrolo e adiamento da recompensa	Zimmerman (2002); Dweck (2006)

Fonte: Elaboração própria a partir da literatura analisada.

O Quadro 4 evidencia que as categorias que integram o modelo dos "sete pecados do insucesso escolar" não resultam apenas da experiência pedagógica do autor, encontrando suporte em diferentes correntes teóricas consolidadas na investigação educacional. Esta correspondência reforça a consistência conceptual do modelo e sustenta a sua utilização como instrumento de análise e intervenção no domínio do sucesso educativo.

4. Discussão

A análise dos "sete pecados do insucesso escolar" permite compreender o fenómeno não como um conjunto de falhas isoladas, mas como um sistema dinâmico de fatores interdependentes que se reforçam mutuamente. Esta perspetiva confirma a natureza multidimensional do insucesso escolar, já amplamente reconhecida na literatura (Rumberger, 2011), e acrescenta-lhe uma leitura operacional centrada nos processos de aprendizagem.

Um dos contributos mais relevantes do modelo proposto reside precisamente na sua capacidade de articular dimensões motivacionais, cognitivas e comportamentais num quadro integrado. Neste sentido, mais do que identificar fatores isolados, o modelo permite compreender **como essas causas interagem**, formando ciclos de insucesso difíceis de interromper sem intervenção intencional.

4.1. Desmotivação e ausência de resiliência

A desmotivação surge como fator estruturante do insucesso escolar, frequentemente associada à incapacidade de persistir perante dificuldades. Como refere Cardoso (2023), o aluno desiste precocemente face ao erro, revelando baixos níveis de resiliência.

Este fenómeno articula-se com a teoria da autodeterminação (Deci & Ryan, 2000), segundo a qual a ausência de motivação intrínseca compromete o envolvimento profundo na aprendizagem. Simultaneamente, a literatura sobre resiliência (Masten, 2001) evidencia que a persistência perante o fracasso constitui uma competência crítica para o sucesso.

Importa sublinhar que a desmotivação não deve ser entendida apenas como causa, mas também como consequência do insucesso, criando um ciclo vicioso em que o fracasso reforça a desistência e esta, por sua vez, aprofunda o fracasso.

4.2. Falta de foco

A incapacidade de distinguir o essencial do acessório compromete o processo de aprendizagem, dificultando a organização do pensamento e a consolidação do conhecimento. O aluno dispersa-se, inicia tarefas sem as concluir e revela dificuldade em manter uma linha de trabalho consistente.

Num contexto marcado pela hiperestimulação digital e pela fragmentação da atenção, este fator assume particular relevância. A literatura recente sugere que a sobrecarga de estímulos reduz a capacidade de atenção sustentada, afetando negativamente o desempenho académico.

A falta de foco está frequentemente associada à ausência de objetivos claros e de estratégias de autorregulação, reforçando a importância de práticas pedagógicas que promovam a gestão do tempo e a definição de prioridades.

4.3. Défice de atenção e concentração

Relacionado com o fator anterior, este "pecado" traduz-se na incapacidade de manter atenção sustentada, quer em contexto de sala de aula, quer no estudo autónomo. Trata-se de uma limitação que compromete diretamente a aquisição e retenção de informação.

Cardoso (2023) sublinha que ambientes desorganizados e excesso de estímulos contribuem decisivamente para este défice.

Para além disso, importa considerar que a atenção não é apenas uma capacidade individual, mas também uma competência treinável, dependente de contextos estruturados e de práticas educativas adequadas. Assim, a dificuldade de concentração pode ser entendida como resultado de uma interação entre fatores pessoais e ambientais.

4.4. Dificuldade de interpretação

A dificuldade de interpretação constitui um dos obstáculos mais críticos ao sucesso escolar, na medida em que compromete a compreensão significativa dos conteúdos. O aluno lê, mas não compreende, o que inviabiliza a construção de conhecimento e a resolução de problemas.

A literatura aponta a literacia como variável estruturante do sucesso escolar (Benavente et al., 1996), sendo transversal a todas as áreas disciplinares. Sem competências de leitura e interpretação, o aluno fica limitado a uma aprendizagem superficial e fragmentada.

Este fator assume especial relevância nos primeiros anos de escolaridade, onde se estabelecem as bases da aprendizagem futura, podendo gerar efeitos cumulativos ao longo do percurso educativo.

4.5. Ausência de criatividade

A ausência de criatividade traduz-se na incapacidade de mobilizar conhecimentos em contextos novos, limitando a aprendizagem à reprodução de conteúdos. Esta limitação

impede o desenvolvimento do pensamento crítico e da resolução autónoma de problemas (Park, J. H., Myszkowski, N., & Niu, W. ,2025).

Num sistema educativo ainda fortemente centrado na memorização, este fator tende a ser negligenciado, apesar de a literatura contemporânea enfatizar a importância de competências criativas e adaptativas.

A ausência de criatividade está frequentemente associada à desmotivação, uma vez que reduz o envolvimento ativo do aluno e o sentido de descoberta inerente ao processo de aprendizagem.

4.6. Não responsabilização e falta de autonomia

Este fator traduz-se na incapacidade de gerir o tempo, assumir responsabilidades e organizar o estudo. O aluno revela dependência excessiva de agentes externos, comprometendo o desenvolvimento de competências de autorregulação.

Cardoso (2023) associa este problema a modelos parentais pouco exigentes ou inconsistentes, que não promovem a autonomia nem a responsabilização progressiva.

A literatura sobre autorregulação (Zimmerman, 2002) confirma que alunos autónomos apresentam melhores resultados académicos, evidenciando maior capacidade de planear, monitorizar e avaliar o seu próprio processo de aprendizagem.

4.7. Falta de disciplina e regras

A ausência de disciplina e de regras traduz-se na incapacidade de manter rotinas de estudo consistentes e de adiar recompensas imediatas em prol de objetivos de longo prazo. Este fator está diretamente relacionado com o autocontrolo e a autorregulação.

A literatura evidencia que a capacidade de adiar a recompensa constitui um forte preditor de sucesso académico e profissional, reforçando a importância da disciplina como competência estruturante.

Este "pecado" não deve ser entendido como mera questão comportamental, mas como uma dimensão central do processo de aprendizagem, que influencia a persistência, o esforço e a consistência do trabalho académico.

Apesar da consistência do modelo, importa reconhecer que a categorização proposta pode apresentar zonas de sobreposição entre fatores, nomeadamente entre motivação, autorregulação e disciplina. Esta interpenetração, longe de fragilizar o modelo, reforça a natureza sistémica do fenómeno, embora exija cautela na sua operacionalização empírica.

Perspetivas recentes sobre autorregulação reforçam igualmente a importância da monitorização ativa da aprendizagem e da persistência na obtenção de resultados académicos consistentes (Zimmerman & Schunk, 2022).

Síntese interpretativa

Em conjunto, os sete fatores analisados evidenciam que o insucesso escolar resulta menos de défices cognitivos isolados e mais de fragilidades ao nível da motivação, da autorregulação e da relação com a aprendizagem. A sua interdependência reforça a ideia de que intervenções pontuais tendem a ser insuficientes, sendo necessária uma abordagem integrada que envolva aluno, família e escola.

5. Implicações Pedagógicas

Para além da sua dimensão explicativa, o modelo dos "sete pecados do insucesso escolar" assume um claro potencial transformador ao nível das práticas educativas.

Os "sete pecados do insucesso escolar" (Cardoso, 2012) constituem um modelo integrador que permite articular contributos dispersos da literatura científica com a prática pedagógica, oferecendo uma leitura operacional do fenómeno e orientada para a intervenção.

Importa sublinhar, como já antes fizemos, que estes fatores não atuam de forma isolada, mas em interdependência, formando frequentemente ciclos viciosos que comprometem o percurso escolar dos alunos. Por exemplo, a desmotivação conduz à passividade, a falta de método gera insucesso, e este, por sua vez, reforça a baixa autoestima e a desmotivação, perpetuando o ciclo de insucesso. Esta dinâmica evidencia a necessidade de intervenções sistémicas e não meramente pontuais.

Neste contexto, as implicações pedagógicas do modelo podem ser organizadas em três níveis fundamentais: o aluno, o professor e o contexto educativo mais alargado.

Programas de desenvolvimento socioemocional têm demonstrado impacto positivo no sucesso escolar (Casel, 2021; OECD, 2022).

5.1. Ao nível do aluno

A intervenção ao nível do aluno deve centrar-se no desenvolvimento de competências estruturantes, fundamentais para a construção de percursos educativos consistentes e sustentados.

Em primeiro lugar, destaca-se a promoção da motivação intrínseca, através da atribuição de significado às aprendizagens e da valorização do esforço individual. Quando o aluno compreende a utilidade do que aprende e sente-se envolvido no processo, tende a desenvolver um maior compromisso com a tarefa, reduzindo comportamentos de evitamento e passividade.

Paralelamente, assume particular relevância o desenvolvimento da autorregulação, entendida como a capacidade de planear, monitorizar e avaliar o próprio processo de aprendizagem. Alunos autorregulados conseguem gerir melhor o tempo, estabelecer objetivos realistas e ajustar estratégias perante dificuldades, o que se traduz em maior eficácia no estudo.

Outro aspeto central é o ensino explícito de métodos de estudo, frequentemente negligenciado. A aquisição de técnicas de leitura compreensiva, organização da informação (esquemas, resumos) e preparação para avaliações permite ao aluno estruturar o seu trabalho de forma mais eficiente e autónoma.

Importa ainda promover o treino da resiliência, incentivando a persistência perante o erro e a capacidade de lidar com a frustração. Neste sentido, o erro deve ser reinterpretado como parte integrante do processo de aprendizagem, e não como sinal de incapacidade.

Por fim, o reforço da autonomia e da responsabilidade constitui um eixo fundamental. A definição de objetivos, a gestão do tempo e a assunção de compromissos contribuem para o desenvolvimento de uma atitude mais ativa e consciente face à aprendizagem.

Estas competências devem ser trabalhadas de forma contínua e integrada, constituindo a base de um percurso educativo bem-sucedido.

Perspetivas recentes sobre autorregulação reforçam igualmente a importância da monitorização ativa da aprendizagem (Zimmerman & Schunk, 2022).

5.2. Ao nível do professor e das práticas pedagógicas

O papel do professor revela-se determinante na prevenção e mitigação dos fatores associados ao insucesso escolar, na medida em que as práticas pedagógicas influenciam diretamente o envolvimento, a motivação e o desempenho dos alunos. Neste sentido, a intervenção docente deve assentar num conjunto de princípios orientadores que promovam aprendizagens significativas e sustentadas.

Um dos aspetos centrais da intervenção pedagógica consiste na forma como o erro é integrado no processo de aprendizagem. Quando o erro é encarado não como sinal de incapacidade, mas como oportunidade de melhoria, os alunos tendem a assumir uma postura mais exploratória, reduzindo o medo de falhar e aumentando a persistência. Neste

sentido, torna-se fundamental promover uma cultura pedagógica orientada para o desenvolvimento e não para a mera penalização.

A par disso, a diversificação de estratégias pedagógicas assume um papel central. O recurso a metodologias ativas — como a resolução de problemas, o trabalho colaborativo ou a aprendizagem baseada em projetos — permite estimular o pensamento crítico, a criatividade e o envolvimento cognitivo dos alunos, contrariando abordagens excessivamente expositivas e passivas.

Outro aspeto fundamental prende-se com a clareza na definição de objetivos e critérios de avaliação. Quando os alunos compreendem o que se espera deles e como serão avaliados, conseguem orientar melhor o seu esforço e focar-se nos aspetos essenciais da aprendizagem, reduzindo a dispersão e a incerteza.

Simultaneamente, a criação de ambientes estruturados e organizados revela-se decisiva para favorecer a concentração e a atenção. Contextos previsíveis, com regras claras e rotinas consistentes, contribuem para a estabilidade emocional e cognitiva necessária ao processo de aprendizagem.

Por fim, assume particular relevância o *feedback* regular e construtivo, orientado para a melhoria contínua. Um *feedback* eficaz não se limita à avaliação do desempenho, mas fornece indicações claras sobre como progredir, reforçando o esforço e promovendo a autorregulação.

Adicionalmente, a relação pedagógica deve assentar em expectativas positivas, uma vez que estas influenciam significativamente o desempenho dos alunos, conforme evidenciado por Rosenthal e Jacobson (1968). Professores que acreditam no potencial dos seus alunos tendem a criar condições mais favoráveis ao seu sucesso, contribuindo para a construção de percursos educativos mais consistentes.

5.3. Ao nível da família e do contexto educativo

Como evidenciado na literatura sobre envolvimento parental, o ambiente familiar e os modelos educativos desempenham um papel determinante na mitigação dos fatores associados ao insucesso escolar (Epstein, 2001; Cardoso, 2023). A família constitui o primeiro contexto de socialização e aprendizagem, sendo responsável pela construção de hábitos, atitudes e expectativas que influenciam diretamente o percurso académico dos alunos.

Neste sentido, a promoção de ambientes familiares estruturados assume particular relevância. A existência de regras claras, rotinas consistentes e momentos dedicados ao estudo contribui para a criação de um quadro de previsibilidade que favorece a disciplina e a concentração. Estes elementos são especialmente importantes em idades mais precoces, funcionando como base para o desenvolvimento da autorregulação.

Paralelamente, importa assegurar um equilíbrio entre exigência e envolvimento parental. Modelos educativos excessivamente permissivos tendem a comprometer a responsabilidade e a autonomia, enquanto abordagens excessivamente controladoras podem gerar resistência e desmotivação. A combinação de apoio afetivo com expectativas claras e consistentes revela-se, assim, a mais eficaz na promoção do sucesso escolar.

Outro aspeto central prende-se com a valorização da escola e do conhecimento no seio familiar. Quando os pais atribuem significado à aprendizagem e a integram no projeto de vida dos seus filhos, contribuem para o desenvolvimento de uma motivação mais profunda e sustentada.

Adicionalmente, o estabelecimento de uma relação de colaboração entre escola e família revela-se fundamental. A comunicação regular e a partilha de estratégias educativas permitem garantir coerência nas intervenções, evitando mensagens contraditórias que possam comprometer o percurso do aluno.

Por fim, importa sublinhar a importância de um acompanhamento próximo do percurso escolar, que não se confunda com controlo excessivo. O desafio reside em apoiar sem substituir, orientando o aluno na construção da sua autonomia e responsabilização progressiva.

A existência de regras claras, rotinas consistentes e apoio familiar estruturado tem sido associada ao desenvolvimento da autorregulação e do envolvimento escolar (OECD, 2021). Paralelamente, a literatura evidencia que modelos parentais equilibrados — combinando exigência, apoio afetivo e acompanhamento consistente — tendem a produzir efeitos positivos no desempenho académico e no desenvolvimento progressivo da autonomia dos alunos (Castro, M., Expósito-Casas, E., López-Martín, E., Lizasoain, L., Navarro-Asencio, E., & Gaviria, J. L., 2022).

5.4. Implicações para políticas educativas e intervenção sistémica

Para além das dimensões individuais e contextuais anteriormente analisadas, o modelo proposto sugere a necessidade de uma abordagem mais ampla ao nível das políticas educativas e da intervenção sistémica. Com efeito, o combate ao insucesso escolar não pode depender exclusivamente da ação isolada de professores ou famílias, exigindo estratégias estruturadas e sustentadas ao nível das instituições educativas e das políticas públicas.

Neste quadro, assume particular relevância a implementação de programas de promoção de competências sócioemocionais, orientados para o desenvolvimento da autorregulação, da resiliência, da empatia e da gestão emocional. A literatura recente tem vindo a demonstrar que estas competências influenciam significativamente o desempenho académico, o bem-estar psicológico e a capacidade de adaptação dos alunos aos desafios escolares.

Paralelamente, importa investir na formação contínua de professores, especialmente em áreas relacionadas com motivação, diferenciação pedagógica, autorregulação da aprendizagem e gestão de sala de aula. Professores preparados para compreender os fatores subjacentes ao insucesso escolar tendem a desenvolver práticas pedagógicas mais ajustadas às necessidades dos alunos.

Outro eixo fundamental prende-se com a adoção de estratégias de intervenção precoce. A identificação atempada de sinais de desmotivação, dificuldades de aprendizagem ou problemas de autorregulação permite prevenir trajetórias de insucesso mais difíceis de inverter em fases posteriores do percurso escolar.

Adicionalmente, torna-se essencial reforçar a articulação entre escola, família e comunidade, promovendo redes de apoio educativo mais consistentes. A cooperação entre diferentes agentes educativos favorece uma intervenção mais integrada e coerente, reduzindo fatores de risco e potenciando condições de sucesso.

Importa ainda reconhecer que alguns dos fatores identificados no modelo podem apresentar zonas de sobreposição conceptual, nomeadamente entre motivação, disciplina e autorregulação. Contudo, esta interdependência não fragiliza a proposta analítica; pelo contrário, reforça a natureza sistémica do insucesso escolar, evidenciando a necessidade de abordagens multidimensionais e integradas.

Síntese

Em síntese, o modelo dos "sete pecados do insucesso escolar" permite identificar áreas críticas de intervenção e orientar práticas educativas mais conscientes e eficazes. A sua principal mais-valia reside na articulação entre contributos teóricos e aplicabilidade pedagógica, oferecendo uma leitura integrada dos fatores que condicionam o sucesso académico.

A aplicação do modelo implica uma abordagem centrada no desenvolvimento integral do aluno, entendido como sujeito ativo do processo de aprendizagem, mas simultaneamente apoiado por professores, famílias e contextos educativos promotores de exigência, sentido,

estabilidade e envolvimento. Neste sentido, mais do que identificar fatores de risco, o modelo procura contribuir para a construção de uma pedagogia orientada para a prevenção do insucesso e para a promoção do sucesso educativo sustentável.

6. Conclusão

O insucesso escolar não pode ser reduzido a uma falha individual nem a uma inevitabilidade social. Pelo contrário, emerge como um fenómeno complexo e multidimensional, resultante da interação dinâmica entre fatores motivacionais, cognitivos, comportamentais e contextuais. A sua compreensão exige, por isso, uma abordagem integrada que vá além das explicações lineares e fragmentadas.

O presente artigo procurou contribuir para essa compreensão através da sistematização e recontextualização científica do modelo dos "sete pecados do insucesso escolar" (Cardoso, 2012), articulando-o com contributos relevantes da literatura nas áreas da motivação, resiliência e aprendizagem. Ao identificar e organizar sete dimensões críticas — desmotivação, falta de foco, défices de atenção, dificuldades de interpretação, ausência de criatividade, falta de autonomia e indisciplina — o modelo oferece uma leitura operacional do insucesso escolar, aproximando a reflexão teórica da prática educativa.

Um dos principais contributos deste trabalho reside na evidência de que estes fatores não atuam de forma isolada, mas em interdependência, formando ciclos de insucesso que tendem a perpetuar-se ao longo do percurso escolar. Esta constatação reforça a necessidade de intervenções pedagógicas integradas, que mobilizem simultaneamente o aluno, a escola e a família.

Neste contexto, a promoção da resiliência educativa assume-se como um eixo estruturante, na medida em que potencia competências como a persistência, a autorregulação e a capacidade de lidar com o erro — elementos fundamentais para o sucesso académico e para o desenvolvimento pessoal. Paralelamente, a valorização da motivação intrínseca, da autonomia e da disciplina surge como condição indispensável para a construção de percursos educativos sustentados.

Importa, contudo, reconhecer as limitações do estudo, nomeadamente a natureza teórico-conceptual do modelo proposto. Neste sentido, investigações futuras deverão procurar validar empiricamente os "sete pecados do insucesso escolar", testando a sua aplicabilidade em diferentes contextos educativos e explorando a sua relação com variáveis como o desempenho académico, o abandono escolar ou o bem-estar dos alunos.

Em síntese, o modelo apresentado não pretende oferecer uma explicação definitiva do insucesso escolar, mas antes constituir um instrumento de análise e intervenção, capaz de orientar práticas pedagógicas mais conscientes, exigentes e humanizadas. Ao colocar o foco nos processos de aprendizagem e nas competências do aluno, abre-se caminho para uma educação que não apenas combate o insucesso, mas que promove, de forma consistente, o sucesso educativo e humano.

Finalmente, os "sete pecados do insucesso escolar" afirmam-se como um instrumento orientador para uma pedagogia centrada no desenvolvimento integral do aluno e na promoção de percursos educativos mais consistentes e humanizados.

Referências

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1997). Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology, 1*(3), 311–320. https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311

Benavente, A., Rosa, A., Costa, A. F., & Ávila, P. (1996). *A literacia em Portugal: Resultados de uma pesquisa extensiva e monográfica*. Fundação Calouste Gulbenkian.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Cardoso, J. R. (2012). *O método ser bom aluno, 'bora lá?* Lisboa: Guerra & Paz.

Cardoso, J. R. (2023). *Como fazer dos nossos filhos alunos de sucesso?* Lisboa: Guerra & Paz.

CASEL. (2021). *Framework for systemic social and emotional learning*. Collaborative for Academic, Social, and Emotional Learning.

Castro, M., Expósito-Casas, E., López-Martín, E., Lizasoain, L., Navarro-Asencio, E., & Gaviria, J. L. (2022). Parental involvement on student academic achievement: A meta-analysis. *Educational Research Review, 14*, 33–46.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.

Epstein, J. L. (2001). *School, family, and community partnerships: Preparing educators and improving schools*. Westview Press.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research, 74*(1), 59–109. https://doi.org/10.3102/00346543074001059

Masten, A. S. (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3), 227–238.

OECD. (2021). *Beyond academic learning: First results from the survey of social and emotional skills*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/92a11084-en
Rosenthal, R., & Jacobson, L. (1968). *Pygmalion in the classroom*. Holt, Rinehart & Winston.

OECD. (2022). *Education at a glance 2022*. OECD Publishing.

OECD. (2023). *Equity and inclusion in education: Finding strength through diversity*. OECD Publishing.

Park, J. H., Myszkowski, N., & Niu, W. (2025). *Exploring the intersection of creativity and critical thinking among students: A meta-analysis*. *Thinking Skills and Creativity*. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.102119

Rumberger, R. W. (2011). *Dropping out: Why students drop out of high school and what can be done about it*. Harvard University Press.

Rutter, M. (2012). Resilience as a dynamic concept. *Development and Psychopathology, 24*(2), 335–344. https://doi.org/10.1017/S0954579412000028

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2021). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology, 60*, 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832

Ungar, M. (2021). *Multisystemic resilience: Adaptation and transformation in contexts of change*. Oxford University Press.

Wang, M. T., & Eccles, J. S. (2021). School engagement and student outcomes. *Annual Review of Psychology, 72*, 475–499. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120419-053527

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2022). *Handbook of self-regulation of learning and performance* (2nd ed.). Routledge.

A CULTURA ORGANIZACIONAL E O SEU IMPACTO NO DESEMPENHO EMPRESARIAL: ESTUDO DE CASO DA EMBRAER ÉVORA

ORGANISATIONAL CULTURE AND ITS IMPACT ON BUSINESS PERFORMANCE: CASE STUDY OF EMBRAER ÉVORA

[1]Arminda Fainada; [2]Isabel Pinto dos Reis

Isla Santarém Instituto Politécnico

[1]mindita@gmail.com; [2]isabel.reis@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A cultura organizacional constitui um dos fatores centrais para compreender o desempenho das organizações, sobretudo em setores de elevada complexidade tecnológica e forte exigência operacional. A relação entre cultura e desempenho torna-se particularmente relevante em organizações inseridas em setores de alta complexidade, como o aeronáutico. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a relação entre cultura organizacional e desempenho, articulando contributos clássicos e contemporâneos, com destaque para os modelos de Schein e Hofstede, aplicados ao caso da Embraer Évora.

Método: Foi realizada uma revisão da literatura com base nos modelos teóricos de Edgar Schein e Geert Hofstede, articulados com estudos sobre liderança, segurança operacional, produtividade e inovação. A análise foi complementada com informações públicas sobre a presença da Embraer em Portugal, procurando compreender de que forma a cultura organizacional global se adapta a um contexto local com características económicas e socioculturais próprias.

Resultados: A literatura mostra que os valores partilhados, os estilos de liderança, os mecanismos de coordenação e a capacidade de adaptação influenciam a eficácia, a inovação e a qualidade dos processos. O modelo de Schein permite observar a cultura da Embraer em três níveis: artefactos, valores assumidos e pressupostos básicos, evidenciando que segurança, precisão e fiabilidade são inegociáveis. Hofstede contribui para compreender a gestão simultânea da identidade global e da adaptação local em Évora. A instalação da Embraer em Évora introduziu novas exigências profissionais e formas de organização do trabalho numa região tradicionalmente menos industrializada.

Discussão: A utilização dos modelos de Schein e Hofstede exige cuidado: o modelo de Schein é muito útil para compreender a complexidade interna da cultura, mas nem sempre é fácil operacionalizar empiricamente os seus níveis mais profundos. Hofstede pode tornar-se redutor se aplicado de forma rígida. A relação entre cultura e desempenho não é linear: uma cultura forte pode favorecer o desempenho, mas também pode tornar-se um obstáculo se promover rigidez excessiva. No caso da Embraer, o alinhamento entre identidade corporativa e integração regional constitui um fator relevante para a sustentabilidade das operações.

Conclusão: A cultura organizacional é um elemento fundamental para compreender o desempenho das organizações. A relação entre cultura e desempenho revela-se positiva quando a organização consegue alinhar valores, liderança, estratégia, segurança e aprendizagem. No caso da Embraer, a cultura organizacional pode ser entendida como um recurso estratégico que contribui para a integração entre qualidade, inovação e competitividade internacional, representando uma base prática de sustentação do desempenho organizacional de longo prazo.

Palavras-chave: Cultura organizacional; desempenho organizacional; liderança; inovação; Embraer.

Abstract

Introduction: Organisational culture is one of the central factors for understanding organisational performance, especially in sectors characterised by high technological complexity and strong operational demands. The relationship between culture and performance is particularly relevant in organisations operating in highly complex sectors, such as aeronautics. This work aims to carry out a

literature review on the relationship between organisational culture and performance, articulating classical and contemporary contributions, with emphasis on the models of Schein and Hofstede, applied to the case of Embraer Évora.

Method: A literature review was carried out based on the theoretical models of Edgar Schein and Geert Hofstede, articulated with studies on leadership, operational safety, productivity and innovation. The analysis was complemented with public information on Embraer's presence in Portugal, seeking to understand how the global organisational culture adapts to a local context with its own economic and sociocultural characteristics.

Results: The literature shows that shared values, leadership styles, coordination mechanisms and adaptability influence efficiency, innovation and process quality. Schein's model allows Embraer's culture to be observed at three levels: artefacts, espoused values and basic assumptions, showing that safety, precision and reliability are non-negotiable. Hofstede contributes to understanding the simultaneous management of global identity and local adaptation in Évora. The installation of Embraer in Évora introduced new professional demands and forms of work organisation in a traditionally less industrialised region.

Discussion: The use of Schein's and Hofstede's models requires care: Schein's model is very useful for understanding the internal complexity of culture, but it is not always easy to empirically operationalise its deeper levels. Hofstede can become reductive if applied rigidly. The relationship between culture and performance is not linear: a strong culture can favour performance, but can also become an obstacle if it promotes excessive rigidity. In the case of Embraer, the alignment between corporate identity and regional integration is a relevant factor for the sustainability of operations.

Conclusion: Organisational culture is a fundamental element for understanding organisational performance. The relationship between culture and performance is positive when the organisation manages to align values, leadership, strategy, safety and learning. In the case of Embraer, organisational culture can be understood as a strategic resource that contributes to the integration of quality, innovation and international competitiveness, representing a practical foundation for sustaining long-term organisational performance.

Keywords: Organisational culture; organisational performance; leadership; innovation; Embraer.

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA

THE IMPORTANCE OF CHANGE MANAGEMENT

[1]Cecília Sêco; [2]Filipa Martinho; [3]António Dionísio

[1, 2, 3] ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]ccnseco@gmail.com; [2]filipa.martinho@islasantarem.pt; [3]antonio.dionisio@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A crescente complexidade e instabilidade dos contextos organizacionais, impulsionadas pela globalização, transformação digital e intensificação da competitividade, têm reforçado a necessidade de adaptação contínua das organizações. Neste enquadramento, a gestão da mudança assume-se como uma competência estratégica crítica, orientada para a implementação eficaz e sustentável de processos de transformação. O presente trabalho tem como objetivo analisar o conceito de gestão da mudança e os seus principais modelos teóricos, evidenciando o papel determinante da dimensão humana, da liderança e do envolvimento dos colaboradores.
Método: A investigação adota uma abordagem qualitativa, sustentada numa revisão bibliográfica, incidindo sobre os modelos de Kurt Lewin, John Kotter e ADKAR. A análise centra-se nas suas estruturas conceptuais, mecanismos de implementação e contributos para a compreensão dos processos de mudança organizacional, bem como nas respetivas limitações e condições de aplicabilidade. Paralelamente, é analisado o fenómeno da resistência à mudança enquanto resposta natural em contextos de incerteza.
Resultados: Os resultados evidenciam que a gestão da mudança não se restringe a dimensões estruturais ou tecnológicas, configurando-se como um processo predominantemente humano, influenciado por fatores cognitivos, emocionais e comportamentais. A resistência à mudança assume formas passivas ou ativas e é condicionada pela cultura organizacional, pela comunicação e pela liderança. Os modelos analisados apresentam contributos complementares: Lewin pela simplicidade, Kotter pela orientação estratégica e ADKAR pelo foco no indivíduo.
Discussão: A análise demonstra que não existe um modelo universalmente aplicável, sendo a eficácia da gestão da mudança dependente da adaptação ao contexto organizacional. Os resultados reforçam o papel central da liderança na definição da visão, na comunicação eficaz e na mobilização das equipas, contribuindo para a redução da incerteza e aumento do compromisso organizacional.
Conclusão: Constata-se que a gestão da mudança, constitui um fator estratégico indispensável à sustentabilidade e competitividade das organizações contemporâneas, exigindo assim, uma abordagem integrada que ultrapasse as dimensões mais técnicas e estruturais. Os resultados demonstram que o sucesso dos processos de mudança, dependem, da capacidade das organizações em compreender as emoções, necessidades e resistências das pessoas. Neste enquadramento, a liderança assume um papel de central de elemento mobilizador capaz de inspirar, comunicar e criar compromisso coletivo não apenas assente em processos, mas na valorização das pessoas como o principal fator de transformação organizacional.

Palavras-chave: Gestão da mudança, Mudança Organizacional, Liderança, Modelos de mudança.

Abstract

Introduction: The growing complexity and instability of organizational contexts, driven by globalization, digital transformation and increased competition, have highlighted the need for organizations to adapt continuously. In this context, change management has emerged as a critical strategic competence, focused on the effective and sustainable implementation of transformation processes. This paper aims to analyse the concept of change management and its main theoretical models, highlighting the decisive role of the human dimension, leadership and employee engagement.

Method: The research adopts a qualitative approach, based on a literature review, focusing on the models of Kurt Lewin, John Kotter and ADKAR. The analysis centres on their conceptual frameworks, implementation mechanisms and contributions to understanding the processes of organisational change, as well as their respective limitations and conditions of applicability. At the same time, the phenomenon of resistance to change is analysed as a natural response in contexts of uncertainty
Results: The results show that change management is not limited to structural or technological aspects, but is primarily a human process, influenced by cognitive, emotional and behavioural factors. Resistance to change takes passive or active forms and is shaped by organisational culture, communication and leadership. The models analysed offer complementary contributions: Lewin for its simplicity, Kotter for its strategic orientation and ADKAR for its focus on the individual.
Discussion: The analysis shows that there is no universally applicable model, and that the effectiveness of change management depends on adaptation to the organisational context. The findings underscore the central role of leadership in defining the vision, communicating effectively and mobilising teams, thereby helping to reduce uncertainty and increase organisational commitment
Conclusion: It is noted that change management is an indispensable strategic factor for the sustainability and competitiveness of contemporary organizations, thus requiring an integrated approach that goes beyond the more technical and structural dimensions. The results demonstrate that the success of change processes depends on the ability of organizations to understand people's emotions, needs and resistances. In this framework, leadership assumes a central role as a mobilizing element capable of inspiring, communicating and creating collective commitment not only based on processes, but on valuing people as the main factor of organizational transformation.

Keywords: *Change management, Organisational change, Leadership, Change models.*

A INFLUENCIA DA CULTURA ORGANIZACIONAL NA MOTIVAÇÃO DOS COLABORADORES

THE INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL CULTURE ON EMPLOYEE MOTIVATION

Maria Leonor Petinga; António Dionísio
ISLA Santarém - Instituto Politécnico
Leonor0524maria@gmail.com; antonio.dionisio@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Num contexto organizacional marcado por constantes mudanças e uma elevada competitividade, a motivação dos colaboradores assume um papel central no desempenho organizacional. A cultura organizacional é entendida como um conjunto de valores crenças, normas e práticas partilhadas e desempenha um papel determinante na forma como os colaboradores percecionam o trabalho, influenciando assim diretamente a sua motivação, satisfação e desempenho. Culturas fortes, coerentes e alinhadas com os objetivos organizacionais promovem um maior compromisso, enquanto que culturas fracas ou desalinhadas podem criar desmotivação, conflitos e aumentar o absentismo e a rotatividade. As teorias motivacionais, reforçam que a motivação resulta da interação entre fatores extrínsecos e intrínsecos, sendo fortemente influenciada pelo contexto organizacional.
Método: A metodologia, adotada no estudo segue uma abordagem quantitativa, de natureza descritiva e correlacional, tendo como principal objetivo analisar a relação entre a cultura organizacional e a motivação dos colaboradores. A recolha de dados foi realizada através de um questionário estruturado, aplicado a colaboradores de diferentes organizações e setores de atividade. O instrumento utilizado foi dividido em três partes a caracterização sociodemográfica a avaliação da cultura organizacional e a avaliação da motivação no trabalho. Para avaliar a cultura organizacional foi utilizado o Organizational Culture Assessment Instrument, já a motivação foi avaliada através da Work Extrinsic and Intrinsic Motivation Scale, ambos os instrumentos foram adaptados a uma escala de Likert de cinco pontos. Os dados recolhidos foram tratados com recurso a técnicas estatísticas através do programa SPSS, permitindo assim identificar relações entre variáveis.
Resultados: Os resultados obtidos indicam a existência de uma relação positiva significativa entre a cultura organizacional e a motivação dos colaboradores. Verificou-se que culturas organizacionais caracterizadas por fatores como a comunicação eficaz, reconhecimento, valorização pessoal e trabalho colaborativo apresentam níveis mais elevados de motivação satisfação e compromisso organizacional. Por outro lado, culturas caracterizadas por falta de coerência, comunicação deficiente e ausência de reconhecimento têm uma maior desmotivação, e consequentemente um menor desempenho e uma maior rotatividade e absentismo. Os resultados evidenciam ainda que culturas do tipo clã promovem uma maior motivação intrínseca, pois esta foca-se nas relações interpessoais, apoio e sentimento de pertença.
Discussão: Através da discussão de resultados foi possível confirmar o que foi descrito na revisão de literatura, onde os resultados reforçam a importância de práticas organizacionais orientadas para a valorização dos colaboradores e para a criação de ambientes de trabalho mais positivos e participativos.
Conclusão: Face aos resultados apurados, podemos considerar, que a cultura organizacional é um elemento central na promoção de motivação, sendo essencial para o desempenho, satisfação, retenção de talentos e competitividade, destacando-se a necessidade de desenvolver culturas organizacionais positivas, colaborativas e motivadoras. Assim, a cultura organizacional é considerada um fator estratégico essencial para as organizações, no qual a sua gestão deve ser eficaz de modo a permitir melhorar o desempenho organizacional e promover ambientes de trabalho mais motivadores.

Palavras-chave: cultura organizacional, motivação, satisfação, desempenho

Abstract

Introduction: In an organizational context marked by constant changes and high competitiveness, employee motivation plays a central role in organizational performance. Organizational culture is understood as a set of shared values, beliefs, norms and practices and plays a determining role in the way employees perceive work, thus directly influencing their motivation, satisfaction and performance. Strong, coherent cultures aligned with organizational objectives promote greater commitment, while weak or misaligned cultures can create demotivation, conflict, and increase absenteeism and turnover. Motivational theories reinforce that motivation results from the interaction between extrinsic and intrinsic factors, being strongly influenced by the organizational context.
Method: The methodology adopted in the study follows a quantitative approach, of a descriptive and correlational nature, with the main objective of analysing the relationship between organizational culture and employee motivation. Data collection was carried out through a structured questionnaire, applied to employees from different organizations and sectors of activity. The instrument used was divided into three parts: the sociodemographic characterization, the evaluation of the organizational culture and the evaluation of motivation at work. To assess organizational culture, the Organizational Culture Assessment Instrument was used, while motivation was assessed using the Work Extrinsic and Intrinsic Motivation Scale, both instruments were adapted to a five-point Likert scale. The collected data were treated using statistical techniques through the SPSS program, thus allowing the identification of relationships between variables.
Results: The results obtained indicate the existence of a significant positive relationship between organizational culture and employee motivation. It was found that organizational cultures characterized by factors such as effective communication, recognition, personal appreciation and collaborative work have higher levels of motivation, satisfaction and organizational commitment. On the other hand, cultures characterized by lack of coherence, poor communication, and lack of recognition have greater demotivation, and consequently lower performance and higher turnover and absenteeism. The results also show that clan-type cultures promote greater intrinsic motivation, as it focuses on interpersonal relationships, support and a sense of belonging.
Discussion: Through the discussion of results, it was possible to confirm what was described in the literature review, where the results reinforce the importance of organizational practices oriented towards valuing employees and creating more positive and participatory work environments.
Conclusion: In view of the results obtained, we can consider that organizational culture is a central element in the promotion of motivation, being essential for performance, satisfaction, talent retention and competitiveness, highlighting the need to develop positive, collaborative and motivating organizational cultures. Thus, organizational culture is considered an essential strategic factor for organizations, in which its management must be effective to improve organizational performance and promote more motivating work environments.

Keywords: Organizational culture, motivation, satisfaction, performance

CARACTERÍSTICAS DIFERENCIADORAS ENTRE A LIDERANÇA FEMININA E MASCULINA E A FORMA COMO É PERCECIONADA PELOS LIDERADOS

DIFFERENTIATING CHARACTERISTICS BETWEEN FEMALE AND MALE LEADERSHIP, AND HOW THEY ARE PERCEIVED BY SUBORDINATES

Cláudia Casaleiro; António Dionísio
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
claudia.casaleiro@outlook.pt; antonio.dionisio@islasantarém.pt

Resumo

Introdução: A liderança organizacional é amplamente reconhecida como determinante para a eficácia, desempenho e sustentabilidade das organizações. Contudo, a sua conceptualização e, sobretudo, a forma como é percecionada pelos liderados não são neutras, sendo influenciadas por construções sociais e culturais, particularmente no que respeita ao género. Persistem estereótipos que associam diferentes traços a líderes masculinos e femininos, condicionando expectativas e dinâmicas relacionais no contexto organizacional. Neste sentido, o presente estudo visa analisar as diferenças entre a liderança feminina e masculina, identificando os estilos percecionados pelos liderados. Procura-se ainda compreender os processos de aceitação, e resistência dos colaboradores face a diferentes práticas de liderança, contribuindo para uma reflexão crítica sobre igualdade de género e eficácia organizacional.
Método: A investigação adota uma abordagem metodológica mista, combinando dados quantitativos e qualitativos para uma análise mais abrangente do fenómeno. A componente quantitativa baseia-se na aplicação de questionários estruturados a colaboradores de diversos contextos organizacionais, com o objetivo de avaliar a perceção dos estilos de liderança. Paralelamente, a componente qualitativa recorre a entrevistas semiestruturadas a líderes, permitindo explorar experiências, interpretações e práticas associadas aos seus estilos de liderança. Os dados qualitativos encontram-se em análise através de análise de conteúdo, suportada por um sistema categorial (codebook), enquanto os dados quantitativos serão tratados através do SPSS.
Resultados: Apesar de ainda se estar a analisar os dados da análise empírica, os resultados indicam tendências que sugerem diferenças na perceção dos estilos de liderança em função do género. A liderança feminina, surge frequentemente associada a dimensões relacionais, como empatia e orientação para as pessoas, características próximas da liderança transformacional. Por sua vez, a liderança masculina tende a ser associada a dimensões instrumentais, como a orientação para resultados, aproximando-se de estilos transacionais. Identificam-se também indícios da persistência de estereótipos de género que poderão influenciar a avaliação da eficácia dos líderes e a aceitação das suas práticas.
Discussão: Os resultados preliminares destacam a influência das normas sociais e dos estereótipos de género na perceção da liderança. As tendências observadas sugerem expectativas diferenciadas relativamente a líderes masculinos e femininos, podendo gerar avaliações assimétricas e, por vezes, resistência à liderança feminina. Simultaneamente, evidencia-se a importância de modelos de liderança mais integradores, que ultrapassem dicotomias tradicionais de género e valorizem a complementaridade de competências e a adaptação ao contexto. A liderança é, assim, entendida como um processo dinâmico, cuja eficácia depende da interação entre líder, liderados e contexto organizacional.
Conclusão: O presente estudo contribui para a compreensão das relações entre género, estilos de liderança e perceção dos liderados, evidenciando a complexidade deste domínio de investigação. Embora a análise empírica ainda esteja em desenvolvimento, os resultados preliminares sugerem que a perceção da liderança é influenciada por fatores socioculturais e pelas representações sociais de género. Conclui-se que a eficácia da liderança não pode ser dissociada destas dinâmicas, tornando essencial promover práticas organizacionais assentes na diversidade, equidade e inclusão. Assim,

reforça-se a importância de modelos de liderança inclusivos, capazes de fomentar ambientes organizacionais mais justos, adaptativos e sustentáveis.

Palavras-chave: Liderança, Liderados, Gênero, Inclusão

Abstract

Introduction: Organizational leadership is widely recognized as a determinant for the effectiveness, performance, and sustainability of organizations. However, its conceptualization and, above all, the way it is perceived by the subordinates are not neutral, being influenced by social and cultural constructions, particularly about gender. Stereotypes persist that associate different traits with male and female leaders, conditioning expectations and relational dynamics in the organizational context. In this sense, the present study aims to analyze the differences between female and male leadership, identifying the styles perceived by the subordinates. It also seeks to understand the processes of acceptance and resistance of employees in the face of different leadership practices, contributing to a critical reflection on gender equality and organizational effectiveness.
Method: The research adopts a mixed methodological approach, combining quantitative and qualitative data for a more comprehensive analysis of the phenomenon. The quantitative component is based on the application of structured questionnaires to employees from different organizational contexts, with the aim of assessing the perception of leadership styles. At the same time, the qualitative component uses semi-structured interviews with leaders, allowing the exploration of experiences, interpretations and practices associated with their leadership styles. The qualitative data are being analyzed through content analysis, supported by a categorical system (codebook), while the quantitative data are being processed using SPSS.
Results: Although the data from the empirical analysis is still being analyzed, the results indicate trends that suggest differences in the perception of leadership styles according to gender. Female leadership is often associated with relational dimensions, such as empathy and people-orientation, characteristics close to transformational leadership. In turn, male leadership tends to be associated with instrumental dimensions, such as results-oriented, approaching transactional styles. Evidence of the persistence of gender stereotypes is also identified that may influence the evaluation of leaders' effectiveness and acceptance of their practices.
Discussion: Preliminary results highlight the influence of social norms and gender stereotypes on leadership perception. The observed trends suggest different expectations regarding male and female leaders, which can generate asymmetric evaluations and, sometimes, resistance to female leadership. At the same time, the importance of more integrative leadership models that overcome traditional gender dichotomies and value the complementarity of skills and adaptation to the context is highlighted. Leadership is, therefore, understood as a dynamic process, whose effectiveness depends on the interaction between the leader, subordinates and the organizational context.
Conclusion: The present study contributes to the deepening of the understanding of the relationships between gender, leadership styles and the perception of subordinates, highlighting the complexity inherent to this field of research. Although empirical analysis is under development, preliminary results suggest that the perception of leadership is influenced by sociocultural factors that transcend the individual characteristics of leaders. In response to the proposed objective, it is concluded that the effectiveness of leadership cannot be dissociated from social representations of gender, and it is necessary to promote organizational practices that value diversity and equity. In this sense, the study reinforces the relevance of developing inclusive leadership models, capable of integrating different styles and contributing to fairer, more adaptive, and sustainable organizational environments.

Keywords: Leadership, Subordinates, Gender, Inclusion.

COMPETÊNCIAS HUMANAS DA LIDERANÇA E EFICÁCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA EM CONTEXTOS VUCA E BANI

LEADERSHIP SOFT SKILLS AND THE EFFECTIVENESS OF CHANGE MANAGEMENT IN VUCA AND BANI CONTEXTS

Frederico Brígida; António Dionisio
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
fredericojose95@gmail.com; antonio.dionisio@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: As organizações atuais operam num ambiente de elevada complexidade, caracterizado por volatilidade, incerteza, ambiguidade, mas também fragilidade estrutural, ansiedade generalizada, dinâmicas não lineares e eventos frequentemente incompreensíveis. Num tal contexto, os processos de mudança organizacional deixam de ser meramente técnicos para se tornarem experiências profundamente humanas. Este estudo procura compreender de que forma as competências humanas da liderança como empatia, inteligência emocional, comunicação autêntica e capacidade de gerar confiança contribuem para o sucesso dessas transformações em cenários VUCA e BANI.
Método: Recorreu-se a uma revisão integrativa da literatura académica, analisando modelos clássicos de gestão da mudança (Lewin, Kotter, ADKAR) e estudos recentes sobre liderança adaptativa, reações emocionais à mudança e dinâmicas de grupo em contextos de alta incerteza. A seleção bibliográfica privilegiou fontes que cruzam neurociência organizacional, psicologia social e estudos organizacionais, sem recolha de dados empíricos primários.
Resultados: Constata-se que os modelos tradicionais, embora estruturalmente sólidos, mostram limitações claras quando aplicados isoladamente em ambientes instáveis. Três mecanismos de liderança emergem como fundamentais: a regulação das respostas emocionais dos colaboradores, a facilitação de processos de construção coletiva de significado e a criação de ambientes de segurança psicológica. Estes elementos reduzem a resistência, promovem alinhamento cultural e sustentam o compromisso a longo prazo.
Discussão: A análise sugere que o sucesso da mudança depende menos da perfeição técnica do plano e mais da qualidade da experiência humana que essa mudança proporciona. A resistência, longe de ser mero obstáculo, funciona como indicador de falhas relacionais ou culturais que a liderança deve reconhecer e abordar de forma proativa e positiva. Este trabalho oferece uma revisão de literatura integrada que liga competências humanas, processos emocionais e construção de significado, preenchendo uma lacuna na literatura sobre mudança em contextos complexos.
Conclusão: Num contexto organizacional cada vez mais imprevisível, liderar a mudança de forma eficaz exige acima de tudo capacidade humana para compreender, acolher e orientar as vivências emocionais e cognitivas dos colaboradores. Este estudo reforça que a liderança centrada na pessoa não constitui um luxo organizacional, mas sim um requisito estrutural para promover transformações sustentáveis.

Palavras-chave: gestão da mudança, liderança, competências humanas, VUCA, BANI, segurança psicológica.

Abstract

Introduction: Current organizations operate within environments of extreme complexity characterized by volatility, uncertainty, ambiguity, structural brittleness, widespread anxiety, nonlinear dynamics, and frequently incomprehensible events. In such contexts, organizational change processes cease to be merely technical exercises to become deeply human experiences. This study examines how human leadership competencies - empathy, emotional intelligence, authentic communication, and trust-building capacity, contribute to successful transformations in VUCA and BANI scenarios.

Method: An integrative review of academic literature was conducted, analyzing classical change management models (Lewin, Kotter, ADKAR) alongside recent studies on adaptive leadership, emotional reactions to change, and group dynamics in high-uncertainty contexts. The literature selection prioritized sources integrating organizational neuroscience, social psychology, and organizational studies, without primary empirical data collection.
Results: Traditional models, though structurally sound, demonstrate clear limitations when applied independently in unstable environments. Three fundamental leadership mechanisms emerged: regulation of employees' emotional responses, facilitation of collective meaning-making processes, and creation of psychologically safe environments. These elements reduce resistance, promote cultural alignment, and sustain long-term commitment.
Discussion: Findings suggest that change success depends less on technical planning perfection and more on the quality of the human experience generated by such change. Resistance functions not merely as an obstacle but as an indicator of relational or cultural failures that leadership must identify and address in a proactive and clear way. This work provides an integrated perspective linking soft skills, emotional processes, and meaning construction, addressing a gap in the literature on change in complex contexts.
Conclusion: In an increasingly unpredictable organizational context, leading change effectively requires, above all, human capacity to understand, welcome and guide the emotional and cognitive experiences of employees. This study reinforces that person-centered leadership is not an organizational luxury, but a structural requirement to promote sustainable transformations.

Keywords: change management, leadership, soft skills, VUCA, BANI, psychological safety.

EDUCAÇÃO E TURISMO: INTERFACES ENTRE COLEÇÕES PATRIMONIAIS E LITERACIA DIGITAL

EDUCATION AND TOURISM: INTERFACES BETWEEN HERITAGE COLLECTIONS AND DIGITAL LITERACY

[1]Mariana Marques; [2]Eunice Lopes

[1]Instituto Politécnico de Tomar, Portugal; [2]TECHN&ART- Instituto Politécnico de Tomar, CiTUR-IPLeiria, GOVCOPP-Aveiro

[1]aluno24079@ipt.pt; [2]eunicelopes@ipt.pt

Resumo

Introdução: O património cultural é indissociável da prática da atividade turística. Neste contexto, o presente estudo analisa a coleção filumenista localizada no Convento de São Francisco, em Tomar, composta por cerca de 60.000 exemplares ligados à indústria dos fósforos e ao quotidiano. O objetivo incide em analisar o potencial turístico deste ativo patrimonial, considerando a gestão museológica e a experiência dos visitantes.
Método: A metodologia baseia-se numa abordagem qualitativa, por meio da observação participante *in loco*, da análise bibliográfica e da análise de reviews dos visitantes (Google Reviews). Os dados foram devidamente organizados em categorias de análise.
Resultados: Os resultados revelam reconhecimento do museu enquanto espaço de memória e cultura material, com destaque para a variedade da coleção. São identificadas limitações na organização expositiva e na transmissão de informação aos visitantes. A presença digital enfatiza o aspeto visual, condicionando a leitura do contexto histórico. A análise das *reviews* confirma o reconhecimento recorrente da riqueza da coleção filumenista e do seu valor cultural, mas revela igualmente dificuldades por parte dos visitantes na compreensão da lógica expositiva e na contextualização interpretativa da coleção apresentada.
Discussão: A construção de significado na visita à coleção filumenista (museu dos Fósforos) depende diretamente da forma como a coleção filumenista é comunicada e interpretada. Este facto vem confirmar a centralidade das narrativas digitais na mediação da experiência museológica. A presença digital do museu, ao privilegiar conteúdos visuais e de consumo imediato. Esta tendência condiciona os processos de literacia digital e compromete uma apreensão mais aprofundada do valor histórico, científico e cultural da coleção pelo visitante. Verifica-se, nesta perspetiva, um desfasamento significativo entre o valor patrimonial da coleção filumenista e a sua efetiva compreensão pelos públicos, com implicações diretas nos domínios da diversidade e da inclusão cultural. Este resultado evidencia a necessidade de estratégias interpretativas adaptadas à diversidade dos visitantes.
Conclusão: O estudo evidencia o potencial desta coleção filumenista no contexto educativo e do turismo cultural, embora subsistam fragilidades ao nível da mediação, da organização e da visibilidade dos conteúdos patrimoniais. A experiência de visita revela uma forte articulação com recursos digitais, favorecendo formas de apropriação predominantemente visuais. Estes processos podem influenciar os modos de interpretação e de construção da literacia patrimonial pelos visitantes. Neste contexto, destaca-se a importância de uma maior articulação entre estratégias de comunicação e práticas de mediação interpretativa, de modo a potenciar experiências mais significativas de aprendizagem. Esta perspetiva enquadra-se numa abordagem que valoriza a educação e a aprendizagem ao longo da vida. Consequentemente, coleções desta natureza poderão contribuir simultaneamente para a diversificação da oferta turística e para a valorização educativa e cultural do património.

Palavras-chave: coleções filumenistas, mediação interpretativa, experiência do visitante, valorização patrimonial

Abstract

Introduction: Cultural heritage is inseparable from the practice of tourism. In this context, this study analyzes the philumen collection located in the Convent of São Francisco, in Tomar, composed of approximately 60,000 specimens related to the match industry and daily life. The objective is to analyze the tourism potential of this heritage, considering museum management and the visitor experience.

Method: The methodology is based on a qualitative approach, through on-site participant observation, bibliographic analysis, and analysis of visitor reviews (Google Reviews). The data were duly organized into categories of analysis.

Results: The results reveal recognition of the museum as a space of memory and material culture, highlighting the variety of its collection. Limitations are identified in the exhibition organization and in the transmission of information to visitors. The digital presence emphasizes the visual aspect, conditioning the reading of the historical context. The analysis of the reviews confirms the recurring recognition of the richness of the philumen collection and its cultural value, but also reveals difficulties on the part of visitors in understanding the exhibition logic and in the interpretative contextualization of the presented collection.

Discussion: The construction of meaning in a visit to the philumen collection (Matches Museum) depends directly on how the philumen collection is communicated and interpreted. This fact confirms the centrality of digital narratives in mediating the museum experience. The museum's digital presence, by privileging visual content and immediate consumption, conditions digital literacy processes and compromises a deeper understanding of the historical, scientific, and cultural value of the collection by the visitor. From this perspective, a significant mismatch is observed between the patrimonial value of the philumen collection and its effective understanding by the public, with direct implications in the fields of diversity and cultural inclusion. This result highlights the need for interpretive strategies adapted to the diversity of visitors.

Conclusion: The study highlights the potential of this philumen collection in the educational and cultural tourism context, although weaknesses persist in terms of mediation, organization, and visibility of heritage content. The visitor experience reveals a strong connection with digital resources, favoring predominantly visual forms of appropriation. These processes can influence the ways visitors interpret and construct heritage literacy. In this context, the importance of greater articulation between communication strategies and interpretive mediation practices is highlighted to enhance more meaningful learning experiences. This perspective fits into an approach that values education and lifelong learning. Consequently, collections of this nature can simultaneously contribute to the diversification of tourism offerings and to the educational and cultural appreciation of heritage.

Keywords: philumen *collections; interpretive mediation; visitor experience; heritage enhancement*

GAMIFICAÇÃO APLICADA À MELHORIA DO DESEMPENHO DAS EQUIPAS

GAMIFICATION APPLIED TO THE IMPROVEMENT OF TEAM PERFORMANCE

João Cardoso Leitão; Isabel Reis

ISLA Santarém-Instituto Politécnico

leitao.joao13@gmail.com; isabel.reis@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Num contexto organizacional marcado pela complexidade e pela necessidade constante de inovar, o desempenho das equipas tornou-se uma variável crítica para o sucesso das organizações. A capacidade de manter colaboradores motivados, envolvidos e comprometidos com objetivos comuns constitui um desafio estratégico para a gestão de pessoas. É neste enquadramento que a gamificação emergiu, na última década, como uma abordagem inovadora capaz de articular princípios da conceção de videojogos com finalidades organizacionais. O termo difundiu-se a partir de 2010, embora a aplicação de elementos lúdicos em contextos laborais tenha precedentes anteriores. Este trabalho analisa de que modo a gamificação pode contribuir com o objetivo de melhorar o desempenho das equipas. Um objetivo deste estudo é perceber se a aplicação da gamificação e de que forma deve ser aplicada para que haja um crescimento moral e performance nas equipas e posteriormente nas empresas.

Metodologia: Foi realizada uma revisão de literatura narrativa com base em contributos de autores internacionais e nacionais, com o objetivo de sistematizar o estado do conhecimento sobre gamificação e o seu impacto no desempenho das equipas em contexto organizacional. A pesquisa bibliográfica incidiu sobre artigos científicos, capítulos de livros e obras de referência publicados entre 2000 e 2020, privilegiando fontes indexadas e com relevância reconhecida na área.

A seleção das fontes obedeceu a critérios de pertinência temática e impacto académico. Mobilizaram-se os trabalhos de Deterding, Dixon, Khaled e Nacke (2011), que definiram a gamificação como a utilização de elementos de design de jogos em contextos não-jogo, estabelecendo o quadro conceptual de referência; de Werbach e Hunter (2012), que sistematizaram esses elementos em três níveis hierárquicos — dinâmicas, mecânicas e componentes —, fornecendo uma taxonomia operacional; de Ryan e Deci (2000), com a Self-Determination Theory, que fundamenta os mecanismos motivacionais subjacentes à eficácia da gamificação; de Hamari, Koivisto e Sarsa (2014), cuja revisão sistemática analisou empiricamente os efeitos da gamificação em múltiplos contextos; e de Ferreira, Araújo, Fernandes e Miguel (2017), que situam a discussão no contexto português e europeu.

A análise do corpus bibliográfico foi organizada em torno de quatro eixos temáticos: os fundamentos motivacionais da gamificação, a sua aplicação ao desempenho das equipas, os principais benefícios e limitações reportados na literatura, e os fatores críticos de sucesso na implementação em contexto organizacional. Esta estrutura analítica permitiu uma leitura transversal e comparativa das fontes, facilitando a identificação de convergências, tensões e lacunas no conhecimento existente

Resultados: A literatura evidencia que a gamificação, quando devidamente desenhada e alinhada com os objetivos organizacionais, produz efeitos positivos na motivação intrínseca, no envolvimento, na produtividade e na aprendizagem colaborativa. A Self-Determination Theory fundamenta a eficácia das mecânicas de jogo na satisfação das necessidades de autonomia, competência e relacionamento. Casos como a Microsoft e a Deloitte ilustram ganhos mensuráveis de desempenho. Hamari et al. (2014) verificaram que os estudos relataram, com maior frequência, ganhos em motivação do que em desempenho objetivo. Ferreira et al. (2017) concluíram que a investigação empírica sobre gamificação no trabalho é ainda escassa e predominantemente exploratória.

Discussão: A transposição de mecânicas lúdicas para o contexto laboral não é isenta de riscos. A exposição pública do desempenho individual através de leaderboards pode gerar ansiedade e deteriorar o clima de equipa. A gamificação pode ser percecionada como vigilância encapotada quando a participação é obrigatória. Os efeitos motivacionais tendem a esbater-se com o tempo,

exigindo redesenho periódico. Aplicar pontuações a atividades realizadas por necessidade económica pode minar, paradoxalmente, a motivação intrínseca. A gamificação não substitui práticas de gestão alicerçadas em remunerações justas e liderança consequente, funcionando como instrumento complementar dentro de um sistema de gestão coerente.
Conclusão: A gamificação constitui um instrumento para reforçar o desempenho das equipas quando aplicada de forma adequada e alinhada com os objetivos organizacionais. Variáveis culturais, éticas e contextuais não podem ser desconsideradas. A futura articulação da gamificação com as tecnologias de inteligência artificial deverá ampliar a sua influência, colocando novas questões éticas. A investigação futura beneficiará de estudos longitudinais que avaliem a sustentabilidade dos efeitos e o impacto no bem-estar dos colaboradores, particularmente em contextos europeus e portugueses, onde a produção empírica é ainda escassa.

Palavras-chave: Gamificação; Desempenho das equipas; Motivação; Envolvimento; Gestão de Recursos Humanos.

Abstract

Introduction: In an organizational context marked by complexity and the constant need to innovate, team performance has become a critical variable for organizational success. The ability to keep employees motivated, engaged, and committed to shared goals represents a strategic challenge for people management. It is within this framework that gamification has emerged, over the past decade, as an innovative approach capable of bridging video game design principles with organizational purposes. The term gained widespread use around 2010, although the application of playful elements in workplace settings has earlier precedents. This paper analyzes how gamification can contribute to improving team performance. One objective of this study is to understand whether the application of gamification — and in what way it should be applied — can foster moral growth and performance within teams and, subsequently, across organizations.
Methodology: A narrative literature review was conducted drawing on contributions from both international and domestic authors, with the aim of mapping the state of knowledge on gamification and its impact on team performance in organizational settings. The bibliographic research focused on scientific articles, book chapters, and reference works published between 2000 and 2020, prioritizing indexed sources with recognized standing in the field.
Source selection followed criteria of thematic relevance and academic impact. The work of Deterding, Dixon, Khaled, and Nacke (2011) was consulted, as they defined gamification as the use of game design elements in non-game contexts, establishing the conceptual reference framework; Werbach and Hunter (2012), who organized those elements into three hierarchical levels — dynamics, mechanics, and components — providing an operational taxonomy; Ryan and Deci (2000), with Self-Determination Theory, which underpins the motivational mechanisms behind gamification's effectiveness; Hamari, Koivisto, and Sarsa (2014), whose systematic review empirically examined the effects of gamification across multiple contexts; and Ferreira, Araújo, Fernandes, and Miguel (2017), who situate the discussion within the Portuguese and European context.
The analysis of the bibliographic corpus was organized around four thematic axes: the motivational foundations of gamification, its application to team performance, the main benefits and limitations reported in the literature, and the critical success factors for implementation in organizational settings. This analytical structure enabled a cross-cutting and comparative reading of the sources, facilitating the identification of convergences, tensions, and gaps in the existing body of knowledge.
Results: The literature shows that gamification, when properly designed and aligned with organizational goals, produces positive effects on intrinsic motivation, engagement, productivity, and collaborative learning. Self-Determination Theory supports the effectiveness of game mechanics in satisfying the needs for autonomy, competence, and relatedness. Cases such as Microsoft and Deloitte illustrate measurable performance gains. Hamari et al. (2014) found that studies more frequently reported gains in motivation than in objective performance. Ferreira et al. (2017) concluded that empirical research on gamification in the workplace remains scarce and predominantly exploratory.
Discussion: Transposing game mechanics into the workplace is not without risks. The public display of individual performance through leaderboards can generate anxiety and undermine team cohesion. Gamification may be perceived as covert surveillance when participation is mandatory. Motivational effects tend to fade over time, requiring periodic redesign. Applying point systems to activities carried out out of economic necessity can, paradoxically, undermine intrinsic motivation. Gamification does

not replace management practices grounded in fair compensation and effective leadership; rather, it functions as a complementary tool within a coherent management system.
Conclusion: Gamification is a valuable instrument for strengthening team performance when applied appropriately and in alignment with organizational goals. Cultural, ethical, and contextual variables cannot be overlooked. The future integration of gamification with artificial intelligence technologies is likely to expand its influence while raising new ethical questions. Future research will benefit from longitudinal studies that assess the sustainability of its effects and the impact on employee well-being, particularly in European and Portuguese contexts, where empirical output remains limited.

Keywords: Gamification; Team Performance; Motivation; Engagement; Human Resource Management.

INTERNACIONALIZAÇÃO DAS PME PORTUGUESAS: BARREIRAS JURÍDICAS E ESTRATÉGIAS DE ENTRADA EM MERCADOS LUSÓFONOS

INTERNATIONALIZATION OF PORTUGUESE SMES: LEGAL BARRIERS AND MARKET ENTRY STRATEGIES IN LUSOPHONE MARKETS

Afonso Sansana[1]; António Delgado Valente[2]; Martim De Menezes Figueiredo[3]; André Neves[4]; Anabela Pereira[1]

[1]ISLA Santarém - Instituto Politécnico; [2]UAL - Universidade Autónoma de Lisboa; [3]ULL - Universidade Lusíada de Lisboa; [4]ISEG - Universidade de Lisboa & UCP-IEP – Universidade Católica Portuguesa - Instituto de Estudos Políticos

afonsosansana@gmail.com; lamanchaantonio@gmail.com; martimzf@gmail.com; nevesmdasilva@gmail.com; anabela.pereira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A internacionalização das PME portuguesas para mercados lusófonos, como: Angola e Brasil, representa uma oportunidade estratégica amplamente reconhecida, mas frequentemente subestimada na sua complexidade jurídico-regulatória. Apesar das vantagens da língua e dos laços históricos partilhados, a diversidade dos quadros legais e dos regimes fiscais cria barreiras significativas que os gestores tendem a subvalorizar. Este artigo analisa, de forma interdisciplinar, os principais obstáculos jurídicos enfrentados pelas PME portuguesas na internacionalização para a lusofonia e as estratégias de entrada mais adequadas à sua superação.
Método: O estudo adota uma metodologia mista, quantitativa e qualitativa, assente na aplicação de um questionário estruturado a 50 gestores de PME portuguesas com experiência de internacionalização em mercados lusófonos, nomeadamente Angola e Brasil. O questionário irá avaliar as barreiras jurídicas percebidas, as estratégias de entrada adotadas e o papel do apoio jurídico especializado. A recolha de dados será complementada por uma revisão da legislação relevante, acordos bilaterais de investimento e relatórios institucionais da AICEP e do Banco de Portugal.
Resultados: Identificaram-se três categorias de barreiras jurídicas: regulatórias (requisitos de constituição societária local e burocracia administrativa), fiscais e financeiras (ausência de convenções de dupla tributação e restrições à repatriação de lucros) e contratuais (fragilidade dos mecanismos de resolução de litígios). As estratégias de entrada mais eficazes incluem *joint ventures* com parceiros locais, contratos de distribuição exclusiva e cláusulas de arbitragem internacional.
Discussão: Os resultados irão evidenciar uma tensão entre o potencial estratégico dos mercados lusófonos e a capacidade das PME para navegarem na sua complexidade jurídico-institucional. As empresas portuguesas tendem a sobrevalorizar a proximidade cultural como fator mitigador do risco legal, incorrendo em erros de *due diligence* com consequências financeiras significativas. Tal aponta para a necessidade de maior articulação entre as políticas públicas de internacionalização e a oferta de serviços jurídicos especializados e acessíveis para PME.
Conclusão: A internacionalização para mercados lusófonos exige uma abordagem deliberada das barreiras jurídicas específicas de cada mercado, não podendo a proximidade linguística substituir o rigor do planeamento jurídico-comercial. As estratégias mais bem-sucedidas combinam flexibilidade contratual, parceria local e mecanismos alternativos de resolução de litígios. Este estudo contribui para um quadro analítico interdisciplinar aplicado ao contexto lusófono, abrindo caminho para investigação futura de natureza empírica. Não obstante, as conclusões apresentadas, embora plausíveis, carecem de suporte em evidências quantitativas ou qualitativas concretas. O texto não inclui indicadores, frequências ou exemplos ilustrativos que demonstrem a relevância relativa das barreiras identificadas, o que enfraquece o poder argumentativo das recomendações formuladas.

Palavras-chave: *Barreiras Jurídicas, Estratégias de Entrada, Internacionalização, Mercados Lusófonos, PME Portuguesas*

Abstract

Introduction: The internationalization of Portuguese SMEs into Lusophone markets, namely Angola and Brazil, represents a widely recognized strategic opportunity, yet one frequently underestimated in its legal and regulatory complexity. Despite the advantages of a shared language and historical ties, the diversity of legal frameworks and tax regimes creates significant barriers that managers tend to undervalue. This article offers an interdisciplinary analysis of the main legal obstacles faced by Portuguese SMEs in their internationalization into the Lusophone world, as well as the most appropriate market entry strategies to overcome them.
Method: The study adopts a mixed methodology, both quantitative and qualitative, based on the application of a structured questionnaire to 50 managers of Portuguese SMEs with internationalization experience in Lusophone markets, namely Angola and Brazil. The questionnaire will assess perceived legal barriers, entry strategies adopted, and the role of specialized legal advisory support. Data collection will be complemented by a review of relevant legislation, bilateral investment agreements, and institutional reports from AICEP and the Bank of Portugal.
Results: Three categories of legal barriers were identified: regulatory (local incorporation requirements and administrative bureaucracy); fiscal and financial (absence of double taxation conventions and restrictions on profit repatriation); and contractual (weakness of dispute resolution mechanisms). The most effective entry strategies include joint ventures with local partners, exclusive distribution agreements, and international arbitration clauses as standard contractual provisions.
Discussion: The findings reveal a structural tension between the strategic potential of Lusophone markets and the ability of SMEs to navigate their legal and institutional complexity, often without access to specialized legal counsel in international business law. Portuguese companies tend to overestimate cultural proximity as a mitigating factor for legal risk, leading to due diligence failures with significant financial consequences. This highlights the need for greater alignment between public internationalization support policies, particularly through AICEP and the provision of accessible, specialized legal services for SMEs.
Conclusion: Internationalization into Lusophone markets requires a deliberate approach to the specific legal barriers of each market, as linguistic proximity cannot replace the rigor of legal and commercial planning. The most successful strategies combine contractual flexibility, local partnerships, and alternative dispute resolution mechanisms. This study contributes to an interdisciplinary analytical framework applied to the Lusophone context, paving the way for future empirical research. Nevertheless, the conclusions presented, while plausible, lack support from concrete quantitative or qualitative evidence. The text does not include indicators, frequencies, or illustrative examples that demonstrate the relative relevance of the identified barriers, which weakens the argumentative strength of the recommendations put forward.

Keywords: *Entry Strategies, Internationalization, Legal Barriers, Lusophone Markets, Portuguese SMEs*

O IMPACTO DA LIDERANÇA NA MOTIVAÇÃO ORGANIZACIONAL

THE IMPACT OF LEADERSHIP ON ORGANIZATIONAL MOTIVATION

Liliana Nunes; António Dionísio

ISLA Santarém Instituto Politécnico

lilianannunes820@gmail.com; antonio.dionisio@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O presente estudo procura compreender o impacto da liderança na motivação organizacional onde a liderança desempenha um papel fundamental no sucesso das organizações e constitui um fator determinante para a motivação dos colaboradores. Num contexto organizacional cada vez mais competitivo e em constante mudança, torna-se relevante compreender de que forma os diferentes estilos de liderança influenciam o desenvolvimento, desempenho e envolvimento dos colaboradores. Assim, o principal objetivo desta investigação consiste em analisar a relação entre os estilos de liderança percecionados pelos colaboradores e a sua motivação organizacional. A revisão da literatura estrutura-se em duas dimensões centrais: liderança e motivação. Na primeira dimensão, são abordados os principais conceitos e teorias da liderança, nomeadamente a teoria dos traços, as teorias comportamentais, situacionais, a teoria contingencial de Fiedler e as teorias emergentes. Na segunda dimensão, procede-se à análise do conceito de motivação e das suas principais teorias explicativas. Por fim, explora-se a influência da liderança na motivação organizacional, destacando-se o papel do líder enquanto agente promotor do desenvolvimento e comprometimento dos colaboradores.

Método: O estudo adota uma abordagem quantitativa, de natureza descritivo correlacional, com o objetivo de analisar a relação entre os estilos de liderança e a motivação organizacional. Para a recolha de dados, foi elaborado um questionário composto por 29 questões, distribuídas pelas dimensões de Liderança Transformacional, Liderança Transacional e Motivação. O instrumento utilizou a escalas do tipo de Likert, variando entre "*Nunca*" e "*Sempre*" numa secção e entre "*Discordo totalmente*" e "*Concordo totalmente*" noutra.

Resultados: A recolha de dados decorreu entre 3 de março e 6 de abril de 2026, tendo sido obtidas 162 respostas, das quais 159 foram consideradas válidas para análise. Os dados recolhidos foram exportados para Excel e introduzidos no software SPSS, encontrando-se atualmente em fase de tratamento estatístico.

Discussão: Com base na revisão da literatura, espera-se identificar uma relação positiva entre estilos de liderança mais participativos e inspiradores, particularmente a liderança transformacional, e níveis mais elevados de motivação organizacional. Em contrapartida, estilos de liderança mais centrados no controlo e na recompensa, poderão apresentar uma influência mais moderada, sobretudo ao nível da motivação extrínseca.

Conclusão: Apesar de o estudo ainda não apresentar conclusões quantitativas definitivas, espera-se que os resultados contribuam para reforçar a importância da liderança na criação de ambientes organizacionais mais motivadores, produtivos e orientados para o desenvolvimento dos colaboradores. Adicionalmente, esta investigação poderá servir de base para futuros estudos na área da liderança e motivação organizacional.

Palavras-chave: Liderança, Liderança Transformacional; Motivação Organizacional.

Abstract

Introduction: The present study seeks to understand the impact of leadership on organizational motivation where leadership plays a fundamental role in the success of organizations and is a determining factor for employee motivation. In an increasingly competitive and ever-changing organizational context, it is relevant to understand how different leadership styles influence employee development, performance, and engagement. Thus, the main objective of this research is to analyze the relationship between the leadership styles perceived by employees and their organizational motivation. The literature review is structured in two central dimensions: leadership and motivation. In the first dimension, the main concepts and theories of leadership are addressed, namely trait theory, behavioral and situational theories, Fiedler's contingency theory and emerging theories. In the second dimension, the concept of motivation and its main explanatory theories are analyzed. Finally, the influence of leadership on organizational motivation is explored, highlighting the role of the leader as an agent that promotes the development and commitment of employees.

Method: The study adopts a quantitative approach, of a descriptive correlational nature, with the objective of analyzing the relationship between leadership styles and organizational motivation. For data collection, a questionnaire was prepared consisting of 29 questions, distributed by the dimensions of Transformational Leadership, Transactional Leadership and Motivation. The instrument used the Likert Scale Type, ranging from "*Never*" to "*Always*" in one section and from "*Strongly Disagree*" to "*Strongly Agree*" in another.

Results: Data collection took place between March 3 and April 6, 2026, and 162 responses were obtained, of which 159 were considered valid for analysis. The data collected were exported to Excel and entered the SPSS software, and are currently in the statistical processing phase.

Discussion: Based on the literature review, it is expected to identify a positive relationship between more participatory and inspiring leadership styles, particularly transformational leadership, and higher levels of organizational motivation. On the other hand, leadership styles that are more focused on control and reward may have a more moderate influence, especially in terms of extrinsic motivation.

Conclusion: Although the study does not yet present definitive quantitative conclusions, it is expected that the results will contribute to reinforce the importance of leadership in creating more motivating, productive and development-oriented organizational environments. Additionally, this research may serve as a basis for future studies in leadership and organizational motivation.

Keywords: Leadership, Transformational Leadership; Organizational Motivation.

OS PROCESSOS COGNITIVOS E AS ARMADILHAS NA TOMADA DE DECISÃO ORGANIZACIONAL

COGNITIVE PROCESSES AND TRAPS IN ORGANISATIONAL DECISION-MAKING

[1]Madalena Lopes Amorim; [2]Isabel Pinto Dos Reis

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]madalenaamorim431@gmail.coml; [2]isabel.reis@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A tomada de decisão organizacional constitui um processo central na gestão, influenciado por limitações cognitivas, estruturas organizacionais e tecnologias emergentes. Modelos clássicos como os de Simon (1955), que introduziu o conceito de racionalidade limitada, e Mintzberg et al. (1976), que evidenciaram a natureza não estruturada das decisões, continuam a ser referências fundamentais. A teoria dos vieses e heurísticas de Kahneman e Tversky demonstrou que os indivíduos utilizam atalhos cognitivos que, embora eficientes, conduzem a erros sistemáticos. A crescente integração de inteligência artificial nos processos organizacionais transformou a forma como as decisões são tomadas. Este trabalho analisa de que forma os processos cognitivos e as armadilhas cognitivas influenciam a tomada de decisão organizacional em contextos marcados pela utilização de sistemas de inteligência artificial.

Método: Foi realizada uma revisão de literatura baseada em artigos científicos recentes (2021–2026) publicados em revistas de elevado impacto e em obras clássicas fundamentais. A pesquisa foi realizada através da plataforma Consensus, com palavras-chave relacionadas com tomada de decisão, racionalidade limitada e armadilhas cognitivas, privilegiando artigos do primeiro quartil (Q1). Mobilizaram-se os contributos de Simon (1955), Mintzberg et al. (1976), Tversky e Kahneman (1974), Kahneman (2011), e estudos contemporâneos sobre o impacto da inteligência artificial na decisão organizacional, nomeadamente Keding e Meissner (2021), Rajagopal et al. (2022), Eberhard (2021), Rodgers et al. (2022) e Alzoubi e Aziz (2021).

Resultados: A análise evidencia que a racionalidade limitada e o uso de atalhos cognitivos continuam a influenciar significativamente os processos de decisão, originando vieses e erros sistemáticos. O modelo de dois sistemas de Kahneman (2011) — Sistema 1, rápido e intuitivo, e Sistema 2, lento e analítico — explica os mecanismos pelos quais as heurísticas da disponibilidade, representatividade e ancoragem condicionam as escolhas organizacionais. Os sistemas de inteligência artificial melhoram o processamento de informação, mas introduzem riscos como a dependência algorítmica, verificada por Keding e Meissner (2021), e a redução do pensamento crítico. Rajagopal et al. (2022) demonstram que a IA redefine os modelos de decisão através de plataformas digitais orientadas por dados.

Discussão: A tecnologia não elimina as limitações cognitivas humanas, podendo amplificar determinadas armadilhas. A dependência excessiva de sistemas de apoio à decisão reduz a avaliação independente e pode reforçar vieses existentes. Rodgers et al. (2022) alertam para os desafios éticos da automatização decisória na gestão de recursos humanos. Alzoubi e Aziz (2021) demonstram que fatores humanos como a inteligência emocional continuam a influenciar a qualidade das decisões estratégicas mesmo em ambientes altamente tecnológicos. A principal lacuna na literatura reside na integração sistemática entre modelos clássicos, processos cognitivos e impactos tecnológicos.

Conclusão: A tomada de decisão organizacional resulta da interação entre processos cognitivos humanos e sistemas tecnológicos. Os vieses e heurísticas continuam a condicionar os decisores mesmo quando apoiados por inteligência artificial, sendo fundamental desenvolver abordagens integradas que melhorem a qualidade das decisões. Investigação futura deverá aprofundar empiricamente a influência da IA nos processos decisórios, comparando setores e níveis hierárquicos distintos, e analisar estratégias para reduzir armadilhas cognitivas em contextos tecnologicamente avançados.

Palavras-chave: tomada de decisão organizacional; processos cognitivos; armadilhas cognitivas; inteligência artificial; racionalidade limitada.

Abstract

Introduction: Organisational decision-making is a central process in management, influenced by cognitive limitations, organisational structures and emerging technologies. Classical models such as Simon's (1955) bounded rationality and Mintzberg et al.'s (1976) unstructured decision processes remain fundamental references. Kahneman and Tversky's theory of biases and heuristics demonstrated that individuals use cognitive shortcuts that, although efficient, lead to systematic errors. The growing integration of artificial intelligence has transformed how decisions are made. This work analyses how cognitive processes and cognitive traps influence organisational decision-making in contexts marked by increasing use of artificial intelligence systems.
Method: A literature review was conducted based on recent scientific articles (2021–2026) published in high-impact journals and key classical works. The search used the Consensus platform with keywords related to decision-making, bounded rationality and cognitive biases, prioritising first-quartile (Q1) articles. Contributions from Simon (1955), Mintzberg et al. (1976), Tversky and Kahneman (1974), Kahneman (2011), and contemporary studies on the impact of AI on organisational decision-making were used, including Keding and Meissner (2021), Rajagopal et al. (2022), Eberhard (2021), Rodgers et al. (2022) and Alzoubi and Aziz (2021).
Results: The analysis shows that bounded rationality and cognitive shortcuts continue to significantly influence decision-making, leading to systematic biases and errors. Kahneman's (2011) dual-system model — System 1, fast and intuitive, and System 2, slow and analytical — explains how availability, representativeness and anchoring heuristics condition organisational choices. AI systems improve information processing but introduce risks such as algorithmic overreliance, identified by Keding and Meissner (2021), and reduced critical thinking. Rajagopal et al. (2022) demonstrate that AI redefines decision models through data-driven digital platforms.
Discussion: Technology does not eliminate human cognitive limitations and may amplify certain traps. Excessive dependence on decision-support systems reduces independent evaluation and can reinforce existing biases. Rodgers et al. (2022) highlight the ethical challenges of decision automation in human resource management. Alzoubi and Aziz (2021) show that human factors such as emotional intelligence continue to influence strategic decision quality even in highly technological environments. The main gap in the literature lies in the systematic integration of classical models, cognitive processes and technological impacts, which remain frequently treated separately.
Conclusion: Organisational decision-making results from the interaction between human cognitive processes and technological systems. Biases and heuristics continue to condition decision-makers even when supported by AI, making integrated approaches essential. Future research should empirically examine AI's influence on decision processes across different sectors and hierarchical levels, and analyse strategies for reducing cognitive traps in technologically advanced contexts.

Keywords: organisational decision-making; cognitive processes; cognitive biases; artificial intelligence; bounded rationality.

PERCEÇÕES E NARRATIVAS DIGITAIS EM CONTEXTOS DE SALVAGUARDA PATRIMONIAL E EXPERIÊNCIAS TURÍSTICAS

DIGITAL PERCEPTIONS AND NARRATIVES IN THE CONTEXTS OF HERITAGE SAFEGUARDING AND TOURISM EXPERIENCES

[1]Diogo Santos; [2]Eunice Lopes

[1]Instituto Politécnico de Tomar, Portugal; [2]TECHN&ART- Instituto Politécnico de Tomar, CiTUR-IPLeiria, GOVCOPP-Aveiro

[1]aluno23871@ipt.pt; [2]eunicelopes@ipt.pt

Resumo

Introdução: Tomar (Portugal), desde a (re)fundação medieval territorial, atraiu uma multiplicidade de povos, culturas e crenças religiosas, das quais o judaísmo não foi exceção. Não se tratou, porém, de uma episódica presença, mas antes de uma comunidade florescente numa época de maior desenvolvimento local, nacional e internacional, devido ao progresso dos Descobrimentos. A Sinagoga de Tomar: Museu Luso-Hebraico de Abraão Zacuto é um símbolo de resistência a séculos de bárbara perseguição às minorias judaica e cristã-nova. Enquanto ativo patrimonial complexo no tecido identitário de Tomar, é o templo judaico mais antigo da Península Ibérica e, de igual modo, o segundo monumento mais visitado e movimentado, em termos turísticos, do concelho. O objetivo deste estudo incide em analisar como os visitantes percecionam, utilizam e avaliam o Museu Luso-Hebraico de Tomar, através da recolha de comentários numa amostragem manual, distribuídos por dez categorias de avaliação, entre elas: estado de conservação, capacidade de carga, experiência turística, gestão de infraestruturas e impactos sociais.

Método: A metodologia deste estudo baseou-se numa revisão sistemática dos recursos bibliográficos disponíveis ao público, procurando-se evidenciar a temática em questão, através de uma análise crítica. Procedeu-se a uma representação gráfica, por meio da análise dos conteúdos de natureza qualitativa com apoio quantitativo, materializada através da conversão dos comentários recolhidos em dados mensuráveis. Foram analisados, na totalidade, 100 comentários, atribuídos ao Museu Luso-Hebraico, num período de seis anos (de 2021 a 2026) de reviews (Google Reviews) publicados.

Resultados: Os resultados permitem percecionar de forma multidimensional a relevância da Sinagoga
de Tomar, enquanto um atrativo turístico. O estudo revela que os visitantes valorizam o facto de não ser necessário esperar em longas filas para entrar no monumento (92%); quanto à sua organização, em termos de acessos, horários, informações, preços e sinalização, os visitantes apreciam a relevância da exposição e dos conteúdos audiovisuais (32%); e ressaltam a falta de mediação social (14%). A análise destaca a importância de se facilitar o acesso à informação e promover a inclusão.

Discussão: A recolha e análise de comentários permitiram compreender o que os visitantes valorizam no Museu Luso-Hebraico, nomeadamente: o elo de ligação à cultura judaica, o espólio em exposição, o estado de preservação e renovação em contexto urbanístico, a entrada gratuita e a posse da credencial do peregrino. Os visitantes confrontam-se com a simplicidade arquitetónica do espaço museológico, as reduzidas dimensões e a falta de mediação social, fatores críticos que depreciam a elevada expectativa.

Conclusão: Conclui-se que a experiência turística é, em termos gerais, considerada significativa, sendo frequentemente associada a sentimentos de contemplação, interesse e admiração. A imagem turística construída em torno deste ativo patrimonial revela, assim, um recurso distintivo, cuja narrativa é reforçada pela ação dos próprios visitantes enquanto agentes de divulgação informal. A análise permitiu identificar fragilidades que condicionam a experiência, nomeadamente, ao nível da mediação social, da disponibilidade das informações, da sinalização e da dinamização do espaço museológico. A ausência de estratégias interpretativas mais direcionadas para a interação e inclusão denota a necessidade de intervenção, com vista à qualificação da oferta turística.

Palavras-chave: Tomar, Património Luso-Hebraico, Narrativas Digitais, Salvaguarda, Experiência Turística

Abstract

Introduction: Since its medieval territorial (re)foundation, Tomar (Portugal) has attracted a multitude of peoples, cultures, and religious beliefs, of which Judaism was no exception. However, this was not an episodic presence, but rather a flourishing community at a time of greater local, national, and international development, due to the progress of the Discoveries. The Tomar Synagogue: Abraham Zacuto Luso-Hebraic Museum is a symbol of resistance to centuries of barbaric persecution of the Jewish and New Christian minorities. As a complex heritage asset in the identity fabric of Tomar, it is the oldest Jewish Temple in the Iberian Peninsula and, likewise, the second most visited and busiest monument, in terms of tourism, in the municipality. The objective of this study is focused on analyzing how visitors perceive, use, and evaluate the Luso-Hebraic Museum of Tomar, through the collection of comments in a sampling manual, distributed across ten evaluation categories, including: state of conservation, carrying capacity, tourist experience, infrastructure management, and social impacts.

Method: The methodology of this study was based on a systematic review of publicly available bibliographic resources, seeking to highlight the topic in question through critical analysis. A graphical representation was carried out through the analysis of qualitative content with quantitative support, materialized through the conversion of collected comments into measurable data. A total of 100 comments attributed to the Luso-Hebraic Museum were analyzed, over a period of six years (from 2021 to 2026) of published reviews (Google Reviews).

Results: The results allow us to perceive in a multidimensional way the relevance of the Synagogue

of Tomar as a tourist attraction. The study reveals that visitors value the fact that it is not necessary to wait in long lines to enter the monument (92%); regarding its organization, in terms of access, schedules, information, prices, and signage, visitors appreciate the relevance of the exhibition and audiovisual content (32%); and highlight the lack of social mediation (14%). The analysis highlights the importance of facilitating access to information and promoting inclusion.

Discussion: The collection and analysis of comments allowed us to understand what visitors value in the Luso-Hebraic Museum, namely: the link to Jewish culture, the collection on display, the state of preservation and renovation in an urban context, free admission, and possession of the pilgrim's credential. Visitors are confronted with the architectural simplicity of the museum space, its small size, and the lack of social mediation, critical factors that diminish the high expectations.

Conclusion: It is concluded that the tourist experience is, in general, considered significant, often associated with feelings of contemplation, interest, and admiration. The tourist image built around this heritage asset thus reveals a distinctive resource, whose narrative is reinforced by the action of the visitors themselves as agents of informal dissemination. The analysis allowed us to identify weaknesses that condition the experience, namely, at the level of social mediation, the availability of information, signage, and the dynamism of the museum space. The absence of interpretive strategies more geared towards interaction and inclusion denotes the need for intervention, with a view to improving the quality of tourism offerings.

Keywords: Tomar, Luso-Hebraic Heritage, Digital Narratives, Safeguarding, Tourist Experience

QUALIDADE PERCEBIDA DA APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR: MODALIDADES DE ENSINO E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO

PERCEIVED LEARNING QUALITY IN HIGHER EDUCATION: TEACHING MODALITIES AND MANAGEMENT IMPLICATIONS

Sandra Morgadinho[1]; Helga Lopes[2]; Vasco Figueiredo[3]; Domingos Martinho[4]

ISLA Santarém - Instituto Politécnico; ESCAD/IPLUSO; Universidade de Lisboa (FPUL); ISLA Santarém - Instituto Politécnico;

[1]sandra.morgadinho@islasantarem.pt; p40423@ipluso.pt; [2] helga.lopes@ipluso.pt; [3]vfigueiredo.edu@ulisboa.pt; [4]domingos.martinho@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A expansão do ensino online no ensino superior tem intensificado o debate sobre a sua eficácia em comparação com o ensino presencial, particularmente no que respeita à qualidade percebida da aprendizagem, à interação pedagógica e à exigência académica. Embora a investigação sugira que ambas as modalidades possam produzir resultados académicos semelhantes, continua a existir uma compreensão limitada sobre a forma como os estudantes percecionam a qualidade das suas experiências de aprendizagem em diferentes formatos de ensino. Esta questão assume particular relevância no contexto da gestão do ensino superior privado, onde as perceções de qualidade podem influenciar o valor atribuído à formação e o posicionamento institucional.
Método: O estudo adota um desenho quantitativo, transversal e intra-sujeitos, no qual os participantes avaliam ambas as modalidades de ensino, online e presencial. A recolha de dados será realizada através de um questionário estruturado de autorresposta, desenvolvido para este estudo e atualmente em fase de validação das suas escalas. O modelo assenta em variáveis compósitas calculadas separadamente para cada modalidade: aprendizagem percebida, interação pedagógica, exigência académica, facilidade académica percebida e qualidade percebida da aprendizagem. A facilidade académica é entendida como perceção de maior facilidade em obter boas classificações, menor esforço académico e menor exigência percebida, funcionando como variável explicativa e possível mecanismo estatístico entre modalidade de ensino e qualidade percebida da aprendizagem. A amostra prevista inclui 250 estudantes do ensino superior privado com experiência em ensino online e presencial, recrutados por conveniência através de redes institucionais, contactos académicos e divulgação online. A sua dimensão foi determinada com base em análise de poder estatístico (G*Power; $\alpha = .05$, poder $\geq .80$), conferindo adequação às análises multivariadas e à modelação de equações estruturais. A análise incluirá estatísticas descritivas, fiabilidade interna, estrutura fatorial preliminar, testes para amostras emparelhadas, correlações e modelos multivariados, incluindo um modelo de caminhos com teste de efeito indireto por bootstrapping.
Resultados esperados: Espera-se que o ensino presencial apresente valores superiores de interação pedagógica, exigência académica e qualidade percebida da aprendizagem, enquanto o ensino online deverá apresentar valores superiores de facilidade académica percebida. Espera-se ainda que a aprendizagem percebida, a interação pedagógica e a exigência académica se associem positivamente à qualidade percebida, ao passo que a facilidade académica percebida apresente uma associação negativa com essa qualidade.
Discussão esperada: Prevê-se que os resultados clarifiquem que uma modalidade percecionada como mais fácil não é necessariamente avaliada como promotora de aprendizagem mais profunda, exigente ou significativa. Espera-se ainda que a facilidade académica funcione como mecanismo estatístico relevante na relação entre modalidade de ensino e qualidade percebida, permitindo compreender como a perceção de menor exigência pode influenciar a avaliação global da qualidade.
Conclusão esperada: Este estudo procura contribuir para a compreensão da qualidade percebida da aprendizagem no ensino superior, oferecendo um instrumento preliminarmente validado e um modelo explicativo útil para a gestão de instituições de ensino superior. Ao analisar a articulação entre exigência académica, interação pedagógica, facilidade académica e valor percebido da formação, espera-se que os resultados apoiem decisões pedagógicas e estratégicas em contextos competitivos de ensino privado.

Palavras-chave: ensino online, ensino presencial, qualidade percebida da aprendizagem, exigência académica, interação pedagógica, facilidade académica

Abstract

Introduction: The expansion of online learning in higher education has intensified the debate regarding its effectiveness in comparison with face-to-face learning, particularly with respect to perceived learning quality, pedagogical interaction, and academic rigour. Although research suggests that both teaching modalities may produce similar academic outcomes, there remains limited understanding of how students perceive the quality of their learning experiences across different teaching formats. This issue is particularly relevant in the context of private higher education management, where perceptions of quality may influence the value attributed to education and institutional positioning.
Method: The study adopts a quantitative, cross-sectional, within-subjects design, in which participants evaluate both online and face-to-face learning modalities. Data will be collected through a structured self-report questionnaire developed for this study based on the literature and currently undergoing validation of its scales. The model is based on composite variables calculated separately for each modality: perceived learning, pedagogical interaction, academic rigour, perceived academic ease, and perceived learning quality. Perceived academic ease is understood as the perception of greater ease in obtaining good grades, lower academic effort required, and lower perceived academic demand, functioning as an explanatory variable and a possible statistical mechanism between teaching modality and perceived learning quality. The expected sample includes 250 private higher education students with experience in both online and face-to-face learning, recruited through convenience sampling via institutional networks, academic contacts, and online dissemination. Its size was determined based on a statistical power analysis (G*Power; $\alpha = .05$, power $\geq .80$), aiming to ensure adequacy for multivariate analyses and structural equation modelling. Data analysis will include descriptive statistics, internal reliability assessment, preliminary factorial structure analysis of the scales, paired-samples tests, correlation analyses, and multivariate models, including a path analysis model with bootstrapped indirect effects.
Expected results: Face-to-face learning is expected to show higher levels of pedagogical interaction, academic rigour, and perceived learning quality, whereas online learning is expected to show higher levels of perceived academic ease. Perceived learning, pedagogical interaction, and academic rigour are also expected to be positively associated with perceived learning quality, while perceived academic ease is expected to be negatively associated with that quality.
Expected discussion: The findings are expected to clarify that a modality perceived as easier is not necessarily evaluated as promoting deeper, more demanding, or more meaningful learning. Perceived academic ease is also expected to operate as a relevant statistical mechanism in the relationship between teaching modality and perceived learning quality, helping to explain how the perception of lower academic demand may influence the overall evaluation of quality.
Expected conclusion: This study seeks to contribute to the understanding of perceived learning quality in higher education by offering a preliminarily validated instrument and an explanatory model useful for higher education management. By analysing the articulation between academic rigour, pedagogical interaction, academic ease, and the perceived value of education, the expected findings may support pedagogical and strategic decision-making in competitive private education contexts.

Keywords: online learning, face-to-face learning, perceived learning quality, academic rigour, pedagogical interaction, academic ease

SAÚDE MENTAL NA GESTÃO DA MUDANÇA: AS IMPLICAÇÕES PSICOSSOCIAIS NA GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

MENTAL HEALTH IN CHANGE MANAGEMENT: PSYCHOSOCIAL IMPLICATIONS IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Ana Mafalda Mendes; António Dionísio
ISLA Santarém – Instituto Politécnico Santarém
amafalda.amaral@gmail.com; antonio.dionisio@islasantarém.pt

Resumo

Introdução: Este trabalho surge da necessidade de olhar para a Gestão da Mudança não apenas como um processo logístico, mas como um fenómeno com custos humanos profundos. Num cenário de reestruturações constantes e precariedade, o objetivo é analisar como estas transições afetam o equilíbrio psicológico dos colaboradores, o ambiente psicossocial das organizações e que papel deve a Gestão de Recursos Humanos assumir para mitigar riscos como o *burnout* e a ansiedade.
Método: Foi realizada uma revisão crítica de literatura empírica e análise de guias de boas práticas de entidades especializadas (2016-2026), como a Ordem dos Psicólogos Portugueses e a Australian Public Service Commission. Cruzaram-se dados de estudos longitudinais e revisões sistemáticas sobre o impacto da mudança na saúde mental, com especial foco em indicadores de *distress* e absentismo em contextos organizacionais.
Resultados: Os dados confirmam que a exposição repetida a mudanças está ligada à deterioração da saúde mental, especialmente quando o processo é marcado por falta de informação ou perda de controlo. Identificou-se que a insegurança laboral e a sobrecarga são preditores críticos de risco, enquanto o apoio da liderança e recursos como a auto-compaixão surgem como fatores de proteção da saúde mental.
Discussão: Os modelos clássicos de mudança (Lewin, Kotter, ADKAR) apresentam limitações por focarem excessivamente na eficácia estrutural, subvalorizando os custos emocionais e identitários e a "fadiga de mudança". Verificou-se que a resistência à mudança é, muitas vezes, uma resposta de autoproteção perante a incerteza. A implementação de recomendações práticas enfrenta barreiras como a baixa literacia psicológica das chefias e culturas de baixa confiança. Com base na literatura e em guias de boas práticas, o trabalho salienta ainda os desafios de operacionalização de recomendações frequentemente apontadas, como a comunicação transparente ou o envolvimento dos colaboradores, em culturas organizacionais marcadas por baixa confiança e insegurança estrutural.
Conclusão: Este trabalho permitiu constatar que a gestão da mudança deve ser reconhecida como uma experiência profundamente humana, com impactos significativos na saúde psicológica e no bem-estar dos colaboradores. Os resultados demonstram que contextos marcados por incerteza, insegurança e falta de comunicação, sustentam fenómenos de ansiedade, desgaste emocional e fadiga. Assim, reforça-se a necessidade de uma atuação mais ética, empática e preventiva por parte da Gestão de Recursos Humanos e das lideranças, baseada na confiança, no apoio emocional e na valorização das pessoas. A mudança sustentável constrói-se, sobretudo, através da capacidade que as organizações têm em cuidar da dimensão humana nos seus processos de transformação.

Palavras-chave: Gestão da Mudança, Saúde Mental, Riscos Psicossociais, Bem-estar Organizacional, Gestão de Recursos Humanos, Liderança Empática.

Abstract

Introduction: This study arises from the need to view Change Management not merely as a logistical process, but as a phenomenon with profound human costs. In a context of constant restructuring and job insecurity, the objective is to analyze how these transitions affect employees psychological well-

being and the psychosocial environment of organizations, and to examine the role Human Resources Management should play in mitigating risks such as burnout and anxiety.
Method: A critical review of empirical literature was conducted, along with an analysis of best-practice guidelines from specialized bodies such (2016-2026) as the Portuguese Psychologists Association and the Australian Public Service Commission. Data from longitudinal studies and systematic reviews on the impact of change on mental health were cross-referenced, with a particular focus on indicators of distress and absenteeism in organizational contexts.
Results: The data confirm that repeated exposure to change is linked to deteriorating mental health, especially when the process is marked by a lack of information or loss of control. Job insecurity and overload were identified as critical risk predictors, while leadership support and resources such as self-compassion emerged as protective factors for mental health.
Discussion: Classical models of change (Lewin, Kotter, ADKAR) have limitations because they focus excessively on structural effectiveness, underestimating the emotional and identity-related costs as well as "change fatigue." It has been found that resistance to change is often a self-protective response to uncertainty. The implementation of practical recommendations faces barriers such as low psychological literacy among managers and cultures of low trust. Based on the literature and best-practice guidelines, this study also highlights the challenges of operationalizing frequently cited recommendations such as transparent communication or employee engagement in organizational cultures marked by low trust and structural insecurity.
Conclusion: This work allowed us to verify that change management should be recognized as a deeply human experience, with significant impacts on the psychological health and well-being of employees. The results show that contexts marked by uncertainty, insecurity and lack of communication sustain phenomena of anxiety, emotional exhaustion and fatigue. Thus, the need for a more ethical, empathetic and preventive action by Human Resources Management and leaders is reinforced, based on trust, emotional support and valuing people. Sustainable change is built, above all, through the ability of organizations to take care of the human dimension in their transformation processes.

Keywords: Change Management; Mental Health; Psychosocial Risks; Organizational Well being; Human Resource Management; Empathetic Leadership

TOMADA DE DECISÃO FINANCEIRA EM CONTEXTOS DE INCERTEZA ORGANIZACIONAL

FINANCIAL DECISION-MAKING IN CONTEXTS OF ORGANISATIONAL UNCERTAINTY

[1]Martina Monteiro; [2]Isabel Pinto Dos Reis

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]monteiromartina3@gmail.com ; [2]isabel.reis@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A tomada de decisão financeira desempenha um papel central no funcionamento das organizações, influenciando diretamente a sua sustentabilidade, crescimento e competitividade. Num contexto económico caracterizado por elevada volatilidade, as empresas enfrentam desafios significativos na gestão dos seus recursos financeiros. Na prática, as decisões financeiras são frequentemente tomadas em ambientes de incerteza, onde a informação disponível é incompleta ou ambígua. Este trabalho analisa a tomada de decisão financeira em contextos de incerteza organizacional, identificando os fatores que influenciam o processo decisório, as limitações dos modelos tradicionais e o papel da racionalidade limitada, dos fatores comportamentais e dos mecanismos de adaptação organizacional.
Método: Foi realizada uma revisão da literatura recorrendo a contributos teóricos da economia, da teoria organizacional e da economia comportamental. Mobilizaram-se os trabalhos de Knight (1921), que estabeleceu a distinção fundamental entre risco e incerteza, e de Milliken (1987), que propôs uma visão multidimensional da incerteza organizacional. A racionalidade limitada foi abordada através de Simonsen (1994). Os fatores comportamentais foram enquadrados com base em Kahneman (2011) e nos contributos empíricos de Silva e Naldis (2012) e Campello e Kankanhalli (2022). A adaptação organizacional foi analisada com base em March (1991) e Bernardo et al. (2017), que discutem as rotinas organizacionais segundo Cyert e March (1963).
Resultados: A distinção entre risco e incerteza é fundamental para compreender as limitações dos modelos tradicionais. A incerteza limita a aplicação de modelos quantitativos como o VAL ou a TIR e reforça o papel do julgamento humano. Milliken (1987) distingue incerteza de estado, de efeito e de resposta, demonstrando que mesmo em ambientes ricos em dados a incerteza pode permanecer elevada. A racionalidade limitada leva os decisores a procurar soluções satisfatórias em vez de ótimas. Os fatores comportamentais — aversão à perda, excesso de confiança e viés de confirmação — distorcem a perceção de risco. As organizações respondem à incerteza através de rotinas, aprendizagem organizacional e estruturas flexíveis.
Discussão: Os modelos tradicionais revelam-se insuficientes em contextos reais, por assentarem em pressupostos de racionalidade plena e estabilidade dos mercados. A incerteza, as limitações cognitivas e os fatores comportamentais interagem de forma sistémica. March (1991) destaca que a adaptação organizacional depende do equilíbrio entre exploração — experimentação e inovação — e aperfeiçoamento — melhoria de rotinas existentes. Estruturas que promovem descentralização, equipas multidisciplinares e culturas que valorizam a experimentação aumentam a capacidade de resposta em ambientes turbulentos. Contudo, as mesmas rotinas que reduzem a incerteza interna podem limitar a flexibilidade perante mudanças abruptas.
Conclusão: A tomada de decisão financeira em contextos de incerteza é um processo multidimensional, influenciado por fatores ambientais, cognitivos, comportamentais e estruturais. Os modelos tradicionais são insuficientes para explicar o comportamento real dos decisores, sendo necessária uma abordagem integrada que combine análise quantitativa, fatores comportamentais e dinâmicas organizacionais. A principal limitação deste trabalho é a sua natureza exclusivamente teórica. Investigação futura deverá incluir estudos empíricos em contextos reais e explorar o impacto das tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, na tomada de decisão financeira.

Palavras-chave: tomada de decisão financeira; incerteza; racionalidade limitada; adaptação organizacional.

Abstract

Introduction: Financial decision-making plays a central role in organisations, directly influencing their sustainability, growth and competitiveness. In an economic context characterised by high volatility, companies face significant challenges in managing their financial resources. In practice, financial decisions are frequently made in uncertain environments where available information is incomplete or ambiguous. This work analyses financial decision-making in contexts of organisational uncertainty, identifying the main factors influencing the decision process, the limitations of traditional models, and the role of bounded rationality, behavioural factors and organisational adaptation mechanisms.
Method: A literature review was conducted drawing on theoretical contributions from economics, organisational theory and behavioural economics. The works of Knight (1921), who established the fundamental distinction between risk and uncertainty, and Milliken (1987), who proposed a multidimensional view of organisational uncertainty, were used. Bounded rationality was addressed through Simonsen (1994). Behavioural factors were framed using Kahneman (2011) and empirical contributions from Silva and Naldis (2012) and Campello and Kankanhalli (2022). Organisational adaptation was analysed based on March (1991) and Bernardo et al. (2017), who discuss organisational routines following Cyert and March (1963).
Results: The distinction between risk and uncertainty is fundamental for understanding the limitations of traditional models. Uncertainty limits the application of quantitative models such as NPV or IRR and reinforces the role of human judgement. Milliken (1987) distinguishes state, effect and response uncertainty, showing that even in data-rich environments uncertainty may remain high. Bounded rationality leads decision-makers to seek satisfactory rather than optimal solutions. Behavioural factors — loss aversion, overconfidence and confirmation bias — distort risk perception. Organisations respond to uncertainty through routines, organisational learning and flexible structures.
Discussion: Traditional models prove insufficient in real contexts, as they rest on assumptions of full rationality and market stability. Uncertainty, cognitive limitations and behavioural factors interact systemically. March (1991) highlights that adaptation depends on balancing exploration — experimentation and innovation — with exploitation — improving existing routines. Structures promoting decentralisation, multidisciplinary teams and experimentation cultures increase responsiveness in turbulent environments. However, the same routines that reduce internal uncertainty may limit flexibility when facing abrupt changes.
Conclusion: Financial decision-making under uncertainty is a multidimensional process influenced by environmental, cognitive, behavioural and structural factors. Traditional models are insufficient to explain the real behaviour of decision-makers; an integrated approach combining quantitative analysis, behavioural factors and organisational dynamics is needed. The main limitation is the exclusively theoretical nature of the analysis. Future research should include empirical studies in real contexts and explore the impact of emerging technologies, such as artificial intelligence, on financial decision-making under uncertainty.

Keywords: financial decision-making; uncertainty; bounded rationality; organisational adaptation.

Informação e Tecnologia

A RESILIÊNCIA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SEUS INVERNOS

THE RESILIENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS WINTERS

Ricardo Vardasca [1]; Fernando Bento [2]; Marco Tereso [3]; António Pratas [4]

[1,2,3,4]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [1]INEGI, Universidade do Porto; [2]ISTAR-Iscte

[1]ricardo.vardasca; [2]fernando.bento; [3]marco.tereso; [4]antonio.pratas {@islasantarem.pt}

Resumo

Introdução: O conceito de "inverno da Inteligência Artificial" remete para períodos de desilusão e desinvestimento em Inteligência Artificial, motivados por promessas excessivas não sustentadas por resultados práticos equilibrados com os recursos envolvidos. A história da Inteligência Artificial não é uma linha reta de progresso contínuo, trata-se de uma narrativa marcada por ciclos de euforia desmedida seguidos de desilusão profunda. Esta investigação pretende informar as causas dos invernos anteriores e propor formas de evitar um novo inverno.
Método: Este artigo analisa as causas estruturais e imediatas dos invernos anteriores da Inteligência Artificial, descreve as suas principais consequências no plano académico, industrial e político, através de uma revisão de literatura narrativa e discute indicadores de que um novo ciclo de desilusão poderá estar em curso.
Resultados: Neste artigo são apresentados as causas e consequências dos dois invernos da Inteligência Artificial que são complementados com a situação atual e indicação dos riscos de um emergente terceiro inverno.
Discussão: A possibilidade de um terceiro inverno da Inteligência Artificial é emergente e aparenta ter causas semelhantes com os dois primeiros invernos, o que demonstra a importância da história no evitar de percalços futuros.
Conclusão: Desta investigação resulta um conjunto de recomendações orientadas para mitigar o risco de um inverno futuro, enquadradas numa perspetiva de desenvolvimento sustentável da Inteligência Artificial.

Palavras-chave: inteligência artificial, inverno da Inteligência Artificial*, resiliência, responsabilidade tecnológica.*

Abstract

Introduction: The concept of an "Artificial Intelligence winter" refers to periods of disillusionment and disinvestment in Artificial Intelligence, driven by excessive promises not supported by practical results balanced with the resources involved. The history of Artificial Intelligence is not a straight line of continuous progress; it is a narrative marked by cycles of unbridled euphoria followed by profound disillusionment. This research aims to disclose the causes of previous winters and propose ways to avoid an emerging one.
Method: This article analyzes the structural and immediate causes of previous Artificial Intelligence winters, describes their main consequences in the academic, industrial, and political spheres through a narrative literature review, and discusses indicators that a new cycle of disillusionment may be underway.
Results: The causes and consequences of the two Artificial Intelligence winters are outlined, complemented by an overview of the current situation and indications of the risks of an emerging third winter.
Discussion: The possibility of a third Artificial Intelligence winter is emerging and appears to have similar causes to the first two winters, demonstrating the importance of history in preventing future setbacks.
Conclusion: This research results in a set of recommendations aimed at mitigating the risk of a future winter, framed within a perspective of sustainable Artificial Intelligence development.

Keywords: Artificial intelligence, Artificial Intelligence winter, resilience, technological responsibility.

O termo inteligência artificial (IA) surgiu em 1956 numa conferência no Dartmouth College in Massachusetts, Estados Unidos. O mesmo refere-se a um conjunto de técnicas e métodos capazes de dotar máquinas de atitudes e pensamentos racionais (Minsky & Papert, 1969; Russell & Norvig, 2021).

A designação de "inverno da IA" entrou na literatura das ciências informáticas e de estudos tecnológicos para designar fases em que o entusiasmo, o investimento e o ritmo de progresso na IA abrandam abruptamente após períodos de grande expectativa (Russell & Norvig, 2021; O'Neil, 2016). Historicamente, estes ciclos coincidiram com momentos em que promessas de sistemas capazes de raciocínio geral ou serviços altamente automatizados se revelaram desajustadas à capacidade técnica e às condições económicas da época (Boden, 2016; Marcus, 2018).

O "inverno da IA" não designa um único episódio, mas antes um padrão cíclico recorrente. A primeira fase geralmente associa-se às décadas de 1950-1970, quando avanços iniciais em prova automática de teoremas, resolução de problemas e sistemas especialistas geraram expectativas de que máquinas capazes de pensamento humano estavam a poucos anos de distância (Boden, 2016; Hofstadter, 1979).

Quando tais promessas não se materializaram em aplicações robustas e generalizáveis, sucedeu-se uma fase de desilusão, com redução de financiamento governamentais, cortes em programas de investigação e crescente desconfiança perante projetos de IA (O'Neil, 2016; Marcus, 2018). O inverno mais recente ocorreu nas décadas 1980-1990, ligado ao fracasso de certos modelos de sistemas especialistas e à incapacidade de transpor resultados de laboratório para o mundo real (Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021).

Um inverno da IA é um período prolongado de redução significativa para além do financiamento, no interesse e no otimismo em relação à investigação em IA. O termo é uma analogia deliberada ao conceito de uma catástrofe que se segue a uma explosão de atividade. Estes períodos não significam que toda a investigação tenha parado, mas sim que o campo entrou num estado de marginalização, onde os investigadores enfrentaram dificuldades em obter recursos, publicar trabalhos e atrair talento. Historicamente, os invernos da IA foram precedidos por fases de *hype* excessivo (promessas grandiosas que não puderam ser cumpridas com a tecnologia disponível) seguidas de uma correção significativa por parte de financiadores, governos e da opinião pública (Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021).

O objetivo deste artigo é descrever as causas dos anteriores invernos da IA, sintetizar as suas consequências para o ecossistema científico e industrial e discutir, com base em tendências recentes, se o campo se aproxima de um novo período de desilusão. Propõe-se, por fim, um conjunto de medidas preventivas que podem ser adotadas por investigadores, empresas e decisores públicos para evitar que o padrão histórico se repita. O tema de resiliência provém do facto da evolução IA e os seus desenvolvimentos nunca terem cedido às contrariedades causadas pelos invernos. Esta publicação foi elaborada seguindo uma revisão de literatura narrativa tendo por base as causas e consequências dos dois primeiros invernos da IA e a identificação de perigos e formas de mitigar um eventual terceiro inverno da IA, para tal foram usados estes termos no motor de procura da ScienceDirect da biblioteca SCOPUS e apenas foram admitidas obras relacionadas com o objetivo desta investigação sem restrição temporal.

O PRIMEIRO INVERNO DA IA (1974-1980)

Os invernos da IA resultam de uma combinação de fatores técnicos, sociais, económicos e comunicacionais. Com o surgimento do termo IA na conferência em 1956 no Dartmouth College foi declarado com otimismo inabalável, que praticamente todos os aspetos da

inteligência humana poderiam ser simulados por máquinas, sendo as décadas seguintes marcadas por um entusiasmo contagiante (Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021).

As causas

Do entusiasmo existente, surgiram promessas exageradas, por exemplo Herbert Simon previu, em 1965, que "dentro de vinte anos, as máquinas serão capazes de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer." (Simon, 1965, p. 96). Marvin Minsky afirmou, em 1967, que o problema da IA estaria "substancialmente resolvido dentro de uma geração." (Minsky, 1969, p.317).

Também surgiram programas impressionantes, mas com sérias limitações, como o sistema ELIZA, um chatbot rudimentar (Weizenbaum, 1966), o General Problem Solver e o programa de xadrez de Arthur Samuel que fascinaram o público, mas funcionavam apenas em domínios extremamente restritos (Crevier, 1993).

Outro fator considerável foi a existência de financiamento generoso e pouco escrutinado por parte de governos, particularmente o dos Estados Unidos através da *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA, então *Advanced Research Projects Agency* - ARPA), investiram somas consideráveis sem exigir resultados aplicáveis a curto prazo (Crevier, 1993).

O problema fundamental era que estes sistemas primitivos enfrentavam barreiras que os seus criadores subestimaram drasticamente (Crevier, 1993; Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021):

- O problema de combinação explosiva, em que muitos algoritmos da época funcionavam por procura exaustiva. À medida que os problemas aumentavam de escala, o tempo de computação crescia exponencialmente, tornando-os impraticáveis.
- A incapacidade de lidar com o "mundo real", os sistemas funcionavam em "mundos simulados" (como o célebre blocks world de Winograd), mas fracassavam perante a ambiguidade, a complexidade e o ruído do mundo real.
- Limitações de hardware, sendo que os computadores da época simplesmente não tinham capacidade de processamento nem memória suficientes para suportar os algoritmos necessários.
- A falta de dados, não existiam grandes conjuntos de dados para treinar sistemas de aprendizagem, o que limitava a sua aplicação prática.

Marvin Minsky, um dos criadores do termo IA deu a conhecer as limitações do perceptrão, uma rede neuronal simples que simulava o funcionamento de um neurónio humano, que não conseguia resolver problemas não lineares como a operação lógica de disjunção exclusiva (XOR), mesmo com o treino e ajuste de pesos que eram multiplicados pelas entradas (Minsky & Papert, 1969).

O golpe decisivo veio com o Relatório Lighthill (1973), encomendado pelo governo britânico, foi devastador na sua avaliação: concluiu que a IA tinha falhado, por não cumprir com as suas promessas grandiosas e que grande parte da investigação não tinha produzido os resultados esperados. Lighthill criticou especialmente a investigação em robótica e compreensão de linguagem natural (Lighthill, 1973).

As consequências

Como consequências do primeiro inverno da IA surgiram os seguintes acontecimentos (Crevier, 1993; Boden, 2016):

- O governo britânico cortou quase todo o financiamento para investigação em IA, com exceção de duas universidades (Edimburgo e Essex, e posteriormente apenas Essex).
- A DARPA reduziu drasticamente o seu financiamento para projetos de IA nos Estados Unidos.
- Muitos investigadores abandonaram o campo ou reclassificaram o seu trabalho sob outros rótulos para evitar o estigma associado à IA.
- O otimismo deu lugar ao ceticismo generalizado e a IA tornou-se quase sinónimo de "promessas não cumpridas."

O SEGUNDO INVERNO DA IA (1987-1993)

Após o primeiro inverno, a IA ressurgiu nos anos 1980 impulsionada por uma nova abordagem: os sistemas especialistas (*expert systems*). Estes eram programas que codificavam o conhecimento de especialistas humanos em regras lógicas ("se... então...") para resolver problemas em domínios específicos. Exemplos notáveis incluem (Crevier, 1993; Boden, 2016):

- MYCIN: diagnosticava infeções bacterianas no sangue.
- XCON/R1: configurava encomendas de computadores para a Digital Equipment Corporation (DEC), poupando à empresa milhões de dólares por ano.
- DENDRAL: ajudava a identificar estruturas moleculares.

O sucesso destes sistemas gerou uma nova onda de entusiasmo e investimento. O projeto japonês de Quinta Geração (1982) prometia construir computadores revolucionários baseados em programação lógica e IA, com um investimento de 850 milhões de dólares. Governos europeus e americanos responderam com os seus próprios programas (como o Alvey Programme no Reino Unido e a MCC nos EUA). Nasceu uma indústria de hardware especializado, nomeadamente as máquinas Lisp, computadores dedicados a executar programas na linguagem de programação Lisp, a língua franca da IA na época. Empresas de todo o mundo investiram em sistemas especialistas, e o mercado global de IA cresceu de alguns milhões para milhares de milhões de dólares (Crevier, 1993; Boden, 2016).

As causas

No entanto, os sistemas especialistas apresentavam fragilidades estruturais profundas (Crevier, 1993; Boden, 2016):

- Fragilidade, funcionavam bem dentro dos limites das suas regras, mas falhavam catastroficamente quando confrontados com situações não previstas. Não tinham qualquer capacidade de adaptação ou aprendizagem.
- Custo de manutenção, à medida que o domínio do conhecimento evoluía, as regras tinham de ser atualizadas manualmente, um processo dispendioso e moroso. Algumas bases de conhecimento tornaram-se tão complexas que eram quase impossíveis de manter.
- O "gargalo da aquisição de conhecimento", extrair conhecimento de especialistas humanos e codificá-lo em regras formais revelou-se extraordinariamente difícil e demorado.
- Incapacidade de escalar, estes sistemas funcionavam em domínios estreitos e não podiam ser facilmente generalizados para outros contextos.

O colapso do mercado das máquinas Lisp, provocado pelo aparecimento de computadores pessoais cada vez mais poderosos e baratos (que tornaram o hardware especializado

obsoleto), foi um dos catalisadores do segundo inverno. O projeto japonês de Quinta Geração terminou em 1992 sem atingir os seus objetivos ambiciosos. As empresas que tinham investido em sistemas especialistas começaram a abandoná-los, desiludidas com os custos de manutenção e as limitações práticas (Crevier, 1993; Boden, 2016).

As consequências

Como consequências do segundo inverno da IA surgiram os seguintes acontecimentos (Crevier, 1993; Boden, 2016):

- A indústria de IA colapsou, empresas faliram, empregos desapareceram e o mercado contraiu-se drasticamente.
- O termo "Inteligência Artificial" tornou-se novamente tóxico, investigadores e empresas passaram a utilizar termos alternativos como "sistemas inteligentes", "aprendizagem automática", "análise avançada" para evitar uma associação negativa.
- O financiamento governamental e privado foi reduzido significativamente.
- Mais uma vez, muitos investigadores talentosos viram-se obrigados a abandonar o campo.

DISCUSSÃO SOBRE OS INVERNOS

Os "invernos da IA" resultam da combinação de fatores técnicos, sociais, económicos e comunicacionais. Em primeiro lugar, o excesso de promessa e a expectativa inflacionada surgem quando a comunicação pública e empresarial enfatiza capacidades futuras, por vezes a prazos muito longos, apesar de a tecnologia disponível ser limitada e depender de condições específicas; quando demonstrações de laboratório são interpretadas como prontidão para o mercado, a discrepância entre promessa e realidade alimenta desilusão (Marcus, 2018; O'Neil, 2016).

Em segundo lugar, as limitações técnicas e de recursos, sobretudo até à década de 2010, restringiam a aplicabilidade de muitos modelos devido a insuficiências de computação, armazenamento, disponibilidade de dados e a complexidade algorítmica, além de dificuldades como a explosão combinatória, a gestão de incerteza e a dependência de "conhecimento em mão", o que limitava a escalabilidade e a robustez (Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021).

Em terceiro lugar, a falta de transferência para o mundo real é evidente quando sistemas com bom desempenho em cenários controlados falham perante ruído, ambiguidade, variações contextuais e erros de implementação; adicionalmente, a integração com infraestruturas existentes, a manutenção dos modelos e a necessidade de atualização constante de conhecimento enfraqueciam a credibilidade dos projetos (O'Neil, 2016; Russell & Norvig, 2020).

Por fim, modelos de negócio frágeis e a dependência de financiamento também contribuíram: muitas empresas e laboratórios baseavam-se em financiamento por projetos ou subvenções que cessaram quando o impacto económico não se confirmou, e a ausência de iniciativas ancoradas em receitas sustentáveis ou em ganhos de eficiência mensuráveis favoreceu o colapso após a fase inicial de euforia (Boden, 2016; Marcus, 2018).

As consequências desses invernos foram amplas e duradouras: no plano académico, os cortes de financiamento levaram ao encerramento de laboratórios, à redução de vagas de doutoramento e ao desencorajamento de jovens investigadores para carreiras ligadas à IA, restringindo a acumulação de conhecimento e a transmissão de competências

especializadas e atrasando o amadurecimento de certas linhas de investigação (Boden, 2016; O'Neil, 2016); no plano industrial e económico, muitas organizações que investiram em sistemas especialistas ou em IA proprietária enfrentaram custos elevados de manutenção e baixa retalhação de retorno, e a falência ou reestruturação de alguns atores reduziu tanto a oferta de tecnologia como a confiança do mercado em soluções rotuladas como "inteligentes" (Boden, 2016; Russell & Norvig, 2020); no plano político e de política de ciência, a perda de confiança intensificou períodos de maior ceticismo perante propostas de financiamento de IA em programas nacionais e internacionais, consolidando a perceção de que a IA seria uma "moda" e dificultando a formulação de estratégias de longo prazo para a integração da tecnologia em setores estratégicos (O'Neil, 2016; Marcus, 2018).

A EVOLUÇÃO APÓS O SEGUNDO INVERNO DA IA

Apesar dos invernos, a investigação em IA nunca parou completamente. Durante os anos 1990 e 2000, avanços incrementais, mas fundamentais foram sendo construídos, muitas vezes longe de grande destaque na comunidade científica, tais como:

- A ascensão da aprendizagem automática (*machine learning)* e, em particular, dos métodos estatísticos substituiu gradualmente a abordagem baseada em regras. Técnicas como as *Support Vector Machines* (SVM), *random forests* e os métodos bayesianos ganharam terreno (Crawford, 2021).
- A Internet gerou quantidades massivas de dados, resolvendo parcialmente o problema da escassez de dados (Boden, 2016).
- O aumento do poder computacional (seguindo a Lei de Moore) tornou viáveis algoritmos que antes eram computacionalmente impraticáveis (Boden, 2016).
- Vitórias simbólicas, como a derrota de Garry Kasparov pelo Deep Blue da IBM em 1997, e a vitória do Watson no programa Jeopardy! em 2011, mantiveram a IA no imaginário público (Boden, 2016).

Um grande momento de viragem ocorreu em 2012, quando a rede neuronal AlexNet, venceu a competição ImageNet com uma margem de erro significativamente inferior à dos métodos anteriores. Este resultado demonstrou o poder das redes neuronais profundas (*deep learning*), uma técnica que existia há décadas, mas que só então se tornou viável graças à convergência de três fatores (Marcus, 2018):

- Grandes volumes e variedade de dados (Big Data).
- Poder computacional massivo (GPUs).
- Avanços algorítmicos (novas arquiteturas de redes, técnicas de treino melhoradas).

A partir daí, o progresso foi vertiginoso: reconhecimento de imagem, tradução automática, condução autónoma, diagnóstico médico, jogos (AlphaGo, AlphaFold), e, mais recentemente, com os Transformers e os *Large Language Models* (LLMs) como o chatGPT, Claude, Gemini, e os modelos de geração de imagens como o DALL-E e o Midjourney (Marcus, 2022).

O investimento atingiu níveis nunca anteriormente vistos (Bubeck et al., 2023; Epoch AI, 2024):

- Em 2023, o investimento global em IA ultrapassou os 150 mil milhões de dólares.
- Empresas como a Microsoft, Google, Meta e Amazon investiram dezenas de milhares de milhões em infraestrutura de IA.
- Startups de IA atraíram financiamento recorde.
- Governos de todo o mundo lançaram estratégias nacionais de IA.

O ESTADO ATUAL E O PERIGO DE UM NOVO INVERNO

Apesar do crescimento recente impulsionado pela aprendizagem profunda, pela disponibilidade de grandes conjuntos de dados e por infraestruturas de computação avançada, alguns autores alertam para sinais de risco de um novo inverno (Amodei et al., 2016; Bostrom, 2016).

Indicadores apontados incluem:

- Expectativas desajustadas em torno de modelos de linguagem generalistas e de IA generativa, sem modelos de negócio claros nem valoração robusta do impacto real.
- Custo crescente de computação e energia associado ao treino de modelos massivos, com retornos económicos ambíguos.
- Dificuldade em demonstrar benefícios consistentes em setores como saúde, educação e administração pública, onde o risco de falha é elevado e o impacto social é complexo de medir (Bostrom, 2014; Russell & Norvig, 2021).

Na tabela 1 são apresentados múltiplos indicadores que sugerem um risco elevado de aproximação de um novo inverno, entre os quais destacam-se os custos de treino, o consumo energético e o aparecimento de regulação.

Tabela 1. Indicadores de risco do estado atual para um novo inverno.

Indicador	Evidência atual	Nível de risco
Hype mediático	Antropomorfização constante dos LLMs	Alto
Custos de treino	> 500M USD por modelo	Muito alto
Consumo energético	Equivalente a pequenas cidades	Muito alto
Alucinações	Persistem em 30-40% das respostas críticas	Alto
Regulação	The EU AI Act	Muito alto
Rentabilidade	Muitas startups operam com prejuízos	Alto

Elaboração própria com base em Stanford (2024), Marcus (2022) e Floridi & Chiriatti (2020).

Contudo, outros especialistas sublinham que a presença de IA em produtos quotidianos, a integração em cadeias de valor e a existência de ecossistemas industriais consolidados tornam menos provável um colapso abrupto similar ao dos anos 1970 ou 1980 (Borenstein & Howard, 2021; McAfee & Brynjolfsson, 2017).

Existem sinais preocupantes que ecoam os padrões do passado, mas também diferenças fundamentais que podem tornar o atual ciclo diferente. Atualmente identificam-se os seguintes sinais de alerta:

- *Hype* excessivo e expectativas irrealistas: as promessas superam a realidade. A IA generativa é apresentada como uma tecnologia transformadora em quase todos os setores, mas muitas implementações práticas continuam a ser experimentais, inconsistentes ou de valor questionável. Termos como Inteligência Artificial Geral (AGI) são usados com crescente leveza, apesar do seu âmbito ainda ser considerado potencialmente distante de a atingir (Floridi & Chiriatti, 2020; Floridi, 2023).

- Retornos decrescentes no desempenho dos modelos: existem indícios de que os ganhos de desempenho dos grandes modelos de linguagem estão a abrandar. Cada nova geração de modelos exige significativamente mais dados e poder computacional para melhorias marginais, um fenómeno conhecido como *scaling laws* que pode estar a atingir os seus limites. Alguns investigadores questionam se a abordagem atual de simplesmente "escalar" modelos pode levar à AGI ou mesmo a melhorias substanciais contínuas (Epoch AI, 2024).
- Custos insustentáveis: o treino e a operação de grandes modelos de IA são extremamente dispendiosos. O treino de um único modelo de fronteira pode custar centenas de milhões de dólares. Muitas empresas de IA operam com prejuízos significativos. Se os retornos comerciais não justificarem estes investimentos, os financiadores podem retirar-se (The Information, 2023; Stanford, 2024).
- Problemas técnicos não resolvidos: os grandes modelos de linguagem sofrem de "alucinações" (geram informação falsa com aparente confiança), têm dificuldades com raciocínio lógico robusto, carecem de compreensão real do mundo e levantam sérias questões de fiabilidade. Estes problemas podem minar a confiança dos utilizadores e das empresas (Ji et al., 2023).
- Preocupações regulatórias e éticas: a regulamentação crescente (como o the AI Act da União Europeia), as preocupações com privacidade, o enviesamento algorítmico, a desinformação e impacto no emprego podem desacelerar a adoção e o investimento (Almada, 2025).
- A "bolha" de investimento: existe um paralelismo inquietante com a bolha das *dotcom* dos anos 2000. Muitas empresas estão a adicionar "IA" aos seus produtos e marketing sem substância tecnológica real. Quando os investidores começarem a exigir retornos concretos, muitas destas empresas podem não sobreviver (Stanford, 2024; Floridi, 2023).

Na tabela 2 são apresentados indicadores como número de parâmetros, custo de treino, o ganho acrescentado, a relação entre custo e ganho e o consumo energético dos principais LLMs, onde se pode verificar que os custos de treino e o consumo energético cresceram significativamente enquanto que os ganhos são limitados.

Tabela 2. Indicadores de custo e rendimento de modelos LLMs.

Modelo	Ano	Parâmetros	Custo de treino	Ganho vs. anterior	Custo/Ganho	Consumo energético (MWh)
BERT	2018	340M	~7K USD	Baseline	Baseline	~20
GPT-3	2020	175B	~5M USD	Baseline	Baseline	~1300
GPT-4	2023	~1.7T	~100M USD	+8% a 12% de capacidade	5x custo	~50K
GPT-5	2025	~10T	~500M a 1B USD	+5% de capacidade	10x custo	200K

Elaboração própria com base em Stanford AI Index (2024) e Crawford (2021).

A tabela 3 apresenta um comparativo por dimensão entre os dois invernos da IA e o risco atual de um novo inverno, dos quais se destaca os rendimentos decrescentes, custos exponenciais, a existência de hardware especializado, nomeadamente GPUs, e o mercado a ser corrigido através de regulação.

Tabela 3. Anatomia Comparativa dos Ciclos de IA tendo em conta o estado atual.

Dimensão	Primeiro inverno (1974-1980)	Segundo inverno (1987-1993)	Risco atual
Paradigma dominante	IA simbólica / Perceptrões	Sistemas especialistas	Deep learning / LLMs
Promessa central	"IA geral em 20 anos"	"Conhecimento especializado codificado"	"AGI em alguns anos"
Investimento pico	~100M USD/ano (ajustado)	~2B USD/ano (ajustado)	~200B USD/ano
Fonte de financiamento	80% governamental	50% público / 50% privado	85% privado
Limitação fundamental	Impossibilidade matemática (XOR)	Inescalabilidade prática	Rendimentos decrescentes e custos exponenciais
Tecnologia "vitima"	Perceptrões	Máquinas Lisp	GPUs especializadas
Catalisador do colapso	Relatório Lighthill	Colapso Lisp e de sistemas de 5ª geração	Correção do mercado e Regulação
Duração	6-7 anos	5-6 anos	-

Elaboração própria com base em Stanford (2024), Marcus (2022) e Floridi & Chiriatti (2020).

A tabela 4 apresenta a disponibilidade de dados para treinar LLMs, tendo em conta a fonte de dados, o volume disponível, a percentagem já utilizada e a previsão de esgotamento, nomeadamente de dados de alta qualidade.

Tabela 4. Disponibilidade de dados de treino de alta qualidade considerando o estado atual.

Fonte de dados	Volume disponível	% já utilizada	Previsão de esgotamento
Texto web (alta qualidade)	~5 Petabytes	~90%	2027
Livros (dominio público)	~2 Petabytes	~95%	2027
Artigos científicos	~1 Petabyte	~80%	2027
Código (GitHub, etc.)	~0,5 Petabytes	~85%	2027
Texto Web (média/Baixa qualidade)	~50 Petabytes	~40%	2030
Total (alta qualidade)	**~8,5 Petabytes**	**~87%**	**2027**

Elaboração própria com base em Epoch AI (2024).

ESTRATÉGIAS EFICAZES PARA MITIGAR UM NOVO INVERNO DA IA

Para reduzir a probabilidade de um novo ciclo de desilusão e sustentar um progresso mais robusto da IA, propõem-se as seguintes abordagens, que podem ser adotadas por diferentes atores:

- Gerir expectativas com honestidade e reforçar literacia: investigadores, empresas e media devem comunicar de forma transparente limites, suposições e condições de validade das tecnologias. Linguagem precisa e evitamento de expressões como "máquina pensante" ou "inteligência completa" ajudam a calibrar expectativas e a reduzir o hype irresponsável (Marcus, 2018; O'Neil, 2016).
- Focar valor real e aplicações concretas: em vez de revoluções generalistas e demonstrações espetaculares, devem privilegiar-se casos de uso em que a IA amplifique competências existentes, melhore desempenho operacional ou reduza custos de forma mensurável. A integração já observada em produtos e serviços de larga escala (busca, redes sociais, recomendação, tradução e assistentes virtuais) contribui para tornar um colapso total menos provável (Marcus, 2022; Borenstein & Howard, 2021; Brynjolfsson & McAfee, 2017).
- Desenvolver métricas realistas de progresso: os benchmarks e métricas atuais podem ser enganadores; é necessário adotar métricas mais robustas para avaliar desempenho em contextos reais e identificar falhas em situações triviais para humanos, de modo a alinhar objetivos de investigação e expectativas públicas.
- Assegurar ecossistema e financiamento estável: o campo beneficia de uma infraestrutura mais madura (bibliotecas open-source, cloud computing, datasets e comunidades globais de investigação). Além disso, é essencial manter financiamento estável e diversificar linhas de investigação, evitando cortes abruptos após ciclos de hype. A participação do setor privado e o apoio a incentivos comerciais também podem sustentar continuidade, desde que combinados com objetivos de interesse público (Floridi et al., 2018; Epoch AI, 2024; Stanford, 2024; Boden, 2016; Russell & Norvig, 2021).
- Diversificar abordagens técnicas e manter opções quando limites surgem: a dependência excessiva de uma única direção (por exemplo, LLMs) é arriscada; devem ser promovidos paradigmas alternativos como IA neurossimbólica, aprendizagem por reforço, modelos multimodais e computação neuromórfica, garantindo resiliência caso uma abordagem atinja limites (Floridi & Chiriatti, 2020). A diversificação reduz a dependência de paradigmas que possam revelar-se insuficientes.
- Fortalecer governança, responsabilidade e segurança: normas de interpretação, explicabilidade e auditoria de sistemas de IA contribuem para construir confiança e mitigar riscos de mau uso. A formação em ética, privacidade e responsabilidade tecnológica é crucial para assegurar que a evolução do campo ocorre com responsabilidade social (Floridi et al., 2018; Jobin et al., 2019).
- Construir pontes interdisciplinares: a IA deve dialogar com neurociência, psicologia, filosofia, linguística, economia e sociologia para evitar ângulos mortos e acelerar soluções com base em evidência, evitando uma visão demasiado insular (Roman & Bertolotti, 2025).
- Investir em sustentabilidade ambiental e económica: tornar modelos mais eficientes é indispensável para a continuidade. A tendência "quanto maior, melhor" é insustentável tanto do ponto de vista ambiental (consumo energético) como económico; por isso, devem ser priorizadas técnicas como compressão, modelos menores e hardware especializado (Roman & Bertolotti, 2025).

Na tabela 5 são apresentados os riscos mais prováveis para um terceiro inverno, a sua probabilidade, severidade e solução provável, dos quais se destacam os esgotamento de dados de qualidade para treino e o aparecimento de alucinações intratáveis.

Tabela 5. Matriz de riscos de terceiro inverno e prováveis soluções.

Risco	Probabilidade	Severidade	Solução provável
Limite de desempenho dos LLMs	70%	Alta	Modelos eficientes e neurosimbólica
Esgotamento de dados	85%	Muito alta	Dados sintéticos e multimodais
Insustentabilidade económica	60%	Alta	Consolidação de mercado
Colapso de Hardware (GPUs)	35%	Média	Computação neuromórfica
Regulação excessiva	50%	Média	Lobbying e autorregulação
Alucinações intratáveis	40%	Muito alta	RAG, verificação e modelos híbridos
Falha na AGI	90%	Baixa-média	Redefinir expetativas

Elaboração própria com base em Stanford (2024) e Crawford (2021).

Na tabela 6 são apresentadas as principais estratégias com os atores principais e prazo sugerido, dos quais se destacam a gestão de expetativas e a continuidade do financiamento público.

Tabela 6. Estratégias de mitigação e atores responsáveis.

Estratégia	Atores principais	Prazo sugerido
Gestão de expectativas	Académicos e media	Imediato
Diversificação técnica	Universidades e fundações	2026-2027
Sustentabilidade energética	Empresas e governos	2026-2030
Governança ética	UE, Estados Unidos e Empresas	2026-2027
Financiamento público fundamental	Governos e Organizações Internacionais	Contínuo

Elaboração própria com base em Stanford (2024) e Crawford (2021).

CONCLUSÃO

Os invernos da IA não foram meros acasos históricos, mas o resultado de um desajuste entre promessas tecnológicas, condições reais de implementação e horizontes de investimento. A história mostra que épocas de entusiasmo necessitam de contrapesos de realismo, transparência e disciplina empírica.

Constituem um lembrete humilde de que o progresso tecnológico não é inevitável nem linear. São o resultado previsível de um ciclo humano: que se inicia com entusiasmo excessivo, seguido por promessas irrealistas, podendo resultar em desilusão e levar a uma retração.

Embora não seja inevitável, a aproximação de um novo inverno é uma possibilidade real que a comunidade não pode ignorar, no entanto, ao contrário dos invernos passados, que foram vividos como fracassos catastróficos, um potencial novo inverno poderia ser gerido como um "outono" necessário – um período de consolidação, reflexão e reorientação.

Hoje, a IA está mais integrada na sociedade, mais financiada e mais capaz do que em qualquer outro momento da sua história. Mas os ecos do passado são audíveis. As promessas grandiosas, os investimentos especulativos, os problemas técnicos não resolvidos e as expectativas inflacionadas são sinais que qualquer estudante da história da IA reconheceria.

Evitar um novo inverno não é apenas uma questão técnica, é uma questão de maturidade coletiva. Exige honestidade sobre o que sabemos e o que não sabemos, prudência nos investimentos, diversidade nas abordagens e responsabilidade na comunicação. Se conseguirmos aprender com os erros do passado, o futuro da IA pode ser menos uma montanha-russa de euforias e desilusões e mais uma trajetória de progresso sustentável e significativo.

À luz das tendências atuais, é possível que o setor se aproxime de um ajustamento de expectativas, mas não necessariamente de um novo inverno profundo. A adoção de estratégias baseadas em valor real, diversificação tecnológica e governança responsável pode permitir que a IA continue a evoluir de forma sustentada, sem repetir o padrão cíclico de euforia e desilusão que marcou o seu passado.

A IA generativa vai representar simultaneamente uma das maiores promessas e um dos maiores desafios éticos da nossa era. O seu impacto transcende questões técnicas, tocando dimensões fundamentais da condição humana: a verdade, a criatividade, a justiça e a autonomia. Se não forem endereçados com seriedade e urgência, os riscos de enviesamentos amplificados, erosão da privacidade, desinformação em escala e concentração de poder, podem comprometer os benefícios potenciais da tecnologia.

Contudo, uma abordagem reflexiva e responsável, ancorada em transparência, responsabilidade e inclusão, permitirá vislumbrar um caminho onde a IA generativa sirva o bem comum em vez de o subverter. O verdadeiro teste ético não reside na capacidade técnica de gerar conteúdo, mas na sabedoria coletiva para o orientar. Apenas através de um compromisso sustentado com valores humanos fundamentais poderemos assegurar que esta poderosa ferramenta contribua para uma sociedade mais justa, informada e criativa.

Evitar um colapso profundo exige uma ação concertada: gestão responsável de expetativas, diversificação de financiamento, desenvolvimento de sistemas robustos e verificáveis, e políticas públicas inteligentes. O verdadeiro desafio não é, portanto, impedir qualquer abrandamento, mas sim assegurar que a atual primavera da IA dê lugar a um verão sustentável, e não a um inverno gelado que congele o progresso por mais uma década.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almada, M. (2025). The EU AI Act in a global perspective. Handbook on the Global Governance of AI (Furendal & Lundgren, eds, Edward Elgar 2025 forthcoming).

Amodei, D., Olah, C., Steinhardt, J., Christiano, P., Schulman, J., & Mané, D. (2016). Concrete problems in AI safety. arXiv preprint arXiv:1606.06565.

Boden, M. A. (2016). AI: Its nature and future. Oxford University Press.

Borenstein, J., & Howard, A. (2021). Emerging challenges in AI and the need for AI ethics education. AI and Ethics, 1(1), 61-65.

Bostrom, N. (2016). The control problem. Excerpts from superintelligence: Paths, dangers, strategies. Science Fiction and Philosophy: From Time Travel to Superintelligence, 308-330.

Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y. T., Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, M. T., & Zhang, Y. (2023). Sparks of artificial general intelligence: Early experiments with GPT-4. arXiv preprint arXiv:2303.12712.

Crawford, K. (2021). Atlas of AI. Yale University Press.

Crevier, D. (1993). AI: The tumultuous history of the search for artificial intelligence. Basic Books.

Epoch AI. (2024). Will we run out of data? Limits of LLM scaling based on human-generated data.

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and machines, 28(4), 689-707.

Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. Minds and Machines, 30(4), 681–694.

Floridi, L. (2023). The ethics of artificial intelligence: Principles, challenges, and opportunities. Oxford University Press.

Hofstadter, D. R. (1999). Gödel, Escher, Bach: an eternal golden braid. Basic books.

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. ACM Computing Surveys, 55(12), 1–38.

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. Nature machine intelligence, 1(9), 389-399.

Lighthill, J. (1973). Artificial intelligence: A general survey. In Artificial Intelligence: A Paper Symposium. Science Research Council.

Marcus, G. (2018). Deep learning: A critical appraisal. arXiv preprint arXiv:1801.00631.

Marcus, G. (2022). Rebooting AI. Vintage Books.

McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2017). Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future. WW Norton & Company.

Minsky, M. L. (1967). Computation: Finite and Infinite Machines. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Minsky, M., & Papert, S. (1969). Perceptrons. MIT Press.

O'neil, C. (2017). Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy. Crown.

Roman, S., & Bertolotti, F. (2025). Toward a new AI winter? How diffusion of technological innovation on networks leads to chaotic boom-bust cycles. Frontiers in Artificial Intelligence, 8, 1671917.

Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.

Simon, H. A. (1965). The shape of automation for men and management. Harper & Row.

Stanford University, Human-Centered Artificial Intelligence. (2024). Artificial Intelligence Index Report 2024.

The Information. (2023, December 19). OpenAI's losses doubled to $540 million as it developed ChatGPT.

Weizenbaum, J. (1966). ELIZA — A computer program for the study of natural language communication between man and machine. Communications of the ACM, 9(1), 36–45.

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Ricardo Vardasca.** Professor Coordenador em Ciências Informáticas, Diretor do Centro de Investigação, do Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web, da Licenciatura em Engenharia Informática, do TeSP em Inteligência Artificial e da Pós-Graduação em Data Science no ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro do conselho geral do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro dos conselhos Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Investigador Integrado no INEGI – Universidade do Porto. Professor Externo na Universidade de Valência (Espanha), e Examinador Externo na Universidade de Swansea (Reino Unido). Editor chefe da revista científica The Imaging Science Journal. Doutorado em Ciências Informáticas pela University of South Wales (Reino Unido), Licenciado em Engenharia Informática (Instituto Politécnico de Leiria) e Information Technology (University of South Wales, Reino Unido), cursos obtidos no exterior estão registados e reconhecidos pela Universidade do Porto em Portugal.

[2]**Fernando Bento.** Professor Coordenador em Ciências Informáticas, Diretor da Licenciatura em Informática de Gestão no ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro dos conselhos Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. CTO na empresa ACTON IT, SA. Investigador Associado no ISTAR-Iscte. Membro colaborador do Centro de Investigação em Artes e Comunicação, Polo de Literacia Digital e Inclusão, do Instituto Politécnico de Santarem. Doutorado em Ciências Informáticas pelo ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, Mestre em Software Open-Source pelo ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, Licenciado em Informática pelo Instituto Politécnico de Santarém. Título de Especialista em Ciências Informáticas.

[3]**Marco Tereso.** Professor Adjunto em Ciências Informáticas, Diretor do TeSP em Tecnologias e Programação de Sistemas de Informação no ISLA Santarém-Instituto Politécnico. Membro dos conselhos Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Título de Especialista em Ciências Informáticas. Mestre em Informática e Sistemas e Licenciado em Engenharia Informática - Tecnologias da Informação e Multimédia pelo Instituto Politécnico de Coimbra. Pós-graduado em Redes – Cisco Networking pelo ISLA Santarém - Instituto Politécnico e em Cibersegurança pelo Instituto Politécnico de Coimbra. Frequenta o Doutoramento em Informática na Universidade de Évora.

[4]**António Pratas.** Professor Adjunto em Ciências Informáticas, Diretor do TeSP em Redes e Sistemas Informáticos, Coordenador do Grupo de Investigação - Informação, Tecnologias e Ciências Exatas (ITCE) no ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Coordenador da ISLA X ACADEMY. Vice-Presidente do Conselho Pedagógico e membro do conselho Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Título de Especialista em Ciências Informáticas. Licenciado em Informática de Gestão pelo ISLA Santarém - Instituto Politécnico.

Endereço postal.

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

Rua Teixeira Guedes, 31

2000-029 Santarém (Portugal)

ANÁLISE COMPARATIVA DE ARQUITETURAS MULTIMODAIS PARA EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÃO DE FATURAS E RECIBOS

COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTIMODAL ARCHITECTURES FOR INFORMATION EXTRACTION FROM INVOICES AND RECEIPTS

David Duarte[1]; Ricardo Vardasca[2]
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
davdua1991@gmail.com; ricardo.vardasca@islasantarem.pt

Resumo

A extração automática de informação de faturas e recibos constitui um desafio relevante no domínio do processamento documental, devido à elevada variabilidade estrutural destes documentos e à necessidade de automatizar tarefas empresariais associadas à contabilidade, auditoria e gestão financeira. O presente trabalho teve como objetivo analisar comparativamente arquiteturas de Inteligência Artificial aplicadas à classificação documental e extração automática de atributos em documentos financeiros.

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com base em artigos científicos publicados entre 2020 e 2026, obtidos através das bases de dados ScienceDirect, IEEE Xplore e Google Scholar. O processo de seleção incluiu critérios de inclusão e exclusão relacionados com métricas experimentais, relevância temática e comparação entre abordagens, resultando numa amostra final de 12 estudos. Foram analisadas arquiteturas baseadas em OCR, Deep Learning, Transformers multimodais e Large Language Models.

Os resultados demonstram que modelos multimodais e arquiteturas híbridas tendem a apresentar melhor desempenho em tarefas documentalmente complexas, sobretudo em cenários que exigem integração de informação textual, visual e espacial. Modelos como UniFormer, GPT-4o e pipelines OCR+LLM evidenciaram elevada capacidade de extração semântica, enquanto soluções OCR tradicionais mantiveram vantagens relacionadas com custo computacional e robustez operacional.

Conclui-se que não existe uma arquitetura universalmente superior para todos os cenários de processamento documental. Contudo, arquiteturas híbridas e multimodais apresentam atualmente maior potencial para a evolução dos sistemas de Intelligent Document Processing em ambientes empresariais reais.

Palavras-chave: processamento documental, OCR, transformers multimodais, large language models, extração de informação, faturas

Abstract

Automatic information extraction from invoices and receipts represents a relevant challenge in the field of document processing due to the structural variability of these documents and the growing need to automate business tasks related to accounting, auditing, and financial management. This study aimed to comparatively analyze Artificial Intelligence architectures applied to document classification and automatic attribute extraction in financial documents.

A systematic literature review was conducted using scientific articles published between 2020 and 2026, retrieved from ScienceDirect, IEEE Xplore, and Google Scholar databases. The selection process included inclusion and exclusion criteria related to experimental metrics, thematic relevance, and comparison between approaches, resulting in a final sample of 12 studies. Architectures based on OCR, Deep Learning, multimodal Transformers, and Large Language Models were analyzed.

The results indicate that multimodal models and hybrid architectures tend to achieve superior performance in complex document processing tasks, particularly in scenarios requiring the integration of textual, visual, and spatial information. Models such as UniFormer, GPT-4o, and OCR+LLM pipelines demonstrated high semantic extraction capabilities, while traditional OCR solutions maintained advantages regarding computational cost and operational robustness.

It was concluded that no universally superior architecture currently exists for all document processing scenarios. However, hybrid and multimodal architectures presently demonstrate the greatest potential for the evolution of Intelligent Document Processing systems in real-world enterprise environments.

Keywords: document processing, OCR, multimodal transformers, large language models, information extraction, invoices

INTRODUÇÃO

A extração automática de informação de faturas e recibos constitui um problema relevante no domínio do processamento documental, devido à sua aplicação em contextos de contabilidade, auditoria, gestão financeira e automação administrativa. Estima-se que os dados não estruturados, incluindo faturas, recibos e formulários, representem entre 80% a 90% dos ativos globais de dados das organizações. Historicamente, o processamento manual destes documentos tem sido moroso e propenso a erros. A transição para o Processamento Inteligente de Documentos (IDP) registou um crescimento massivo, por exemplo, a sua adoção no setor financeiro passou de 18% em 2020 para 45% em 2023. A literatura demonstra que a implementação de sistemas de extração automatizada permite reduzir o tempo de processamento em mais de 65% e diminuir os erros de introdução de dados em até 90%, evidenciando a urgência e a relevância económica da otimização destas arquiteturas. (Islam et al., 2026)

Estes documentos apresentam frequentemente elevada variabilidade estrutural, diferentes padrões de layout, qualidade irregular de digitalização e presença de ruído visual, dificultando a sua leitura automática por sistemas computacionais. A literatura demonstra que tarefas como classificação documental e extração de atributos exigem métodos capazes de integrar simultaneamente informação textual e visual, ultrapassando as limitações do reconhecimento ótico de caracteres tradicional (OCR).

Como resposta a estas limitações, a investigação recente tem recorrido a abordagens baseadas em machine learning e deep learning, incluindo arquiteturas que exploram relações espaciais, contexto semântico e características visuais para melhorar a identificação automática de campos relevantes, como datas, montantes, números fiscais e itens de transação. Estudos recentes evidenciam igualmente que o desempenho destas abordagens depende fortemente do tipo de documento, da qualidade do conjunto de dados e da arquitetura utilizada. (Abdallah et al., 2025; Nguyen et al., 2022)

Paralelamente, têm surgido novos conjuntos de dados e benchmarks dedicados ao entendimento de documentos financeiros, permitindo comparar diferentes arquiteturas em cenários mais próximos da realidade. Estes estudos demonstram que não existe uma solução universalmente superior, uma vez que cada abordagem apresenta vantagens e limitações específicas em função da tarefa e da complexidade estrutural do documento. (Lin et al., 2025; Yu et al., 2023)

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre arquiteturas de redes neuronais aplicadas à classificação e extração de atributos de faturas e recibos, analisando criticamente os conjuntos de dados utilizados, as métricas de avaliação, os resultados obtidos e as limitações reportadas, contribuindo para uma visão organizada do estado da arte e para a identificação de direções futuras de investigação neste domínio. (Rexhepi et al., 2025)

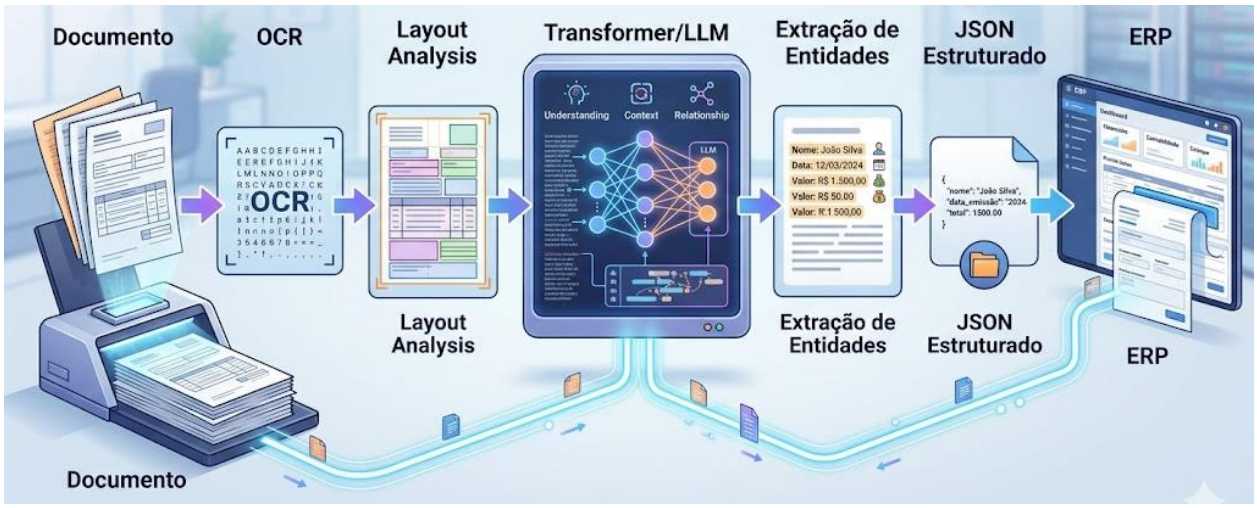


Figura 1. Fluxo de Processamento Inteligente de Documentos

METODOLOGIA

O presente trabalho adota uma abordagem de revisão sistemática da literatura, com o objetivo de identificar, organizar e analisar criticamente estudos recentes relacionados com arquiteturas de Inteligência Artificial aplicadas à classificação e extração de atributos em faturas e recibos. A metodologia utilizada incluiu pesquisa estruturada em bases científicas, aplicação de critérios de inclusão e exclusão e análise comparativa dos estudos selecionados, privilegiando uma abordagem organizada e crítica da literatura existente, sem recorrer a protocolos formais completos de revisão sistemática.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas bases de dados ScienceDirect, IEEE Xplore e Google Scholar, no período compreendido entre 2020 e 2026. A estratégia de busca foi construída a partir de termos relacionados com o tipo de documento, a tarefa em estudo e os métodos utilizados, incluindo expressões como invoice, receipt, bill, OCR, information extraction, document understanding, neural network, deep learning e machine learning, combinadas de forma adaptada às particularidades de cada base de dados. Esta abordagem permitiu recuperar estudos potencialmente relevantes para o tema em análise.

A seleção dos estudos foi realizada em várias fases. Numa primeira triagem, com base na análise dos títulos, foram identificados 71 artigos potencialmente relevantes. Desta amostra inicial, foram excluídos os estudos que não apresentavam métricas de avaliação nem comparações entre abordagens, resultando em 31 artigos. Posteriormente, após a organização dos registos numa folha de cálculo e a leitura individual de cada estudo, aplicou-se um critério temático mais restritivo, mantendo apenas os artigos que mencionavam explicitamente invoices, receipts ou bills. Esta filtragem final conduziu a uma amostra de 12 estudos, que constituem a base da análise comparativa desenvolvida neste trabalho.

Foram considerados critérios de inclusão os artigos científicos publicados entre 2020 e abril de 2026 que propusessem soluções para o problema em estudo, apresentassem resultados experimentais e disponibilizassem métricas comparáveis. Foram excluídos os estudos sem avaliação quantitativa, sem comparação entre abordagens ou sem relação direta com faturas, recibos ou contas. Este processo de seleção foi conduzido de forma estruturada, de modo a garantir a relevância temática e a comparabilidade dos estudos incluídos.

Conjuntos de Dados Analisados:

A avaliação das arquiteturas assentou predominantemente em quatro benchmarks documentais amplamente utilizados na literatura. O conjunto de dados CORD é composto por 1.000 imagens de recibos (800 para treino, 100 validação e 100 teste), contendo anotações para 30 tipos de entidades. O FUNSD é focado em formulários ruidosos e inclui

199 documentos anotados para categorias como cabeçalho, pergunta e resposta. Para cenários de maior escala, destaca-se o RVL-CDIP, composto por cerca de 400 mil documentos distribuídos por 16 classes documentais, enquanto o RealKIE-FCC-Verified integra 75 faturas complexas utilizadas em tarefas avançadas de extração de entidades. (Yu et al., 2023)

A avaliação das arquiteturas assentou em benchmarks com níveis de escala e desequilíbrio muito distintos. Por um lado, o FUNSD (199 documentos) e o CORD (1.000 documentos), ou o RealKIE-FCC-Verified (apenas 75 faturas), representam amostras reduzidas. Por outro lado, conjuntos de dados como o RVL-CDIP (400 mil documentos) e o DocumentNet (30 milhões de documentos) oferecem uma escala verdadeiramente industrial. (Islam et al., 2026; Yu et al., 2023).

RESULTADOS

Os estudos analisados recorreram a diferentes métricas de avaliação, incluindo precisão (precision), recall, F1-score e Word Error Rate (WER). O F1-score representa a média harmónica entre precisão e recall, sendo amplamente utilizado em tarefas de extração de entidades. Já o WER mede a taxa de erro textual obtida após reconhecimento OCR, sendo particularmente relevante em tarefas de digitalização documental.

Esta secção apresenta as métricas e implementações de diferentes arquiteturas de redes neuronais e modelos de linguagem na extração de atributos de faturas e recibos, sem interpretação de resultados.

Tabela 1. Comparação das métricas de desempenho de diferentes arquiteturas na extração de atributos em faturas e recibos.

Arquitetura / Modelo	Tipo / Abordagem	Conjunto de Dados	F1-Score	Precisão	Taxa de Erro (WER/CER)
TextBPN++ / DBNet++	Deteção Profunda (CNN/Transformers)	CORD / FUNSD	99,19% (Deteção)	N/A	-
UniFormer	Transformer Multimodal	CORD	96,45%	95,34% (RVL-CDIP)	-
Azure Document Intelligence	OCR Cloud proprietário	Faturas mistas	N/A	94,33%	1,08% (WER)
GPT-4o (APE)	LLM / Prompt Engineering	Faturas privadas	97,15% (Precisão)	88,2%	-
Claude Sonnet 4.5	VLM / OCR + Imagem	RealKIE-FCC	N/A	79,91% (Score)	-
TWIX	Previsão de Template (Linear)	34 Conjuntos de dados reais	~90% (Recall/Prec.)	N/A	-

A Tabela 1 resume as métricas de avaliação extraídas da literatura. No domínio das arquiteturas de deteção visual profunda, as redes TextBPN++ e DBNet++ alcançaram F1-Scores de deteção superiores a 97% nos conjuntos de dados CORD e FUNSD. Ao nível dos Transformers Multimodais, o modelo UniFormer registou um F1-Score de 96,45 no conjunto de dados CORD para a extração de entidades.

Avaliando soluções puramente gerativas (LLMs e VLMs), a aplicação de Automatic Prompt Engineer (APE) no GPT-4o resultou numa precisão de 97,15% num conjunto privado de faturas.

Em contraste com redes treinadas do zero, o Azure Document Intelligence funciona como um serviço cloud baseado em Modelos de Documentos Gerais (General Document Model). Por ser proprietário, os hiperparâmetros clássicos de treino (como epochs ou função de ativação) não são públicos. A sua implementação técnica ocorre via chamadas à API (ex: API 3.1), sendo o modelo regulado por limiares de confiança (confidence thresholds) e faturado com base no volume (ex: 10$ por 1000 páginas).

O modelo TWIX descarta Deep Learning na fase de inferência. A sua arquitetura representa frases através de vetores de localização num espaço 2D e classifica as linhas do documento em 4 categorias fixas: {Key, Key-Value, Value, Metadata}. A extração é formulada matematicamente como um problema de Programação Linear Inteira (ILP), sendo resolvido de forma exata e em milissegundos através do solver Gurobi, o que explica a sua imensa vantagem de latência..

Arquiteturas de Deteção e Reconhecimento Profundo (CNNs e RNNs)

Na avaliação de algoritmos de visão computacional em recibos (conjunto de dados CORD com 1.000 imagens) e formulários (FUNSD com 199 imagens), redes baseadas em segmentação e regressão foram testadas. O modelo TextBPN++ (baseado em Transformers com codificadores de atenção multi-cabeça e descodificadores percetrões multicamadas) obteve um F1-Score de deteção de 99,19% no CORD. (Olejniczak & Šulc, 2023)

A arquitetura DBNet++, que utiliza uma Equação de Binarização Diferenciável acoplada a um módulo de atenção Adaptive Scale Fusion, atingiu o melhor Recall (97,40%) no FUNSD. (Olejniczak & Šulc, 2023)

Quando acoplados a uma rede CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network) para o reconhecimento end-to-end do texto, a combinação DBNet++ com CRNN atingiu F1-Scores de 92,23% no FUNSD e 96,62% no CORD. (Olejniczak & Šulc, 2023)

Ambas as redes DBNet++ e TextBPN++ foram sujeitas a um processo de afinação (fine-tuning) que utilizou o otimizador Adam com momentum de 0.9, num batch size de 8. A taxa de aprendizagem inicial foi de 0.0001 e o treino foi executado entre 50 a 600 epochs, dependendo do volume do conjunto de dados. (Olejniczak & Šulc, 2023)

Arquiteturas Transformers Multimodais (*Layout-Aware Models*)

O modelo UniFormer, uma rede Transformer, possui 115 milhões de parâmetros e foi inicializada com pesos do BERT. Para o pré-treino, utilizou-se o otimizador Adam, um escalonamento de taxa de aprendizagem (learning rate) em cosseno com um pico de 10^{-4}, um tamanho de lote (batch size) massivo de 2048 e o treino decorreu durante 500.000 passos (steps) utilizando 128 TPUs. (Yu et al., 2023)

Este modelo processa embeddings de texto, embeddings de posição 1D/2D e embeddings visuais obtidos por projeção linear de recortes de imagem. (Yu et al., 2023) Pré-treinado em 30 milhões de documentos, obteve um F1-Score de extração de entidades de 96,45 no CORD e 84,18 no FUNSD usando processamento bio-tagging. (Yu et al., 2023)

Na literatura comparativa destas arquiteturas (modelos fundacionais avaliados no RVL-CDIP e CORD), o modelo LayoutLM usa uma arquitetura BERT combinada com uma rede convolucional ResNet-101 para características visuais na fase de fine-tuning. O DocFormer combina a rede LayoutLM original com uma ResNet-50 (183M de parâmetros) e obteve F1 de 96,33 no conjunto de dados CORD. (Yu et al., 2023)

Outro estudo refere a utilização de Graph Neural Networks (GNNs) (Redes Neuronais em Grafo) para explicar a estrutura repetitiva local na extração de tabelas em faturas, avaliado com sucesso em dois conjuntos de dados de faturação. (Arora et al., 2024)

Modelos de Linguagem e Visão de Grande Escala (LLMs / VLMs)

O GPT-3.5-Turbo e o GPT-4o foram otimizados através do método APE (Automatic Prompt Engineer) e calibração IPC em esquemas rígidos via biblioteca Pydantic. Num conjunto de

dados privado de 68 formatos de faturas de transporte e guias de remessa, o modelo obteve uma precisão média de 97,15% e precisão de extração de documentos de 85,29%.

O modelo utilizou hiperparâmetros como a Temperatura de geração a 0.8 (para diversidade), a Temperatura de ranking a 0.5, um máximo de 60 tokens gerados e um fator K=32 no sistema de pontuação Elo para regular a magnitude das atualizações (Chen et al., 2025)

Num teste com faturas da FCC, o Claude Sonnet 4.5 obteve um score de 0.7991 integrando texto OCR e imagem, enquanto arquiteturas open-source como o Gemma-3 exibiram quebras acentuadas (de 0.7636 para 0.5359) ao tentar extrair dados apenas via imagem, falhando a estrutura JSON em várias faturas. Isto revela a enorme fragilidade estrutural dos modelos open-source atuais (VLMs) em tarefas de visão pura aplicadas a documentos densos. Sem o "ancoramento" espacial fornecido por um motor de OCR prévio, estes modelos sofrem de "alucinações" de formato e colapsam a nível de latência (chegando a demorar 200 minutos para processar os dados). Para um ambiente de produção empresarial, isto implica que o uso de modelos locais open-source é inviável sem um pipeline de OCR tradicional acoplado a montante. (Islam et al., 2026)

No que concerne a modelos focados em visão (como o GPT-4 Vision), a precisão para a extração do montante de faturas (amount) de um lote de 100 faturas mistas atingiu 86% com a configuração "High Resolution", enquanto os serviços baseados em Redes Neuronais proprietárias (Azure Document Intelligence) atingiram 96% de precisão para o mesmo campo e 97% na leitura do número da fatura. (Hassle & Bardvall, 2024)

DISCUSSÃO

É imperativo salientar uma limitação metodológica crítica na literatura ao comparar diretamente estas arquiteturas: as métricas reportadas na Tabela 1 medem objetivos intrinsecamente diferentes e não devem ser lidas de forma linear. Por exemplo, comparar o F1-Score da rede TextBPN++ (que avalia apenas a deteção e localização correta das caixas delimitadoras, ou seja, Bounding Boxes) com a Precisão do GPT-4o ou a Extraction Score do Claude 4.5 é metodologicamente problemático. Enquanto as arquiteturas CNN/Transformers clássicas são avaliadas pela sua capacidade de extração espacial rigorosa, os LLMs/VLMs são avaliados pela sua capacidade de formatação semântica (JSON). Um modelo pode ter 99% de deteção visual e falhar na extração de negócio, pelo que a comparação direta em benchmarks distintos exige cautela.

De forma global, os resultados demonstram uma tendência consistente: arquiteturas multimodais e modelos híbridos tendem a apresentar melhor desempenho em tarefas de extração documental semanticamente complexas, sobretudo em documentos com layouts heterogéneos. Modelos baseados exclusivamente em OCR tradicional revelam elevada robustez na deteção textual, mas menor capacidade de generalização contextual. Em contraste, abordagens baseadas em Transformers multimodais e Large Language Models conseguem integrar informação visual, espacial e semântica de forma mais eficaz, alcançando melhores resultados em tarefas de extração de entidades e interpretação estrutural. (Yu et al., 2023; Usama, 2025; Olejniczak & Šulc, 2023)

Observa-se igualmente que soluções híbridas OCR+LLM têm vindo a emergir como uma abordagem dominante na literatura recente, procurando combinar a precisão estrutural do OCR com as capacidades semânticas dos modelos generativos. Contudo, estas arquiteturas implicam geralmente maior custo computacional, maior latência e desafios relacionados com consistência determinística dos resultados. (Usama, 2025; Minea et al., 2023)

Comparação entre arquiteturas

As arquiteturas analisadas podem ser agrupadas em diferentes paradigmas tecnológicos: sistemas OCR tradicionais, arquiteturas profundas de deteção textual, Transformers multimodais e modelos generativos baseados em Large Language Models. Cada

abordagem apresenta vantagens e limitações específicas em função do tipo de documento, da complexidade estrutural e dos requisitos operacionais do contexto de aplicação.

As soluções OCR tradicionais continuam particularmente relevantes em ambientes empresariais devido à sua estabilidade, velocidade e reduzido custo computacional. Plataformas cloud como Azure Document Intelligence demonstram elevada precisão na extração textual de documentos relativamente estruturados, permitindo integração eficiente em sistemas ERP e pipelines de gestão documental. Contudo, estas abordagens apresentam limitações ao nível da compreensão semântica e da adaptação a layouts altamente heterogéneos. (Minea et al., 2023; Usama, 2025)

Em contraste, arquiteturas baseadas em Deep Learning e Transformers multimodais conseguem modelar simultaneamente informação textual, visual e espacial. Modelos como DBNet++, TextBPN++ e UniFormer demonstraram elevada capacidade de deteção e extração de entidades em conjuntos de dados como CORD e FUNSD, alcançando F1-Scores superiores a 96% em vários cenários experimentais. (Olejniczak & Šulc, 2023; Yu et al., 2023)

Os resultados sugerem ainda que modelos multimodais possuem maior capacidade de generalização em documentos complexos, uma vez que conseguem integrar relações espaciais entre elementos textuais, tabelas e componentes visuais do documento. Esta característica revela-se particularmente importante em tarefas de Intelligent Document Processing aplicadas a faturas, recibos e formulários empresariais. (Usama, 2025; Yu et al., 2023)

Robustez e generalização

Um dos principais desafios identificados na literatura relaciona-se com a robustez e capacidade de generalização dos modelos para documentos reais e layouts não observados durante o treino. Apesar dos elevados resultados obtidos em benchmarks académicos, muitos conjuntos de dados amplamente utilizados, como FUNSD e CORD, apresentam dimensão relativamente reduzida e cenários parcialmente controlados. (Yu et al., 2023)

Esta limitação pode dificultar a transferência dos resultados para ambientes empresariais reais, nos quais existe elevada diversidade documental, presença de ruído visual, baixa qualidade de digitalização e diferentes idiomas. Estudos recentes demonstram que o desempenho dos modelos depende significativamente da qualidade do OCR, da estrutura visual do documento e da variabilidade dos layouts analisados. (Olejniczak & Šulc, 2023; Minea et al., 2023)

Adicionalmente, a literatura evidencia que não existe atualmente uma arquitetura universalmente superior para todos os cenários de processamento documental. Enquanto modelos especializados apresentam elevado desempenho em tarefas específicas, arquiteturas mais generalistas tendem a sacrificar precisão em troca de flexibilidade e capacidade de adaptação contextual. (Usama, 2025)

Do ponto de vista metodológico, este desequilíbrio levanta problemas de validade nas comparações da literatura. Treinar redes neuronais complexas exclusivamente em conjuntos de dados como o FUNSD resulta frequentemente em sobreajuste (overfitting). Da mesma forma, extrapolar a eficácia de modelos LLM avaliados em apenas 75 faturas para um contexto de produção global é falacioso, pois estas amostras reduzidas não capturam a cauda longa (long tail) de variabilidade visual dos layouts empresariais do mundo real.

Custos computacionais e escalabilidade

Apesar dos avanços recentes obtidos com modelos multimodais e Large Language Models, os custos computacionais associados continuam a representar uma limitação relevante para adoção em larga escala. Modelos generativos como GPT-4o e Claude Sonnet requerem maior capacidade computacional, maiores tempos de inferência e consumo significativo de recursos cloud, especialmente em pipelines documentais de elevado volume. (Usama, 2025)

Em contrapartida, sistemas OCR especializados e modelos mais leves continuam a apresentar vantagens operacionais importantes em ambientes empresariais, nomeadamente menor latência, maior previsibilidade e custos reduzidos por documento processado. Plataformas como Azure Document Intelligence demonstram que soluções cloud pré-treinadas continuam altamente competitivas em cenários documentais relativamente estruturados. (Minea et al., 2023)

Esta relação entre desempenho, custo computacional e escalabilidade sugere que futuras arquiteturas deverão privilegiar abordagens híbridas, combinando modelos especializados de OCR com capacidades semânticas avançadas de modelos multimodais e LLMs. (Usama, 2025)

Limitações identificadas na literatura

A literatura analisada apresenta várias limitações metodológicas relevantes. Muitos estudos utilizam conjuntos de dados relativamente pequenos e fortemente anotados, o que pode introduzir viés experimental e dificultar a generalização para contextos reais. O conjunto de dados FUNSD, por exemplo, contém apenas 199 documentos anotados, enquanto o CORD inclui cerca de 1.000 imagens de recibos. (Yu et al., 2023)

Verifica-se igualmente ausência de uniformização nas métricas de avaliação utilizadas pelos diferentes estudos. Enquanto alguns trabalhos reportam F1-score, outros utilizam precisão, recall, Word Error Rate (WER) ou métricas proprietárias, dificultando comparações diretas entre arquiteturas. (Olejniczak & Šulc, 2023)

Outra limitação importante prende-se com a reduzida disponibilidade de conjuntos de dados empresariais reais, devido a restrições de privacidade e confidencialidade documental. Esta limitação dificulta o treino de modelos robustos e limita a disponibilidade de benchmarks representativos para avaliação multimodal em ambientes produtivos. (Yu et al., 2023)

Tabela 2. Comparação crítica entre diferentes paradigmas de Inteligência Artificial aplicados ao processamento documental.

Paradigma	Vantagens	Limitações	Melhor Aplicação
OCR Tradicional	rápido, baixo custo	pouca compreensão semântica	documentos estruturados
CNN/RNN	deteção textual robusta	dependência do layout	OCR documental
Transformers Multimodais	integração visual + textual	elevado custo computacional	documentos complexos
LLM/VLM	flexibilidade contextual	latência e alucinações	pipelines inteligentes

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho analisou diferentes arquiteturas de Inteligência Artificial aplicadas à classificação e extração automática de atributos em faturas e recibos, incluindo sistemas OCR tradicionais, modelos de Deep Learning, Transformers multimodais e Large Language Models. A revisão sistemática realizada permitiu comparar diferentes abordagens

relativamente aos conjuntos de dados utilizados, métricas de avaliação, desempenho experimental e limitações reportadas na literatura.

Os estudos analisados demonstram que arquiteturas multimodais e modelos híbridos tendem atualmente a apresentar os melhores resultados em tarefas documentalmente complexas, sobretudo em cenários que exigem integração simultânea de informação textual, visual e espacial. Modelos como UniFormer, GPT-4o e pipelines OCR+LLM evidenciam elevada capacidade de extração semântica e adaptação contextual, enquanto soluções OCR tradicionais continuam relevantes devido à sua robustez operacional, menor latência e reduzido custo computacional em ambientes empresariais relativamente estruturados. (Yu et al., 2023; Usama, 2025; Minea et al., 2023)

Verificou-se igualmente que não existe atualmente uma arquitetura universalmente superior para todos os cenários de processamento documental. O desempenho dos modelos depende significativamente da qualidade do OCR, da variabilidade estrutural dos documentos, da dimensão dos conjuntos de dados e da complexidade semântica das tarefas analisadas. Além disso, persistem desafios importantes relacionados com custo computacional, escalabilidade, disponibilidade de conjuntos de dados empresariais reais e generalização para documentos heterogéneos. (Olejniczak & Šulc, 2023; Yu et al., 2023)

Em vez de elencar tendências genéricas, como trabalho futuro proponho o desenvolvimento de uma arquitetura proprietária focada no mercado português: o Pipeline Híbrido de Roteamento Semântico-Fiscal (PHRSF). Esta solução será constituída por três módulos: 1. Módulo de Perceção Base: Extração inicial e espacial utilizando a API 3.1 do Azure Document Intelligence, garantindo a leitura exata de caixas delimitadoras e baixo WER. 2. Orquestrador de Roteamento Dinâmico: Um classificador matemático leve (semelhante à lógica ILP do modelo TWIX) que processa as faturas padronizadas. Apenas os campos em que a confiança do OCR clássico seja inferior a 80% são enviados, via prompt rigoroso, a um VLM (Claude 3.5 Sonnet) para dedução semântica. 3. Módulo de Validação de Regras Fiscais (Rule Validation Module): O JSON final extraído não é assumido como verdade. Será cruzado através de lógica determinística com regras da Autoridade Tributária (AT) Portuguesa (e.g., validação do algoritmo de verificação do NIF com 9 dígitos, cálculo cruzado da base de incidência com a taxa de IVA). Esta proposta resolve a falha metodológica atual: une o baixo custo do OCR, o raciocínio excecional do LLM nas exceções, e previne as alucinações matemáticas dos modelos através de validação determinística focada na conformidade empresarial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdallah, A., Mounis, M., Abdalla, M., Kasem, M. S., Mahmoud, M., Abdelhalim, I., Elkasaby, M., ElBendary, Y., & Jatowt, A. (2025). ReceiptSense: Beyond Traditional OCR -- A Dataset for Receipt Understanding (arXiv:2406.04493). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.04493

Arora, S., Pandey, M., Arora, M., Gupta, K., Sharma, V., & Nagpal, L. (2024). Digitization of Health Insurance Documents for The Cashless Claim Settlement Using Intelligent Document Management System. Procedia Computer Science, 235, 1319–1331. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.125

Chen, L.-C., Weng, H.-T., Pardeshi, M. S., Chen, C.-M., Sheu, R.-K., & Pai, K.-C. (2025). Evaluation of Prompt Engineering on the Performance of a Large Language Model in Document Information Extraction. Electronics, 14(11), 2145. https://doi.org/10.3390/electronics14112145

Darsha, W. B. (2022). Information Extraction From Scanned Invoices using Machine Learning, OCR and Spatial Feature Mapping Techniques. University of Colombo School of Computing

Gupta, S. (2025). An LLM-Based ETL Architecture for Semantic Normalization of Unstructured Data. Drexel University.

Hassle, I., & Bardvall, M. (2024). Automating Invoice Recognition: A Comparative Study of Large Language Models and OCR/ML Technologies. KTH Royal Institute of Technology.

Islam, M. M., Salekin, M. S., King, J., Roy, P., Gudi, V. T., Romo, S., Nooney, A., Kaleko, D., Xie, B., Strahan, B., & Socolinsky, D. A. (2026). IDP Accelerator: Agentic Document Intelligence from Extraction to Compliance Validation (arXiv:2602.23481). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2602.23481

Li, B., Conen, J., & Aller, F. (2025). AID-Agent: An LLM-Agent for Advanced Extraction and Integration of Documents. Em E. Kamalloo, N. Gontier, X. H. Lu, N. Dziri, S. Murty, & A. Lacoste (Eds.), Proceedings of the 1st Workshop for Research on Agent Language Models (REALM 2025) (pp. 80–88). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2025.realm-1.6

Lin, Y., Hasan, M., Kosalge, R., Cheung, A., & Parameswaran, A. G. (2025). TWIX: Automatically Reconstructing Structured Data from Templatized Documents (arXiv:2501.06659). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.06659

Nguyen, T. T. H., Jatowt, A., Coustaty, M., & Doucet, A. (2022). Survey of Post-OCR Processing Approaches. ACM Computing Surveys, 54(6), 1–37. https://doi.org/10.1145/3453476

Olejniczak, K., & Šulc, M. (2023). Text Detection Forgot About Document OCR (arXiv:2210.07903). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.07903

Rexhepi, A., Hasi, E., Haxholli, A., & Bytyçi, E. (2025). Invoice and receipt optical character recognition: Review on current methods and future trends. 6th International Conference Recent Trends and Applications in Computer Science and Information Technology RTA-CSIT.

Yu, L., Miao, J., Sun, X., Chen, J., Hauptmann, A., Dai, H., & Wei, W. (2023). DocumentNet: Bridging the Data Gap in Document Pre-training. Em M. Wang & I. Zitouni (Eds.), Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track (pp. 707–722). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-industry.66

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**David Duarte.** Programador Full-Stack Sénior numa consultora nacional, especializado na arquitetura, desenvolvimento e implementação de soluções verticais integradas com SAP Business One. Responsável pelo ciclo completo de desenvolvimento (análise, desenho, implementação, integração e suporte) em projetos para agroindústria, adegas, lagares, agricultura, produção e WMS, com foco em rastreabilidade, otimização operacional e integração de processos de negócio.
Licenciado em Informática pela Escola Superior de Gestão e Tecnologia de Santarém. Estudante do curso de Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

[2]**Ricardo Vardasca.** Professor Coordenador em Ciências Informáticas, Diretor do Centro de Investigação, do Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web, da Licenciatura em Engenharia Informática, do TeSP em Inteligência Artificial e da Pós-Graduação em Data Science no ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro do conselho geral do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro dos conselhos Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Investigador Integrado no INEGI – Universidade do Porto. Professor Externo na Universidade de Valência (Espanha), e Examinador Externo na Universidade de Swansea

(Reino Unido). Editor chefe da revista científica The Imaging Science Journal. Doutorado em Ciências Informáticas pela University of South Wales (Reino Unido), Licenciado em Engenharia Informática (Instituto Politécnico de Leiria) e Information Technology (University of South Wales, Reino Unido), cursos obtidos no exterior estão registados e reconhecidos pela Universidade do Porto em Portugal.

Endereço postal dos autores.
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM ROBÓTICA EDUCATIVA: UMA ANÁLISE SEMIESTRUTURADA DE METODOLOGIAS E PADRÕES DE INTERAÇÃO CENTRADA NO HUMANO

MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: A SEMISTRUCTURED ANALYSIS OF HUMAN-CENTRED METHODOLOGIES AND INTERACTION PATTERNS

[1] Patrícia Almeida; [2] Domingos Martinho

[1,2] ISLA – SANTARÉM

[1] a22511736@mail.islasantarem.pt [2] domingos.martinho@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A integração da Inteligência Artificial em ambientes físicos de aprendizagem evoluiu para modelos adaptativos de apoio em tempo real. Este estudo analisa a literatura recente sobre metodologias e padrões de interação, identificando tendências para a personalização da aprendizagem.

Método: Adotou-se uma revisão da literatura com seleção orientada por critérios temáticos nas bases IEEE Xplore e ACM Digital Library, com foco em publicações entre 2023 e 2026. Foram privilegiados artigos de conferências, nomeadamente a Australasian Computing Education Conference, a International Conference on Artificial Intelligence and Education e a International Conference on Intelligent User Interfaces. Selecionou-se um corpus final de 23 artigos, os quais foram organizados em quatro eixos: Rastreio do Conhecimento, Avaliação Multimodal, Modelos Mentais e Agência Humana.

Resultados: A fusão de dados biométricos e comportamentais sugeriu uma precisão preditiva de 89,2%. A análise de componentes principais explicou 78% da variância e permitiu identificar quatro perfis de utilizadores via K-means. Observou-se ainda redução da propriedade psicológica perante maior autonomia da Inteligência Artificial, além de alucinações plausíveis com impacto na aceitação pelos utilizadores.

Conclusão e trabalho futuro: O estudo propõe a robótica educativa como sistema de mediação técnica e ética, no qual a transparência é vital para preservar a agência do utilizador. Sugerem-se estudos longitudinais e multiculturais para validar retenção de conhecimento e inclusão.

Palavras-chave: Rastreio do Conhecimento, Avaliação Multimodal, Inferência Causal, Autonomia do Utilizador, Privacidade desde a Conceção.

Abstract

Introduction: The integration of Artificial Intelligence into physical learning environments has evolved into adaptive models that provide real-time support. This study analyzes recent literature on interaction methodologies and patterns, identifying trends for learning personalization.

Method: A literature review was conducted using thematic criteria in IEEE Xplore and ACM Digital Library, focusing on publications from 2023 to 2026. Conference papers were prioritized, namely from the Australasian Computing Education Conference, the International Conference on Artificial Intelligence and Education, and the International Conference on Intelligent User Interfaces. From 680 papers, a final corpus of 23 articles. The analysis was organized into four axes: Knowledge Tracing, Multimodal Assessment, Mental Models, and Human Agency (autonomy and ownership).

Results: The fusion of biometric and behavioral data suggested a predictive accuracy of 89.2%. Principal Component Analysis explained 78% of the variance and enabled the identification of four user profiles via K-means. A decrease in psychological ownership was also observed under higher levels of Artificial Intelligence autonomy, along with plausible hallucinations that affected user acceptance.

Conclusion and future work: The study positions educational robotics as a system of technical and ethical mediation, where transparency is essential to preserve user agency. Effective personalization requires balancing predictive models with privacy safeguards. Future studies should explore longitudinal and multicultural contexts to validate knowledge retention and inclusion.

***Keywords*:** Knowledge Tracing, Multimodal Evaluation, Causal Inference, User Autonomy, Privacy by Design.

1. INTRODUÇÃO

A integração da Inteligência Artificial (IA) em ambientes de aprendizagem representa uma mudança de paradigma que redefine o papel do educador e a natureza da interação entre o estudante e a máquina. Atualmente, o campo da educação em computação transita de uma era de simples automação para uma era de cognição, recuperando princípios de metacognição e monitorização cognitiva (Flavell, 1979) para fomentar o pensamento crítico em ambientes onde o aluno deve gerir incertezas em enunciados complexos, conforme proposto originalmente por Schneider (1978). No entanto, enquanto os sistemas baseados exclusivamente em software beneficiam de quadros teóricos consolidados em Mineração de Dados Educacionais, a robótica educativa enfrenta o desafio único de sistematizar padrões de interação dentro de ambientes físicos e tangíveis.

O problema central desta investigação reside na dificuldade em converter dados brutos de interação em conhecimentos pedagógicos aplicáveis e éticos. Embora existam avanços no uso de IA Generativa para personalizar materiais, permanece uma lacuna na modelação em tempo real da evolução dos estados de saber do aluno. O conceito de Rastreio do Conhecimento (Knowledge Tracing - KT) (Corbett & Anderson, 1995), embora fundacional, falha frequentemente nos sistemas atuais ao não detetar mudanças súbitas na aprendizagem durante a interação física com robôs. Adicionalmente, a opacidade algorítmica representa um risco; a falta de "visibilidade" e transparência no design — princípios defendidos por Norman (1988) — pode anular a supervisão docente e comprometer a agência e a perceção de propriedade (ownership) do aluno sobre o seu processo criativo.

Este trabalho surge da necessidade de sistematizar o estado da arte entre 2023 e 2026, ancorando as novas tendências em teorias clássicas de modelos mentais (Johnson-Laird, 1980) aplicadas à interação Humano-IA. O objetivo geral é realizar um mapeamento de metodologias e padrões de interação, utilizando a AA (Aprendizagem Automática) como ferramenta analítica. Pretende-se identificar técnicas de IA Preditiva para dados multimodais e discutir protocolos de privacidade, alinhando-se ao conceito de "design sensível a valores" (Friedman, 1996), exigindo assim que a ética e a proteção de dados biométricos sejam integradas desde a conceção do sistema.

Esta transição assenta na premissa de que a aprendizagem ocorre através da interação entre um agente e o seu ambiente, um mecanismo que remete à "Lei do Efeito" de Thorndike (1911), onde o sistema procura otimizar respostas com base em sinais de recompensa pedagógica (Sutton & Barto, 2014). A hipótese que orienta esta investigação é que a eficácia de um robô educativo é proporcional à sua capacidade em traduzir comportamentos humanos subtis em ações pedagógicas imediatas e transparentes. O presente artigo está

organizado em secções de Método, Resultados, Discussão e Conclusão, sintetizando as contribuições para o futuro da robótica educativa centrada no humano.

2. METODOLOGIA

A investigação baseou-se numa abordagem bibliográfica semiestruturada, orientada pela seleção criterial e pela síntese crítica de literatura relevante sobre a aplicação da AA à robótica educativa. Este método permitiu analisar tendências emergentes, privilegiando a relevância técnica e a qualidade científica das fontes em detrimento da exaustividade quantitativa (Vargas Cárdenas & García Robles, 2025).

A pesquisa foi realizada nas bases de dados IEEE Xplore e ACM Digital Library, com recorte temporal entre 2023 e 2026. Privilegiaram-se artigos publicados em conferências internacionais de referência, nomeadamente a Australasian Computing Education Conference (ACE), a International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE) e a International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI). O processo de seleção foi sistematizado através da declaração PRISMA, conforme ilustrado na Figura 1 (Page et al., 2024).

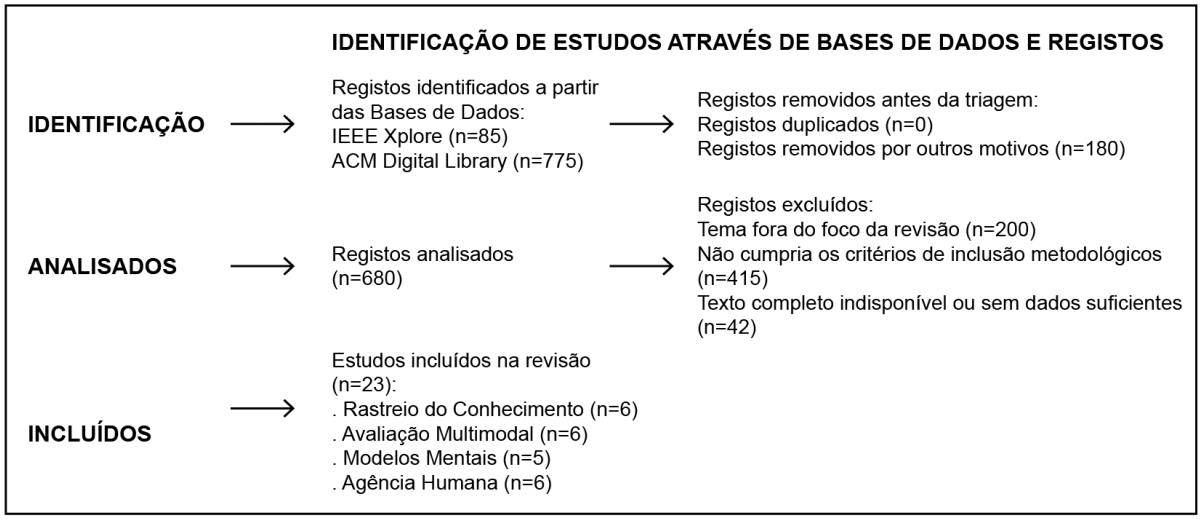


Figura 1. Fluxograma PRISMA 2020 das etapas de identificação, refinamento e elegibilidade do corpus de investigação.

O refinamento da amostra foi operado através de uma estratégia de filtragem baseada em palavras-chave e descritores temáticos, organizados em quatro eixos analíticos fundamentais que sustentam a análise deste estudo (Figura 2).

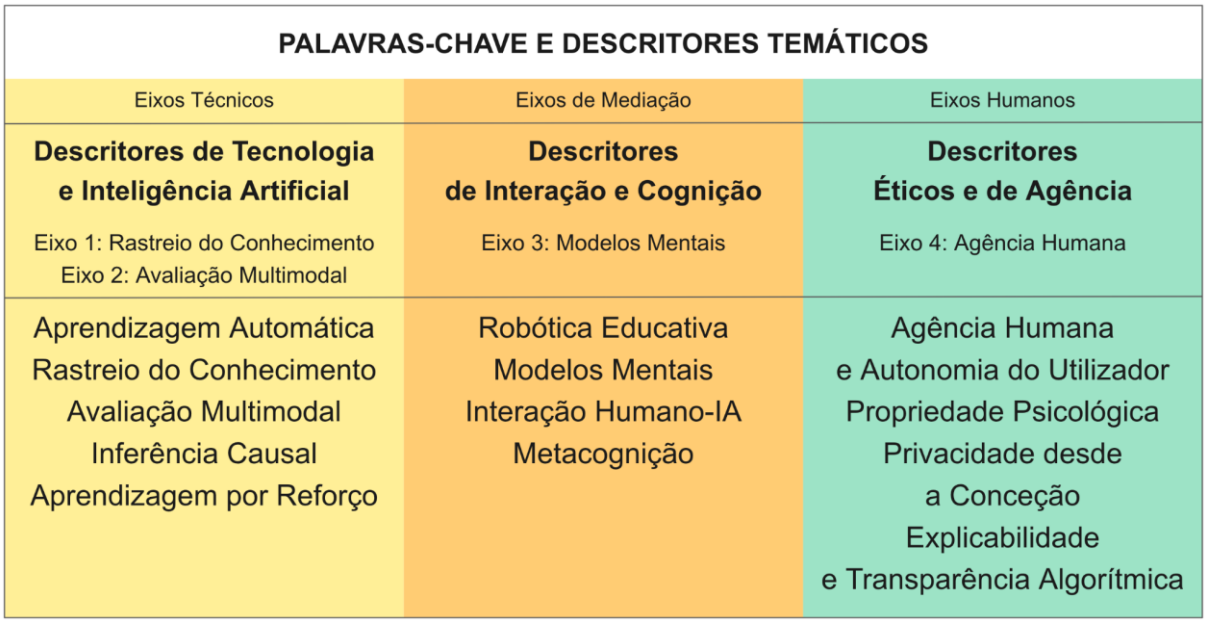


Figura 2. A estratégia de pesquisa organiza-se em quatro eixos analíticos que integram a modelação algorítmica do estado de saber (Eixo 1), a fusão técnica de dados biométricos e comportamentais (Eixo 2), a dimensão interpretativa dos modelos mentais do utilizador (Eixo 3) e o pilar ético sobre a agência humana e propriedade psicológica (Eixo 4).

Este processo de triagem foi complementado pela leitura integral de títulos e resumos, permitindo excluir estudos fora do escopo e reter apenas os trabalhos mais alinhados com os objetivos desta revisão. Este procedimento resultou numa seleção de 23 artigos incluídos no corpus, cuja taxonomia — identificando autor, conferência e metodologia base — encontra-se detalhada na Tabela 1.

Tabela 1. Taxonomia e caraterização dos artigos incluídos no corpus.

Autor	Conferência	Tecnologia / Metodologia
Vargas Cárdenas & García Robles, 2025	IUI 2025	Robô NAO; Atividades inclusivas
Dong et al., 2025	ICAIE 2025	Filtragem colaborativa; Regressão logística
Faas et al., 2026	IUI 2026	Modelo SMART; Workshops de co-design
Feng et al., 2025	IUI 2025	GenIA; Cognição vs automação
Guo et al., 2026	ACE 2026	Análise reflexiva sobre GenAI
Huang et al., 2026	IUI 2026	Narrative Scaffolding
Kaate et al., 2025	IUI 2025	Survey2Persona; Clustering; LLM + RAG
Kumar et al., 2026	ACE 2026	Probeable Problems (Ask the Client)
Liao et al., 2026	IUI 2026	NaviEdu; Inferência causal de via dupla
Qiu et al., 2026	ACE 2026	Scaffolding; Assistência estruturada por IA
Q. Ren et al., 2023	ICAIE 2023	Análise de redes sociais; Lag sequence analysis
Y. Ren, 2025	ICAIE 2025	Recomendação híbrida; Grafos de conhecimento
Sanchez et al., 2026	IUI 2026	Revisão sistemática; Elicitação de modelos

Seo et al., 2026	IUI 2026	GenIA; Propriedade psicológica
ShengKai et al., 2023	ICAIE 2023	Realidade virtual; Eye-tracking; Heatmaps
Siddiqui et al., 2026	IUI 2026	SPIRE; Investigação morfológica; DSL
Vadaparty et al., 2026	ACE 2026	GitHub Copilot; LLM na instrução inicial
Wang & Gao, 2023	ICAIE 2023	Eye-tracking; Estilos cognitivos (FI/FD)
Wang, 2025	ICAIE 2025	PCA + K-means
Yin et al., 2023	ICAIE 2023	Registos DITel; Árvores de decisão
Zhang & Wei, 2025	ICAIE 2025	DQN; Perfil multimodal
Zhao et al., 2023	ICAIE 2023	K-means; Estilos de aprendizagem
Zhou et al., 2026	IUI 2026	ExPeerience; Programação SQL

A análise das evidências extraídas da amostra final de literatura foi estruturada com base numa matriz de codificação organizada nos quatro eixos fundamentais já referidos. Estes eixos foram definidos para cobrir as dimensões técnicas da precisão algorítmica (Eixos 1 e 2), a dimensão interpretativa de mediação (Eixo 3) e o pilar humano da interação (Eixo 4), fundamentando a análise de uma IA Centrada no Humano (HCAI), tal como sistematizado na Tabela 2. Esta matriz visa identificar a transição da investigação entre os requisitos técnicos de processamento e os impactos ético-cognitivos no utilizador.

Tabela 2. Distribuição do corpus por conferência e eixo analítico.

Eixos Analíticos	ACE	ICAIE	IUI	TOTAL
Eixo 1: Rastreio do Conhecimento (KT)	1	4	1	23
Eixo 2: Avaliação Multimodal	0	5	1	
Eixo 3: Modelos Mentais	2	0	3	
Eixo 4: Agência Humana	1	0	5	

Esta matriz visa identificar a distribuição da literatura entre os eixos técnicos (Eixos 1 e 2) e humanos (Eixos 3 e 4) da interação.

O eixo 1 Rastreio do Conhecimento, foca-se na inteligência pedagógica do sistema, especificamente na capacidade algorítmica de modelar a evolução dos estados de saber do aluno em tempo real. A análise prioriza modelos que evitem as falhas dos sistemas tradicionais ao detetar mudanças súbitas na aprendizagem (Liao et al., 2026).

O eixo 2 Avaliação Multimodal, representa a fronteira da perceção técnica, analisando como a fusão de múltiplas fontes de dados (registos comportamentais, como o eye-tracking) permite "ler" sinais humanos latentes que métricas isoladas não capturam. É o motor da precisão preditiva de 89,2% identificada nos resultados (Zhang & Wei, 2025).

O eixo 3 Modelos Mentais, aborda a dimensão interpretativa da interação, focando-se em como o utilizador compreende e antecipa o comportamento da IA durante a interação física com o robô. Este eixo é essencial para garantir a compreensão mútua necessária ao processo educativo (Sanchez et al., 2026).

O eixo 4 Agência Humana (autonomia e propriedade), constitui o pilar ético e psicológico do estudo. Este eixo avalia o impacto da autonomia da IA no sentimento de autoria e na responsabilidade do aluno, combatendo a "desintegração da agência" em sistemas excessivamente autónomos (Seo et al., 2026).

Esta estrutura de quatro eixos permite uma visão holística do ecossistema da robótica educativa: como o sistema processa a aprendizagem (KT), como percebe o aluno (Multimodalidade), como o aluno percebe a IA (Modelos Mentais) e como se preserva a integridade ética da interação (Agência).

3. RESULTADOS

A análise sistemática revelou uma transição das abordagens estatísticas lineares para modelos de IA baseados em perceção multimodal e inferência causal. Os dados foram sintetizados em quatro eixos principais de descoberta.

3.1. Eficácia do Rastreio do Conhecimento e Modelos Preditivos

A análise dos modelos revelou que a fusão de sinais multimodais (registos comportamentais e fisiológicos) aumenta significativamente a precisão diagnóstica face a abordagens unimodais. Conforme demonstrado na Tabela 3, os resultados de Zhang e Wei (2025) confirmaram que modelos multimodais atingem uma precisão de 89,2% (± 3,5%), com um erro quadrático médio (MSE) reduzido para 0,032, superando consistentemente os modelos baseados apenas em notas (Precisão = 72,5%; MSE = 0,087).

Tabela 3. Síntese dos resultados quantitativos dos modelos analisados.
Dados compilados a partir de Zhang e Wei (2025), Liao et al. (2026) e Wang (2025).

Estudo	**Técnica / Modelo**	**Métrica**	**Resultado**
Zhang & Wei, 2025	Multimodal (biometria + logs)	Precisão	89,2% ± 3,5%
	Unimodal (notas)		72,5% ± 4,2%
	Multimodal (biometria + logs)	MSE	0,032
	Unimodal (notas)		0,087
Liao et al., 2026	NaviEdu / inferência causal de via dupla	AUC	0,8245 (ASSIST2012)
			0,8412 (ASSISTChallenge)
Wang, 2025	PCA	Variância explicada	78%
	K-means	Silhueta média	0,61

Legenda: MSE Erro Quadrático Médio, AUC Área Sob a Curva e PCA Análise de Componentes Principais.

Adicionalmente, as arquiteturas de Inferência Causal de Via Dupla, como o sistema NaviEdu, atingiram valores de AUC entre 0,8245 (base ASSIST2012) e 0,8412 (base ASSISTChallenge). A investigação de Liao et al. (2026) provou que a ausência de componentes causais nestes modelos resulta numa quebra de 5% a 10% na precisão da previsão de maestria do aluno e uma melhoria inferior a 2% na retenção a longo prazo.

Para além dos modelos multimodais, a investigação revelou que a análise de fatores aplicada a logs de e-books permite prever o desempenho académico com elevada precisão ao considerar os estilos cognitivos dos estudantes (Yin et al., 2023). Esta capacidade de

personalização é estendida a domínios específicos, como o ensino de direito para estudantes de medicina, onde a utilização de algoritmos de recomendação híbridos e grafos de conhecimento otimizou percursos de aprendizagem complexos (Y. Ren, 2025).

No plano estatístico, a utilização da Análise de Componentes Principais (PCA) permitiu explicar 78% da variância total dos dados com apenas seis componentes principais, eliminando ruído informacional. Com base nestes componentes, a aplicação do algoritmo K-means identificou quatro perfis estáveis de estudantes com um coeficiente de silhueta médio de 0,61, demonstrando elevada coesão e estabilidade na segmentação dos grupos de aprendizagem (Wang, 2025). Estes perfis permitiram diferenciar com precisão os adotantes ativos de participantes passivos, fornecendo a base estatística necessária para percursos curriculares adaptativos.

3.2. Padrões de Interação e Tradução de Comportamentos Subtis

O mapeamento identificou que a eficácia das intervenções pedagógicas em tempo real está correlacionada com a capacidade do sistema em processar indicadores comportamentais latentes. Os resultados sintetizados revelaram que:

O rastreio ocular (eye-tracking) permitiu identificar estados de concentração profunda ou distração com precisão superior a 87%, consolidando-se como um indicador fisiológico vital para a avaliação personalizada e mapeamento de atenção (Wang & Gao, 2023; Zhang & Wei, 2025).

A análise de latência de resposta e padrões de dúvida foi eficaz para prever o bloqueio cognitivo e detetar mudanças súbitas no estado de conhecimento do estudante antes da submissão de respostas erradas (Kumar et al., 2026; Liao et al., 2026).

Estratégias de recomendação baseadas em Redes Q-Deep (DQN) demonstraram ser superiores a métodos tradicionais, aumentando a eficiência na aquisição de conhecimentos para 4,2 pontos por semana (face aos 2,8 pontos de estratégias de push fixas) (Zhang & Wei, 2025).

As intervenções baseadas em DQN operacionalizam os princípios de aprendizagem por reforço definidos por Sutton e Barto (2014), nos quais o sistema atua como um agente que aprende padrões de decisão ótimos através da interação com o ambiente. Este processo permite que a tecnologia explore diversos estados de conhecimento do aluno e otimize as respostas pedagógicas com base em sinais de recompensa, como a melhoria do desempenho ou da satisfação do utilizador (Sutton & Barto, 2014; Zhang & Wei, 2025).

A fronteira da perceção multimodal expande-se também para ambientes imersivos, nos quais a recolha de logs de aprendizagem em salas de aula de Realidade Virtual (VR) permite monitorizar a atenção e o engajamento através de mapas de calor oculares (ShengKai et al., 2023). Complementarmente, observou-se que o design de subáreas de discussão e o scaffolding para pedidos de ajuda académica influenciam diretamente a participação e o sucesso dos alunos em sistemas de aprendizagem online (Y. Ren, 2025).

3.3. Impacto na Agência e Propriedade do Estudante

A investigação revelou uma relação inversa entre o nível de autonomia da IA e a perceção de propriedade (ownership) do aluno. Na Figura 3, apresenta-se a variação dos índices de posse psicológica conforme o grau de intervenção algorítmica.

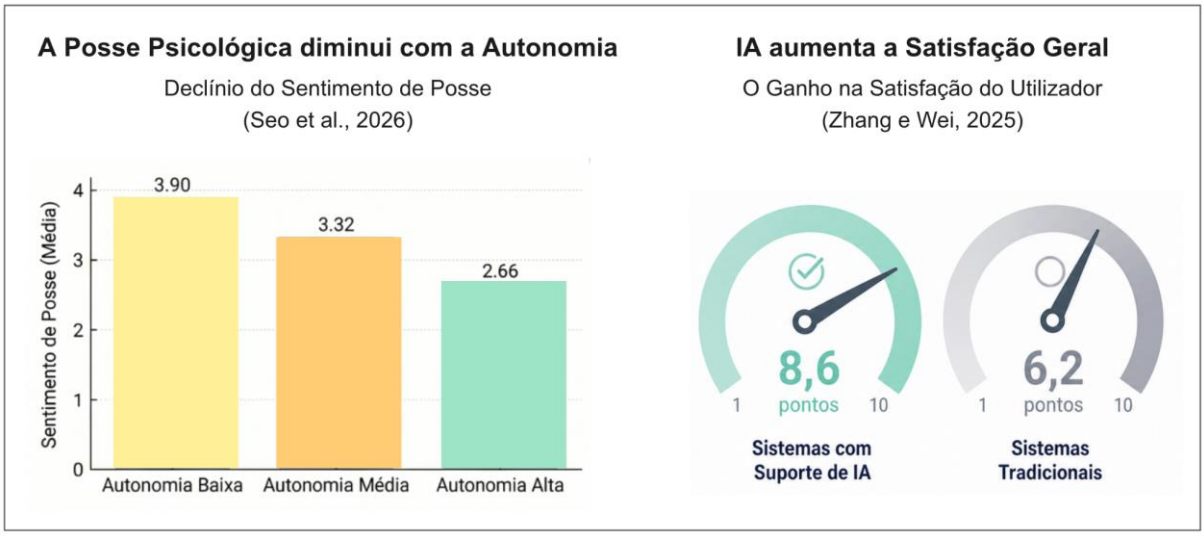


Figura 3. O Paradoxo da Autonomia na IA: Satisfação vs. Sentimento de Posse.
Fonte: Elaboração própria, com dados sintetizados de Seo et al. (2026) e Zhang & Wei (2025).

3.4. Transparência Algorítmica e Riscos Éticos

A investigação estabeleceu que a opacidade algorítmica e a falta de explicabilidade constituem obstáculos críticos à supervisão docente e à capacidade de intervenção pedagógica (Faas et al., 2026). Testes realizados com sistemas de criação de personas e materiais por estudantes (learnersourcing) revelaram riscos severos de desinformação automatizada (Kaate et al., 2025; Zhou et al., 2026). Os resultados quantitativos demonstraram que:
Ocorreram alucinações plausíveis (respostas factualmente incorretas, mas apresentadas de forma convincente) em 52% das interações nas quais o sistema não possuía dados de suporte suficientes. Cerca de 57% dos utilizadores aceitaram estas respostas incorretas como verdadeiras, evidenciando uma falha na literacia algorítmica e uma tendência para confiar acriticamente na IA. A probabilidade de erro do utilizador foi significativamente maior quando a interface não informou explicitamente as limitações dos dados de treino ($X^2(1,N=54)=16{,}87, p<.001$), sublinhando a necessidade de mecanismos de transparência por design (Kaate et al., 2025).

3.5. Verificação das Hipóteses

Os dados sintetizados apoiam a premissa inicial deste estudo, indicando uma correlação positiva entre o refinamento da perceção multimodal e a eficácia das intervenções pedagógicas. A análise revelou que a capacidade de converter indicadores subtis em ações pedagógicas imediatas é o diferencial para atingir precisões diagnósticas de 89,2% (± 3,5%) (Zhang & Wei, 2025). Verificou-se, adicionalmente, que sistemas baseados em arquiteturas de processamento local e protocolos de Privacy by Design mantiveram a integridade dos dados biométricos sensíveis sem comprometer a baixa latência necessária para intervenções em tempo real (Vargas Cárdenas & García Robles, 2025).

3.6. Resultados Adicionais

Um achado relevante no mapeamento foi o impacto da robótica social como mediadora pedagógica neutra em contextos multiculturais. Em intervenções utilizando o robô NAO, observou-se uma redução nas atitudes discriminatórias e um aumento de interesse por áreas

STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) em 15%, particularmente em grupos sub-representados e raparigas. O robô atuou como um "modelo tecnológico" que tornou sistemas invisíveis (como a IA) tangíveis e acessíveis, incentivando os estudantes a explorarem como a tecnologia "pensa" e como podem ensiná-la (Vargas Cárdenas & García Robles, 2025).

4. DISCUSSÃO

A superioridade técnica dos modelos de perceção multimodal, que atingiram uma precisão de 89,2% na previsão da maestria do conhecimento, confirma a hipótese de que o desempenho académico isolado já não é suficiente para uma personalização eficaz. Esta descoberta corrobora os estudos que defendem a integração de biometria, como o rastreio ocular, e registos comportamentais para capturar a complexidade do estado cognitivo do aluno (Zhang & Wei, 2025), bem como a utilização de modelos de AA para prever o sucesso académico através de registos brutos de interação (Dong et al., 2025). Ao contrário das abordagens estatísticas tradicionais, esta investigação demonstra que a eficácia diagnóstica depende da capacidade do sistema em traduzir sinais subtis, alinhando-se com a visão de que a IA deve funcionar como um parceiro percetivo e não apenas um avaliador de resultados finais.

A implementação de arquiteturas de Inferência Causal de Via Dupla representa um avanço significativo na resolução do problema das mudanças súbitas de conhecimento. Enquanto modelos anteriores frequentemente suavizavam flutuações de desempenho como ruído, o sistema NaviEdu, proposto por Liao et al. (2026), prova que estas variações são, muitas vezes, transições críticas entre a compreensão parcial e erros sistemáticos. Este resultado é fundamental para a robótica educativa, pois permite que o robô físico intervenha no exato momento do bloqueio cognitivo, colmatando lacunas de pré-requisitos através de grafos de conhecimento dinâmicos que sistemas de caminho único costumam ignorar.

Um achado crítico desta investigação é a tensão paradoxal entre a autonomia da IA e a agência do estudante. Os dados revelaram que uma elevada autonomia do sistema reduz drasticamente o sentimento de propriedade (ownership) e a responsabilidade do aluno sobre o seu trabalho, fenómeno identificado por Seo et al. (2026) como um fator de desengajamento emocional e "desintegração da agência". Esta evidência aponta para a necessidade de arquiteturas de assistência moderada, que salvaguardem a integridade da autoria ao manter o estudante como o agente deliberativo central, evitando que a automação total fragilize a sua propriedade psicológica e o engajamento no processo de aprendizagem.

A vulnerabilidade dos utilizadores perante alucinações plausíveis da IA sublinha um risco pedagógico e ético severo. O facto de mais de metade dos estudantes aceitarem respostas incorretas quando apresentadas de forma convincente demonstra uma falha na literacia algorítmica. Como alertam Kaate et al. (2025), torna-se imperativo que as interfaces incluam salvaguardas que informem explicitamente as limitações dos dados, garantindo que o utilizador mantenha uma postura crítica e não aceite passivamente a desinformação gerada por modelos de linguagem.

A necessidade de transparência algorítmica para a supervisão humana, conforme proposto no modelo SMART por Faas et al. (2026), é uma das principais forças deste estudo. A investigação confirma que, para que o docente mantenha o controlo epistémico e a motivação, a IA não pode ser uma "caixa negra"; ela deve fornecer justificações e níveis de confiança que permitam ao professor intervir de forma pedagógica. Esta abordagem através de uma arquitetura HCAI é essencial para garantir que a tecnologia apoie, em vez de anular, a autonomia e as necessidades psicológicas do educador.

A transição de uma robótica de automação para uma de cognição exige que a IA atue como um parceiro cognitivo e não apenas como um atalho para a resposta (Guo et al., 2026). Para evitar a aceitação acrítica de soluções, propõe-se a utilização de assistência estruturada,

onde o código é gerado e revisto 'linha a linha', forçando o aluno a uma avaliação reflexiva e deliberada de cada sugestão algorítmica (Qiu et al., 2026).

Apesar da abrangência técnica, este mapeamento possui limitações que devem ser reconhecidas. A amostra de 23 artigos, embora de alto impacto, foca-se predominantemente em contextos laboratoriais de curto prazo, o que limita as conclusões sobre o impacto da IA na retenção de conhecimento a longo prazo. Adicionalmente, como notado por Sanches et al. (Sanchez et al., 2026), a maioria dos estudos utiliza amostras de estudantes em países desenvolvidos, evidenciando uma lacuna de representatividade que futuras investigações devem suprir através de estudos multiculturais e longitudinais.

Além da precisão técnica, a interação robô-aluno deve ser mediada por estruturas de suporte que facilitem o processo de construção de sentido. Conforme proposto por Huang et al. (2026) através do conceito de Narrative Scaffolding, a IA atua de forma mais eficaz quando ajuda o estudante a externalizar e organizar o seu raciocínio, transformando a interação física com o robô numa ferramenta de cognição distribuída.

A decisão pedagógica de 'abraçar' as ferramentas de IA em vez de as banir demonstra resultados positivos no desempenho em exames e na prontidão para o mercado de trabalho, desde que o ensino se foque em competências que a IA não pode replicar, como o julgamento humano (Vadaparty et al., 2026). Este novo paradigma redefine o papel do educador, movendo o foco do produto final para o processo metacognitivo de colaboração entre o estudante e a IA (Feng et al., 2025).

Em suma, esta investigação confirma que a robótica educativa atingiu um patamar de maturidade cognitiva, transcendendo os modelos de execução mecânica em direção a sistemas de perceção de alta fidelidade. Os resultados sugerem que a viabilidade futura destes sistemas dependerá de arquiteturas baseadas em processamento local e protocolos de Privacidade desde a Conceção para salvaguardar dados biométricos sensíveis, tal como validado pelo projeto Rob2embrace de Vargas Cárdenas & García Robles (2025). O desafio reside agora na democratização destas ferramentas, assegurando que o refinamento analítico não fragilize a integridade ética ou a agência humana.

5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Esta investigação atingiu a sua finalidade ao sistematizar as metodologias de AA aplicadas à robótica educativa entre 2023 e 2026. Os resultados obtidos sublinham que a evolução da área reside na transição de modelos estatísticos lineares para sistemas de perceção multimodal, que atingem precisões diagnósticas de 89,2% ao integrarem dados biométricos e registos comportamentais (Zhang & Wei, 2025). O estudo demonstra que a eficácia do robô educativo é diretamente proporcional à sua capacidade de traduzir sinais humanos subtis — tais como o rastreio ocular, a latência de resposta e os estados latentes de incerteza — em intervenções pedagógicas precisas (Kumar et al., 2026; Sanchez et al., 2026). Ao evidenciar o impacto negativo da elevada autonomia da IA na agência e no sentimento de propriedade do aluno, este trabalho estabelece um quadro crítico que prioriza a transparência algorítmica e a supervisão humana motivacional (Faas et al., 2026; Seo et al., 2026).

A importância deste artigo reside na proposta de uma HCAI, que redefine o robô não apenas como um executor de tarefas, mas como um parceiro cognitivo que respeita a singularidade do processo de aprendizagem (Faas et al., 2026). Ao integrar protocolos de Privacidade desde a Conceção e garantir o processamento local de dados sensíveis, assegura-se que o avanço na precisão analítica não comprometa a segurança e a integridade ética dos estudantes (Vargas Cárdenas & García Robles, 2025). Em suma, o futuro da robótica educativa depende da harmonia entre a sofisticação dos algoritmos preditivos e a preservação ativa da agência humana em ambientes de aprendizagem físicos e digitais.

Como trabalho futuro, sugere-se a realização de estudos longitudinais que avaliem o impacto destas metodologias de AA na retenção de conhecimento e na transferência de competências ao longo do tempo (Siddiqui et al., 2026). É recomendável que futuras investigações explorem a generalização destes modelos em contextos multiculturais, de modo a garantir que a personalização tecnológica atue como um motor de inclusão e equidade educativa (Vargas Cárdenas & García Robles, 2025). Por fim, o desenvolvimento de sistemas de perceção emocional dinâmica, que integrem o reconhecimento de expressões faciais e análise de voz, representa uma fronteira promissora para o aperfeiçoamento da interação robô-estudante (Zhang & Wei, 2025).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (1995). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, *4*(4), 253–278. https://doi.org/10.1007/BF01099821

Dong, J., Dong, C., & Xie, J. (2025). Practice and Research on Scientific and Technological Resources Serving College Students' Innovation and Entrepreneurship: A Collaborative Model Based on AI Resource Matching and Machine Learning-Driven Achievement Transformation Prediction. *Proceedings of the 2025 4th International Conference on Artificial Intelligence and Education*, 613–617. https://doi.org/10.1145/3797552.3797651

Faas, C., Kerstan, S., Uth, R., Langer, M., & Feit, A. M. (2026). Design Considerations for Human Oversight of AI: Insights from Co-Design Workshops and Work Design Theory. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 804–821. https://doi.org/10.1145/3742413.3789100

Feng, T. H., Luxton-Reilly, A., Wünsche, B. C., & Denny, P. (2025). From Automation to Cognition: Redefining the Roles of Educators and Generative AI in Computing Education. *Proceedings of the 27th Australasian Computing Education Conference*, 164–171. https://doi.org/10.1145/3716640.3716658

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, *34*(10), 906–911. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Friedman, B. (1996). Value-sensitive design. *Interactions*, *3*(6), 16–23. https://doi.org/10.1145/242485.242493

Guo, M., Chow, W., Atiq, A., Burridge, J., & Male, S. (2026). Reduce or Re-direct? Rethinking Critical Thinking in the Age of AI. *Proceedings of the 28th Australasian Computing Education Conference*, 192–193. https://doi.org/10.1145/3786228.3786256

Huang, O., Fatir, M., Luo, T., Suh, S., Subramonyam, H., & Nobre, C. (2026). Narrative Scaffolding: A Narrative-First Framework for Data-Driven Sensemaking. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1112–1140. https://doi.org/10.1145/3742413.3789062

Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, *4*(1), 71–115. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0401_4

Kaate, I., Salminen, J., Jung, S.-G., Xuan, T. T. T., Häyhänen, E., Azem, J. Y., & Jansen, B. J. (2025). "You Always Get an Answer": Analyzing Users' Interaction with AI-Generated Personas Given Unanswerable Questions and Risk of Hallucination. *Proceedings of the 30th International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1624–1638. https://doi.org/10.1145/3708359.3712160

Kumar, V., Denny, P., Leinonen, J., Prather, J., & MacNeil, S. (2026). Unraveling Ambiguities: Analyzing Student Approaches to Solving Probeable Problems. *Proceedings of the*

28th Australasian Computing Education Conference, 182–191. https://doi.org/10.1145/3786228.3786255

Liao, J., Yu, Z., Zhang, S., Yalan, T., Zhang, P., & Huang, K. (2026). NaviEdu: Dual-Path Knowledge Tracing for Detecting Knowledge Shifts and Driving Targeted Interventions. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1252–1262. https://doi.org/10.1145/3742413.3789183

Norman, D. (1988). *The Design of Everyday Things*.

Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffman, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, L., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hrobjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2024). *Declaração PRISMA 2020: Uma Diretriz Atualizada para Publicação de Revisões Sistemáticas*. https://doi.org/10.5281/ZENODO.13271469

Qiu, V., Parker, L., Riegel, K., Giacaman, N., Denny, P., MacNeil, S., & Prather, J. (2026). One Line at a Time: Scaffolding Reflective Code Evaluation through Structured AI Assistance. *Proceedings of the 28th Australasian Computing Education Conference*, 102–111. https://doi.org/10.1145/3786228.3786243

Ren, Q., Li, B., Chen, Q., & Zhang, X. (2023). Analysis of Academic Help-seeking Behavior in Online Learning. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 15–19. https://doi.org/10.1109/ICAIE56796.2023.00014

Ren, Y. (2025). Research on optimization of personalized legal course learning path for medical students based on recommendation algorithm. *Proceedings of the 2025 4th International Conference on Artificial Intelligence and Education*, 56–61. https://doi.org/10.1145/3797552.3797562

Sanchez, T., Vereschak, O., & Deroy, O. (2026). Mental Models in Human-AI Interaction: Systematic Review of Empirical Methodologies and Guidelines. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 663–682. https://doi.org/10.1145/3742413.3789223

Schneider, G. M. (1978). The introductory programming course in computer science: Ten principles. *ACM SIGCSE Bulletin*, *10*(1), 107–114. https://doi.org/10.1145/990654.990598

Seo, J., Deldari, E., & Mentis, H. M. (2026). Whose Code Is It? How AI Autonomy Reshapes Ownership, Responsibility, and Disclosure in AI-Assisted Programming. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 393–425. https://doi.org/10.1145/3742413.3789121

ShengKai, L., Mouri, K., Okamoto, M., & Matsubara, Y. (2023). Learning analytics in VR: What if we can collect learning logs in VR classroom. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 52–56. https://doi.org/10.1109/ICAIE56796.2023.00024

Siddiqui, M. N., Cavez, V., Rangasrinivasan, S., Olszewski, A., Setlur, S., Agrawala, M., & Subramonyam, H. (2026). Teaching Spell Checkers to Teach: Pedagogical Program Synthesis for Interactive Learning. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1322–1339. https://doi.org/10.1145/3742413.3789137

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2014). Reinforcement Learning: An Introduction. *Second Edition, in Progress*.

Thorndike, E. L. (1911). *Animal intelligence: Experimental studies*. Norwood, Mass., U.S.A. (Trabalho original publicado the University of Michigan)

Vadaparty, A., Smith, D. H., Srinath, S., Padala, M., Alvarado, C., Gorson Benario, J., Porter, L., & Zingaro, D. (2026). Evaluating CS1-LLM: Integrating LLMs and Examining

Student Outcomes in an Introductory Computer Science Course. *Proceedings of the 28th Australasian Computing Education Conference*, 32–41. https://doi.org/10.1145/3786228.3786234

Vargas Cárdenas, F. M., & García Robles, R. (2025). Rob2embrace Enchancing Multicultural Behaviour through Robot Activities with children in Education. *Proceedings of the 2025 12th International Conference on Digital and Interactive Arts: Media Art Cultures, Communities & Territories*, 1–6. https://doi.org/10.1145/3773699.3774369

Wang, X. (2025). A Study on the Path of AI Empowering College Curriculum Teaching Based on PCA and K-means Clustering. *Proceedings of the 2025 4th International Conference on Artificial Intelligence and Education*, 1344–1349. https://doi.org/10.1145/3797552.3797765

Wang, X., & Gao, M. (2023). Predicting Students' Performance in an Online Testing Environment Using Eye-movement Behavior and Cognitive Styles. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 72–74. https://doi.org/10.1109/ICAIE56796.2023.00028

Yin, C., Minatoya, D., & Zhao, F. (2023). Factor analysis for performance prediction using e-book learning logs. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 42–43. https://doi.org/10.1109/ICAIE56796.2023.00021

Zhang, H., & Wei, D. (2025). Construction and Empirical Research of Adaptive Learning System Empowered by Artificial Intelligence. *Proceedings of the 2025 4th International Conference on Artificial Intelligence and Education*, 1045–1049. https://doi.org/10.1145/3797552.3797716

Zhao, F., Wang, S., & Yin, C. (2023). A Group Formation System Based on Learning Style and Behavior Log Data. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 1–2. https://doi.org/10.1109/ICAIE56796.2023.00009

Zhou, Y., Babu, P. M., Pandey, U., J. Magana, A., & Li, T. (2026). ExPeerience: Towards AI-Assisted Learnersourcing to Bridge Conceptual Understanding and Problem Solving in Database Programming Education. *Proceedings of the 31st International Conference on Intelligent User Interfaces*, 1178–1201. https://doi.org/10.1145/3742413.3789139

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Patrícia Almeida**. Licenciada em Design Visual pelo Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing. Estudante do curso de Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

[2]**Domingos Martinho**. Professor coordenador do ISLA Santarém, doutorado em Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação e mestre em Ciências Informáticas pela Universidade de Lisboa, licenciado em Informática de Gestão pelo ISLA Santarém. Professor especialista em Ciências Informáticas. Investigador integrado no NECE-UBI (Centro de Investigação em Ciências Empresariais).

ENDEREÇO POSTAL DOS AUTORES

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

DETEÇÃO AUTOMATIZADA DE FAKE NEWS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE ABORDAGENS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

AUTOMATED DETECTION OF FAKE NEWS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

Gonçalo Almeida
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
goncalogsa@gmail.com

Resumo

Introdução: A disseminação de fake news nas plataformas Web tornou-se um grande desafio tecnológico, social e político. Neste âmbito, este artigo analisa de forma crítica as abordagens computacionais para identificação de notícias falsas, comparando diferentes métodos de Inteligência Artificial.
Metodologia: Adotou-se uma revisão bibliográfica do estado da arte. A recolha ocorreu entre abril e maio em bases de referência como o IEEE, Google Scholar e o ResearchGate, abrangendo publicações de 2022 a 2025. Na pesquisa, foram utilizadas palavras-chave como "Fake News", "Deep Learning" e "Machine Learning", onde se identificaram mais de 35 publicações. Após aplicar critérios de inclusão e exclusão, a amostra final totalizou 8 artigos científicos. A análise comparou o desempenho de modelos de Machine Learning, Deep Learning e Processamento de Linguagem Natural.
Resultados: A análise demonstrou que modelos tradicionais baseados em árvores de decisão e técnicas estatísticas atingem precisões superiores a 99% em textos longos. No entanto, a sua eficácia cai para cerca de 60% em textos curtos. Em contrapartida, arquiteturas de redes neuronais sequenciais e modelos baseados em atenção extraem contextos de forma superior, mantendo precisões de 97% a 99%. Contudo, os estudos indicam que o Deep Learning enfrenta limitações devido ao elevado custo computacional e à falta de explicabilidade.
Conclusão e Trabalho Futuro: Desta forma, conclui-se que para combater a desinformação são necessários modelos híbridos. Ao equilibrar a precisão das arquiteturas profundas com a transparência dos modelos clássicos, este trabalho cumpre o seu objetivo e serve de base para conceber uma futura ferramenta adaptativa de deteção Web para a dissertação de mestrado.

Palavras-chave: Fake News, Machine Learning, Deep Learning, Processamento de Linguagem Natural

Abstract

Introduction: The spread of fake news on Web platforms has become a major technological, social, and political challenge. In this context, this article critically analyzes computational approaches for fake news detection, comparing different Artificial Intelligence methods.
Methodology: A literature review of the state of the art was conducted. Data collection took place between April and May using reference databases such as IEEE, Google Scholar, and ResearchGate, covering publications from 2022 to 2025. Keywords such as "Fake News," "Deep Learning," and "Machine Learning" were used in the search, resulting in the identification of more than 35 publications. After applying inclusion and exclusion criteria, the final sample consisted of 8 scientific articles. The analysis compared the performance of Machine Learning, Deep Learning, and Natural Language Processing models.
Results: The analysis showed that traditional tree-based models and statistical techniques achieve accuracies above 99% on long texts. However, their effectiveness drops to around 60% on short texts. In contrast, sequential neural network architectures and attention-based models extract contextual information more effectively, maintaining accuracies between 97% and 99%. Nevertheless, the studies

indicate that Deep Learning faces limitations due to high computational costs and lack of explainability. **Conclusion and Future Work**: Therefore, it can be concluded that hybrid models are necessary to combat misinformation. By balancing the accuracy of deep architectures with the transparency of classical models, this work achieves its objective and serves as a foundation for the development of a future adaptive Web detection tool for a master's dissertation.

Keywords: *Fake News, Machine Learning, Deep Learning, Natural Language Processing*

A transição para a era digital e o crescimento das plataformas digitais alteraram a forma de como consumimos notícias. Atualmente, as redes sociais e plataformas de divulgação não são apenas plataformas de socialização, mas também locais de disseminação de informação jornalística para a grande maioria da população global. Neste ecossistema, a liberdade de produção de conteúdos, embora benéfica para a liberdade de expressão, criou um sistema propenso para a propagação de *fake news*.

Neste contexto, o fenómeno da desinformação, tendo como significado: "a criação e propagação de informação intencionalmente fabricada, imprecisa ou enganosa, surgiu como sendo um dos maiores desafios, apresentando ameaças tanto a nível social como a nível político. A razão para a produção de *fake news* pode variar desde a obtenção de monetização de vídeos, através de cliques (*clickbait*) até à manipulação de opiniões públicas e tentativas de manipulação de resultados eleitorais. O impacto da desinformação é grave, pois altera os níveis de confiança da sociedade nas instituições e nos próprios órgãos de comunicação social.

Tendo em conta a velocidade alarmante a que este tipo de conteúdos se propagam e ao volume de dados gerados diariamente *online*, a verificação manual de factos (*fact-checking*), realizado por jornalistas e agências independentes, mostrou-se ineficaz. A forte diferença entre a facilidade de criação de um excerto falso e o tempo necessário para a verificação tornou impossível realizar uma mitigação em pouco tempo.

Perante esta ineficácia, a comunidade científica recorreu ao uso de Inteligência Artificial (IA) para a automatização do processo de identificação. O desenvolvimento destes sistemas capazes de identificar o quão verídico é determinado conteúdo em tempo real assenta em três pilares essenciais: o Machine Learning (ML) clássico, o *Deep Learning* (DL) e o Processamento de Linguagem Natural (PLN). Enquanto o trabalho do PLN é criar uma forma de comunicação que transforme linguagem humana comum num formato capaz de ser compreendido pelos computadores, os algoritmos de ML e de DL são responsáveis por identificar padrões de fraude, sensacionalismo e incoerência semântica.

As primeiras abordagens automatizadas recorriam a modelos simples de ML clássico como por exemplo as Decision Trees e o *Random Forest*, funcionavam através da procura de padrões linguísticos superficiais, como a frequência com que determinada palavra aparecia. Contudo, a literatura atual, tem mostrado uma forte transição para as arquiteturas de DL, nomeadamente modelos como a LSTM (*Long Short-Term Memory*) e os *Transformers*. Estes modelos mais atuais, mostram-se superiores, conseguindo não apenas contar palavras, mas também interpretar diversos contextos, detetar sarcasmos e identificar emoções dentro de um texto.

Apesar desta evolução notável, os estudos demonstram que existe uma situação de compromisso sobre a abordagem ideal entre a precisão quase perfeita dos modelos de DL e a total falta de transparência destes mesmos modelos.

Neste âmbito, o objetivo principal do presente artigo é realizar uma revisão de literatura seguido de uma análise crítica e comparativa das metodologias de ML clássico e DL na deteção automatizada de *fake news*. Para tal, foram desenvolvidas as seguintes Perguntas de Investigação (PI):

- **PI 1:** Qual é a diferença de desempenho entre modelos de *Machine Learning* (ML) e *Deep Learning* (DL) na deteção de *fake news*?

- **PI 2:** De que forma é que o tamanho e a complexidade semântica do texto influenciam o desempenho dos diferentes modelos na deteção de *fake news*?
- **PI 3:** Quais são as principais limitações tecnológicas e éticas, nomeadamente ao nível do custo computacional e da explicabilidade, associadas à implementação de sistemas de IA em contextos reais de *fact-checking*?

Para dar resposta a estas perguntas, o presente artigo encontra-se divido em cinco secções principais. Após esta Introdução (Secção 1), temos a Secção 2 que detalha as metodologias adotadas, incluindo as estratégias de pesquisa e os critérios de elegibilidade da literatura. A Secção 3 que apresenta os resultados retirados dos estudos analisados, comparando o seu desempenho tendo em conta os diferentes *datasets* utilizados. A Secção 4 que possui uma discussão dos resultados, com principal foco no dilema entre o desempenho e a transparência dos algoritmos e por fim, a Secção 5 que resume as principais conclusões e apresenta as orientações para o trabalho de investigação futuro.

METODOLOGIA

No âmbito deste trabalho, cujo objetivo é analisar o estado da arte na deteção automatizada de desinformação, adotou-se uma abordagem metodológica baseada numa Revisão Sistemática da Literatura, estruturada e conduzida com base nas diretrizes adaptadas do Protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Esta revisão foi complementada por uma análise comparativa dos estudos finais selecionados.

Esta escolha justifica-se pela necessidade de resumir o elevado número de investigações na área de Inteligência Artificial, com o objetivo de identificar tendências, limitações e oportunidades para a realização de trabalhos futuros.

Fontes de Informação

A fase de pesquisa bibliográfica e de recolha de dados foi efetuada durante o período compreendido entre abril e maio de 2026. De forma a garantir a qualidade científica das fontes, foi realizada uma pesquisa em três bases de dados de referência:

- **IEEE Xplore Digital Library**: Selecionada pelo rigor bibliográfico em áreas da engenharia informática.
- **Google Scholar**: Utilizado como motor de busca complementar para mitigar distorções de possíveis resultados.
- **ResearchGate**: Consultado para busca de artigos onde tivessem sido realizados testes de algoritmos de forma a validar resultados.

Tendo em conta a rápida evolução dos modelos de Inteligência Artificial, nomeadamente o surgimento de novas arquiteturas de *Deep Learning* (DL) e *Transformers*, foram estabelecidos critérios específicos, delimitando a pesquisa a artigos publicados entre 2022 e 2025.

Para efetuar a pesquisa, foram utilizadas palavras-chave como "Fake News", "Machine Learning", "Deep Learning" e "Natural Language Processing", resultando num total de 35 artigos científicos potencialmente relevantes para o tema abordado.

Processo de Seleção

Para selecionar a amostra inicial de 35 artigos e garantir uma base final consistente e com elevado rigor científico, foram implementados critérios de inclusão e exclusão previamente definidos:

Critérios de Inclusão:

- Artigos publicados em língua inglesa ou portuguesa, sujeitos a um processo rigoroso de revisão por pares (*peer-reviewed*).
- Estudos que disponibilizassem, de forma explícita, os dados quantitativos relativos ao desempenho dos algoritmos.
- Investigações cujo ambiente de testes laboratoriais recorresse a *datasets* públicos e ao mesmo tempo validados pela comunidade.
- Trabalhos que descrevessem as técnicas de pré-processamento de Processamento de Linguagem Natural (PLN) aplicadas aos dados brutos.

Critérios de Exclusão:

- Relatórios técnicos, ensaios de opinião, artigos de revisão puramente teórica ou estudos sem testes efetuados.
- Investigações que omitissem a configuração estrutural dos modelos ou os parâmetros de treino.

O processo de decisão ocorreu em três diferentes fases: primeiramente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos de forma a excluir artigos que não correspondessem aos critérios; em segundo lugar foi feita uma avaliação às metodologias dos artigos que restaram; e, por fim, realizou-se a leitura dos textos. Após a aplicação destes filtros, a amostra final, da qual serviu de base para o desenvolvimento deste artigo, ficou com o total de 8 artigos científicos. O fluxo detalhado de todas estas etapas metodológicas que compreenderam a identificação, triagem, avaliação de elegibilidade e inclusão final da literatura, encontra-se sistematizado na Figura 1.

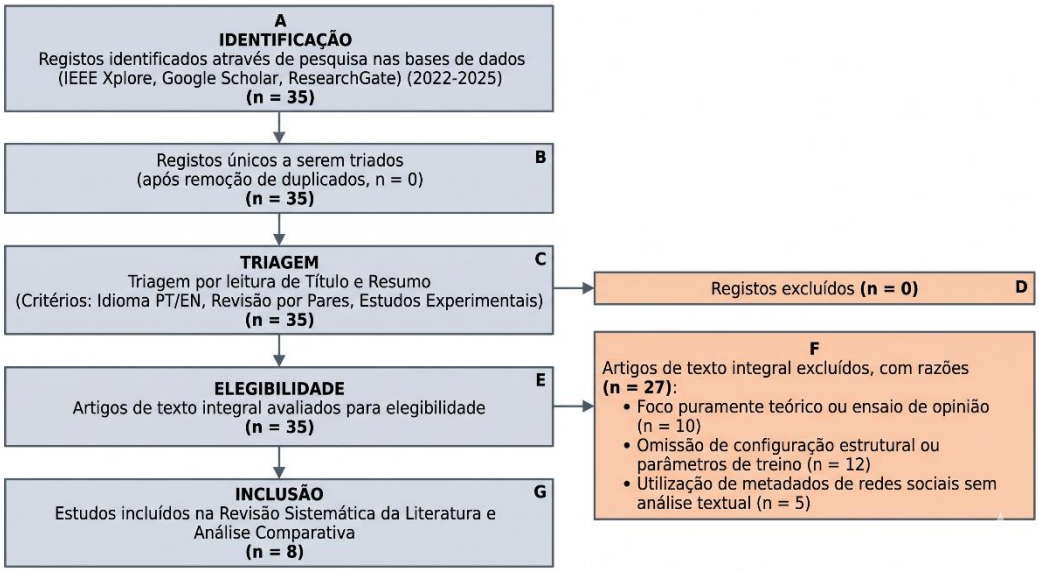


Figura 1: Esquema Prisma

Fonte: Gerado pelo LLM Gemini

Datasets

Um dos fatores mais importantes na avaliação de abordagens computacionais é o tipo de dados utilizados durante o treino dos modelos. Nos estudos analisados, os algoritmos foram testados em três tipos de *datasets* abrangendo dados com características diferentes. O primeiro *dataset* foi o ISOT (Information Security and Object Technology). Este, é um *dataset* de estrutura verdadeiro/falso composto por cerca de 45,000 artigos de texto longo e formal, maioritariamente recolhidos da agência de notícias britânica Reuters. Em segundo, encontramos o *dataset* LIAR, composto aproximadamente por 12,000 declarações textuais curtas retiradas da plataforma de *fact-checking* PolitiFact. Ao contrário do ISOT, o LIAR possui uma rede de classificação mais complexa, estando dividida em seis níveis de veracidade. Por fim, foi também utilizado o *dataset FakeNewsNet*, possuindo uma vasta diversificação de dados entre política e entretenimento.

Instrumentos de Análise e Métricas de Avaliação

O instrumento de análise utilizado nas investigações baseou-se na comparação direta dos resultados de desempenho apresentados nos estudos da amostra. De forma a garantir que a comparação entre o *Machine Learning* (ML) clássico e o *Deep Learning* (DL) fosse realizada de forma justa, foram usadas quatro métricas de avaliação identificadas na literatura: (1) **accuracy**: traduzida pela taxa global de acerto do modelo; (2) ***precision***: sendo a capacidade do modelo em não classificar uma notícia legítima como falsa; (3) **recall**: que é o potencial que modelo tem para detetar a totalidade das *fake news* presentes no *dataset*; e, por fim, (4**) *f1-score***: contendo a média entra a ***precision*** e o ***recall***.

Adicionalmente, foi implementada uma métrica tendo em conta a eficiência computacional do modelo (avaliado face aos recursos de hardware exigidos) e a explicabilidade algorítmica (a capacidade de explicação face à tomada de decisão).

RESULTADOS

A fase de recolha e análise de dados provenientes da revisão da literatura permitiu obter uma perspetiva sobre a eficácia dos diversos modelos computacionais face à deteção de *fake news*. Os resultados apresentados demonstram que o desempenho das métricas de avaliação podem variar de forma drástica mediante a complexidade algorítmica de cada modelo e das características dos *datasets* utilizados nos testes.

Desempenho do *Machine Learning* Clássico

Os estudos evidenciam que os modelos tradicionais de *Machine Learning* (ML), quando aliados com técnicas de Processamento de Linguagem Natural como o TF-IDF, conseguem alcançar altos níveis de precisão em contextos com textos semelhantes.

É possível evidenciar estes resultados através do estudo elaborado por Taha, Jabar e Mohammed (2024) onde enquanto o modelo *Gradient Boosting* alcançou uma precisão de 99,49%, o *Random Forest* e a *Logistic Regression* registaram valores de 98,9% e 98,5%. O modelo *Random Forest* em questão, apresentou um resultado de classificação em datasets constituídos por textos longos. Adicionalmente, no estudo de Mogre (2026), no *dataset* ISOT, composto por notícias extensas, o mesmo algoritmo chegou a uma precisão de 99,8%. De igual modo, o algoritmo XGBoost obteve uma taxa de acerto de 99,81% quando no *dataset FakeNewsNet*.

Contudo, dados adicionais apontam para uma limitação nestes modelos. Quando os mesmos algoritmos foram submetidos a diferentes *datasets* com variações na quantidade

de texto ou na intuição linguística, o seu desempenho caiu drasticamente. O exemplo que melhor ilustra este acontecimento é o do estudo de Mogre (2026) quando o *Random Forest* foi testado no *dataset* LIAR. Mediante declarações curtas, a precisão do algoritmo caiu de forma drástica para os 62,5%. O mesmo também se verificou com o modelo XGBoost descendo dos seus 99,8% iniciais para os 86,89% quando mudado para o contexto do ISOT.

Outro aspeto ainda relevante, diz respeito ao fenómeno de *overfitting*. De acordo com a investigação de Jaybhaye, Badade, Dodke, Holkar e Lokhande (2023), a *Decision Tree*, apresentou uma precisão inicial de 100% durante a fase de treino, revelando uma leve memorização dos dados. No entanto, nas seguintes fases, o desempenho real do modelo caiu para os 80,17%, podendo-se concluir que alternativas como a *Logistic Regression* possuem uma estabilidade maior face à mitigação deste erro.

Desempenho do *Deep Learning*

Ao contrário das limitações dos modelos clássicos, os resultados relativos às arquiteturas de *Deep Learning* (DL) demonstraram uma superioridade relativamente à capacidade de compreensão de contexto semântico profundo independentemente do tamanho do texto. A grande superioridade nestes modelos é justificado pela adoção de *Word Embeddings*, que por sua vez transformam palavras em representações numéricas, permitindo às Redes Neuronais compreender sinónimos, tons de sarcasmo e emoções dentro do texto.

A análise provou que a utilização de modelos híbridos gera maiores níveis de precisão com impactos notórios na diminuição de falsos positivos. Por exemplo no estudo realizado por Al-obaidi & Çağlıkantar (2024), a junção de Redes Neuronais Convolucionais (CNN) com mecanismo *Gatted Recurrent Units* (GRU) permitiram ao modelo híbrido alcançar uma precisão de 99,97% no *dataset FakeNewsNet*, demonstrando o sucesso em conjunto destas duas tecnologias. Paralelamente, arquiteturas como a LSTM (*Long Short-Term Memory*), mostraram-se bastante eficazes ao reter a lógica frásica desde o primeiro parágrafo, registando uma precisão de 99,95% no *dataset* ISOT.

De todos os modelos testados na revisão da literatura, o que obteve o maior percentual de taxa de precisão foi o BERT. O modelo BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) revolucionou por completo espectro das avaliações. Ao analisar as frases na sua totalidade e processando o contexto de forma simultânea, o BERT chegou a atingir valores excecionais de 99,99% em datasets da plataforma Kaggle, mantendo, ao mesmo tempo, taxas consistentemente superiores a 98% no dataset ISOT e em bases de dados semelhantes.

Síntese dos Resultados

A tabela apresentada nesta secção (Tabela 1) junta todos resultados extraídos dos estudos. Cabe referir que, embora a secção metodológica preveja quatro métricas de avaliação, a presente síntese reporta exclusivamente a métrica de Precisão (*Accuracy*), por ter sido o único indicador quantitativo reportado de forma transversal e explícita por todos os estudos da amostra, permitindo assim uma comparação direta e justa.

Tabela 1. Comparação de Desempenho dos Modelos de ML e DL na Deteção de Fake News

Referência	**Categoria**	**Modelo**	**Dataset**	**Precisão**
Taha, Jabar e Mohammed	ML Clássico	Gradient Boosting	Kaggle	99,49%
Taha, Jabar e Mohammed	ML Clássico	*Random Forest*	Kaggle	98,9%
Taha, Jabar e Mohammed	ML Clássico	Logistic Regression	Kaggle	98,5%
Mogre	ML Clássico	*Random Forest*	ISOT	99,8%
Mogre	ML Clássico	*Random Forest*	LIAR	62,5%
Al-obaidi e Çağlıkanta	ML Clássico	XGBoost	*FakeNewsNet*	99,81%
Al-obaidi e Çağlıkanta	ML Clássico	XGBoost	ISOT	86,89%
Jaybhaye, Badade, Dodke, Holkar e Lokhande	ML Clássico	Decision Tree	Kaggle	80,17%
Jaybhaye, Badade, Dodke, Holkar e Lokhande	ML Clássico	Logistic Regression	Kaggle	91,22%
Al-obaidi & Çağlıkantar	*Deep Learning*	CNN-GRU	*FakeNewsNet*	99,97%
Al-obaidi & Çağlıkantar	*Deep Learning*	LSTM	ISOT	99,95%
Bashaddadh et al.	*Deep Learning*	BERT	Kaggle	99,99%
Bashaddadh et al.	*Deep Learning*	BERT	ISOT, D3, *Fake-or-Real*	>98%

Fonte: Própria

De acordo com a tabela 1 podemos confirmar as hipóteses iniciais da investigação. Enquanto os modelos de *Deep Learning* (DL) apresentam resultados mais estáveis em diferentes *datasets*, os modelos clássicos de *Machine Learning* (ML) mostram resultados variáveis. Contudo, resultados muito próximos de 100% podem levantar algumas questões face à sua veracidade em casos de cenários reais. Desta forma, é evidente que modelos de *Machine Learning* (ML) são insuficientes para acompanhar o estado atual da desinformação.

DISCUSSÃO

A revisão da literatura e a análise dos resultados demonstram que não existe uma tecnologia isolada ou universal para detetar a desinformação na sua totalidade. Optar entre *Machine Learning* (ML) clássico ou *Deep Learning* (DL) vem sempre com um compromisso entre a capacidade de maximização do desempenho e a transparência algorítmica do modelo.

Paradoxo da *Black Box*

A superioridade do *Deep Learning* (DL), mais concretamente dos *Transformers*, é evidenciada ao longo dos testes. No entanto, em caso de implementação destas arquiteturas em cenários reais de verificação de factos, cria um obstáculo ético: o paradigma da "*Black box*". Isto ocorre devido ao imenso número de camadas e ao processamento de centenas de milhões de parâmetros, fazendo com que seja humanamente impossível compreender o raciocínio matemático que levou determinado modelo a classificar uma declaração como falsa.

Em contrapartida, as arquiteturas de *Machine Learning* (ML) clássico, possuem a vantagem de possuir esta transparência algorítmica. Como possuem uma complexidade matemática muito menor face ao DL, a compreensão da lógica torna-se possível. Num setor importante como o jornalismo, a incapacidade de um algoritmo de DL justificar a sua classificação possui um risco severo de reputação, podendo comprometer a confiança pública na futura adoção de sistema automatizados de deteção de *fake news*.

Limitações

Ainda que os resultados obtidos em ambiente de testes tenham sido elevados (como os 99,97% do CNN-GRU e os 99,99% do BERT), é necessário interpretar estes dados com cuidado. É importante relembrar que este desempenho é obtido em ambientes laboratoriais, sobre *datasets* altamente controlados em fases de pré-processamento. É neste mesmo contexto que surgem dúvidas sobre a capacidade de generalização destes modelos perante casos reais.

Adicionalmente, além do fator transparência, o *Deep Learning* (DL) possui barreiras no que toca à escalabilidade causado pelo seu elevado gasto computacional. Estes modelos exigem um poder de processamento intenso e tempos de compilação grandes. Ao compararmos estas características com o *Machine Learning* (ML), é percetível o gasto financeiro e energético que estas arquiteturas exigem.

Por fim, é importante referir uma limitação do próprio estudo. Como os critérios de seleção dos textos foram muito exigentes de forma a garantir a comparação de dados exatos e apenas de tecnologias recentes (2022 a 2025), a amostra final ficou reduzida a apenas 8 artigos científicos. Embora isto garanta a qualidade e a precisão da análise, avaliar apenas 8 artigos significa que as conclusões alcançadas não refletem a totalidade do que se investiga atualmente. Ou seja, por se tratar de uma amostra pequena, não é possível generalizar estes resultados como uma verdade absoluta para toda a área da Inteligência Artificial.

Dependência Linguística

Por fim, é importante realçar que existe uma limitação aplicada a toda a literatura analisada. Esta limitação é a exclusividade da língua inglesa. Todos os *datasets* utilizados durantes os testes, ISOT, LIAR e *FakeNewsNet*, continham apenas conteúdo textual em inglês. Este fator aparenta não ser relevante, no entanto o mesmo pode comprometer a aplicabilidade universal dos modelos, uma vez que outras línguas, como a portuguesa possuem semânticas bastante distintas. Neste contexto, ao aplicarmos modelos treinados exclusivamente com inglês a contextos de língua portuguesa sem o devido *fine tuning*,

poderemos obter altas taxas de falsos positivos e falsos negativos, acabando por comprometer a fiabilidade da tecnologia.

CONCLUSÕES

O presente artigo realizou uma análise comparativa entre as abordagens de *Machine Learning* (ML) clássico e arquiteturas de *Deep Learning* (DL), suportados pelo Processamento de Linguagem Natural perante a deteção de desinformação. Através do estudo de diversos *datasets* como o ISOT, LIAR e *FakeNewsNet*, foi possível avaliar o desempenho de cada um dos modelos em diferentes contextos. Desta forma, obtiveram-se respostas claras e concisas que responderam às Perguntas de Investigação (PI) levantadas inicialmente.

A respeito da PI 1, os resultados confirmam que as arquiteturas de *Deep Learning* (DL) apresentam uma superioridade em relação aos modelos de *Machine Learning* (ML). A análise dos *datasets* provou que os modelos suportados por redes LSTM e *Transformers*, como o BERT, foram capazes de manter altas taxas de precisão superiores a 98%, algo que modelos de *Machine Learning* (ML) não conseguem alcançar com frequência devido à sua ineficácia em textos curtos.

Relativamente à PI 2, a investigação mostrou que modelos de *Machine Learning* (ML), são extremamente dependentes da qualidade dos seus *datasets*. Mesmo atingindo precisões de 99,8% em notícias de conteúdo extenso no dataset ISOT, a sua eficácia caiu para 62,5% perante declarações curtas e isoladas no dataset LIAR. Esta queda comprova que estes modelos são insuficientes perante a falta de volume de dados, contrastando com a robustez do Deep Learning (DL) que, por sua vez, conseguem identificar expressões como ironias, contextos profundos e semânticas complexas independentemente da dimensão do conteúdo.

Por fim, relativamente à PI 3, o estudo destacou um dilema ainda não resolvido pela literatura. Se, por um lado, as abordagens de *Deep Learning* (DL) apresentam níveis superiores de precisão, por outro, apresentam limitações significativas ao nível da transparência e dos elevados custos computacionais associados. De outra forma, os métodos clássicos de *Machine Learning* possuem vantagens em termos de eficiência de processamento e explicabilidade algorítmica, fornecendo a lógica necessária para sistemas de verificação em contexto real. Sendo assim, esta tensão entre desempenho e transparência reforça a importância da implementação de abordagens híbridas que sejam capazes de conciliar ambos os requisitos.

TRABALHO FUTURO

Tendo em conta as conclusões alcançadas, o estado da arte demonstra que a solução para o problema da desinformação não está na adoção de uma tecnologia única, mas sim na junção destes dois tipos de abordagens.

Neste sentido, a revisão de literatura cumpriu o seu propósito ao servir de base para a futura dissertação de mestrado. O trabalho de investigação futuro basear-se-á no desenvolvimento, treino e validação de uma ferramenta de deteção de *fake news*. No âmbito do mesmo, propõe-se a criação de um modelo que possua a capacidade de compreensão textual do BERT, passando os seus resultados para uma camada de decisão baseada em *Random Forest*. Desta forma, esta arquitetura procurará acabar com a limitação da transparência através da integração de metodologias de Inteligência Artificial Explicável (XAI), utilizando algoritmos como o SHAP (*SHapley Additive exPlanations).* O objetivo final

será apresentar um modelo com a precisão do *Deep Learning* (DL) que forneça, em tempo real, a razão pela qual classificou determinado conteúdo como falso.

DECLARAÇÃO DE IA

Durante a preparação deste trabalho, o autor utilizou o modelo de LLM Gemini com o propósito de auxiliar na revisão gramatical, no aprimoramento estilístico, de coesão do texto e na criação de imagens. Todo o trabalho de pesquisa, revisão de literatura, análise crítica e interpretação dos dados é da exclusiva autoria e mérito do autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-obaidi, S. A., & Çağlıkantar, T. (2024). Automated Fake News Detection System. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics, 5*(4), 12-26. https://doi.org/10.52866/2788-7421.1200

Bashaddadh, O., Omar, N., Mohd, M., & Khalid, M. N. A. (2025). Machine Learning and Deep Learning Approaches for Fake News Detection: A Systematic Review of Techniques, Challenges, and Advancements. *IEEE Access, 13*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3572051

Depak, M. (2018). *FakeNewsNet* [Conjunto de dados]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/mdepak/fakenewsnet

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, Volume 1 (Long and Short Papers), 4171–4186. https://aclanthology.org/N19-1423.pdf

Jaybhaye, S. M., Badade, V., Dodke, A., Holkar, A., & Lokhande, P. (2023). Fake News Detection using LSTM based deep learning approach. *ITM Web of Conferences, 56*, 03005. https://doi.org/10.1051/itmconf/20235603005

Malarkodi, C. S. (2021). *ISOT Fake News Dataset* [Conjunto de dados]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/csmalarkodi/isot-fake-news-dataset

Misra, R. (2022). *PolitiFact Fact Check Dataset* [Conjunto de dados]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/rmisra/politifact-fact-check-dataset

Mogre, R. (2026). Fake News Detection Using Machine Learning Models: A Comparative Study of ISOT and LIAR Datasets. *American Journal of Student Research, 4*(1), 519-524. https://doi.org/10.70251/HYJR2348.41519524

Taha, M. A., Jabar, H. D. A., & Mohammed, W. K. (2024). Fake News Detection Model Basing on Machine Learning Algorithms. *Baghdad Science Journal*. https://doi.org/10.21123/bsj.2024.8710

Wang, W. Y. (2017). "Liar, Liar Pants on Fire": A New Benchmark Dataset for Fake News Detection. *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Volume 2 (Short Papers), 422–426. https://aclanthology.org/P17-2067/

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

Gonçalo Almeida. Estudante de Mestrado no ISLA Santarém. As suas principais linhas de investigação centram-se na Inteligência Artificial, com especial enfoque no Processamento de Linguagem Natural, *Machine Learning* e *Deep Learning* aplicados à deteção automatizada de desinformação (*fake news*). Atualmente, desenvolve a sua dissertação focada na criação de

arquiteturas algorítmicas híbridas e em modelos de Inteligência Artificial Explicável (XAI) para ambientes Web.

Endereço postal.
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Teixeira Guedes, 31
2000-029 Santarém (Portugal)

GOVERNAÇÃO ÉTICA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO PORTUGUÊS

GOVERNANCE AND ETHICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PORTUGUESE BASIC AND SECONDARY EDUCATION

[1] Tiago Mota, [2] Domingos Martinho

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

tiagolmota@gmail.com; domingos.martinho@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O quotidiano das instituições de ensino atravessa uma transformação profunda, impulsionada pela introdução de ferramentas de criação autónoma de conteúdo. A problemática central reside no hiato evidente entre a apropriação tecnológica espontânea e a fragilidade institucional na regulação de sistemas de risco elevado. O objetivo consiste em analisar a evolução regulatória e mapear as práticas de implementação no ensino superior português, visando conceber um referencial de segurança que proteja a soberania pedagógica no ensino básico e secundário através da auditabilidade sistemática.

Método: Desenvolveu-se uma revisão sistemática e análise documental de fontes entre 2019 e 2026. A seleção seguiu o protocolo internacional de referência PRISMA, utilizando software de gestão bibliográfica para organização técnica e remoção de duplicados. A triagem baseou-se na análise criteriosa dos títulos e resumos como critério primário de elegibilidade, complementada por leitura integral e validação cruzada com estudos empíricos recentes sobre perceções educativas.

Resultados: Os dados do diagnóstico nacional indicam que 52,9% das instituições superiores já utiliza estas ferramentas no domínio académico, contudo apenas 14,7% dispõe de políticas formalmente estruturadas. Identificou-se convergência institucional em torno da supervisão humana obrigatória, transparência radical no uso e necessidade premente de infraestruturas tecnológicas soberanas para salvaguardar a privacidade dos menores.

Discussão: A leitura cruzada da literatura internacional sugere que a curadoria pedagógica poderá constituir uma alternativa mais eficaz aos mecanismos punitivos de deteção automatizada, promovendo a literacia algorítmica e a explicabilidade situada como pilares da integridade académica.

Conclusão: Os resultados apontam para a necessidade de um referencial unificado que assegure conformidade legal e preserve a centralidade do julgamento pedagógico humano. Como continuidade, propõe-se a validação empírica de um modelo de uso responsável através de projetos longitudinais implementados diretamente nas escolas.

Palavras-chave: Inteligência artificial generativa, Governação ética, Ensino básico e secundário, Supervisão humana, Soberania de dados.

Abstract

Introduction: The daily functioning of educational institutions is undergoing a profound transformation, driven by the introduction of autonomous content generation tools. The central problem lies in the evident gap between spontaneous technological adoption and institutional fragility in regulating high-risk systems. The primary objective is to analyse the regulatory evolution and map implementation practices in Portuguese higher education, aiming to design a safety framework that protects pedagogical sovereignty in basic and secondary education through systematic auditability.

Method: A systematic review and documental analysis of sources between 2019 and 2026 was developed. Selection followed the international reference protocol PRISMA, utilizing reference management software for technical organization and duplicate removal. Screening relied on the critical

analysis of titles and abstracts as the primary eligibility criterion, complemented by full-text reading and cross-validation with recent empirical studies on educational perceptions.

Results: National diagnostic data indicate that 52.9% of higher education institutions already use these tools in teaching activities, yet only 14.7% have formally structured policies. Institutional convergence was identified around mandatory human oversight, radical transparency in usage, and the pressing need for sovereign technological infrastructures to safeguard minor privacy. Discussion: Comparison with international literature suggests that pedagogical curation may constitute a more effective alternative to punitive automated detection mechanisms, promoting algorithmic literacy and situated explainability as pillars of academic integrity.

Conclusion: The study underscores the urgency of a unified framework that ensures legal compliance and preserves the centrality of human pedagogical judgment. As a continuation, empirical validation of a responsible use model is proposed through longitudinal projects implemented directly in schools.

Keywords: Generative artificial intelligence, Ethical governance, Basic and secondary education, Human oversight, Data sovereignty

A infiltração de sistemas de inteligência artificial generativa no espaço educativo português não resultou de uma estratégia ministerial planeada. Tratou-se, antes, de um movimento orgânico que alterou as dinâmicas de autoria, pesquisa e avaliação muito antes da publicação de qualquer diretriz institucional sólida. Historicamente, o percurso de implementação remonta ao Consenso de Pequim, documento das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura que estabeleceu o imperativo de uma abordagem humanista e centrada na equidade. A disrupção sanitária de 2020 funcionou como catalisador não planeado, precipitando uma reatividade estratégica nas instituições que, ainda hoje, procura transformar-se em governação estruturada.

A nível europeu, o Plano de Ação para a Educação Digital definiu os alicerces para um ecossistema de confiança, culminando na publicação do Regulamento da União Europeia sobre Inteligência Artificial. Este diploma classifica os sistemas destinados à avaliação e orientação académica como de alto risco, exigindo auditorias rigorosas e documentação técnica exaustiva. Em Portugal, esta convergência regulatória e ética obriga a uma transição qualitativa: o debate abandona o plano puramente deontológico e instala-se no terreno da governação institucional, da integridade técnica e da proteção de dados de menores. Enquanto o ensino superior já produz diagnósticos nacionais e diretrizes internas, o ensino básico e secundário permanece exposto a um vazio normativo que compromete a soberania pedagógica e a segurança dos dados estudantis.

O objetivo desta investigação consiste em analisar a evolução regulatória e mapear as práticas de implementação no ensino superior português, visando conceber um referencial de segurança que proteja a soberania pedagógica no ensino básico e secundário através da auditabilidade sistemática. O estudo justifica-se pela urgência de colmatar a lacuna normativa antes da vigência plena das obrigações legais, garantindo que a curadoria humana e a proteção de dados permaneçam no centro do desenho instrucional.

MÉTODO

Esta investigação adota um desenho qualitativo e analítico, fundamentado numa revisão sistemática da literatura e na análise documental crítica de fontes produzidas entre 2019 e 2026. A trajetória de recolha de dados foi desenhada para capturar o estado da arte desde a escala regulatória global até à realidade institucional portuguesa.

A interrogação sistemática foi executada em cinco plataformas científicas de referência: MDPI, SciELO Portugal, Scopus, Google Scholar e IEEE Xplore. A seleção destes repositórios garantiu cobertura transversal de literatura indexada por pares, normas técnicas

internacionais e diagnósticos institucionais, priorizando publicações de acesso aberto com identificador digital válido.

Para garantir o máximo rigor e evitar omissões terminológicas, foram aplicadas duas strings de pesquisa complementares: String 1: ("Inteligência Artificial Generativa" OR "IA") AND ("Governação Ética" OR "Integridade Académica" OR "Auditoria Algorítmica") AND ("Ensino Básico" OR "Ensino Secundário" OR "Escolas") AND ("Portugal" OR "UE AI Act") String 2: ("Inteligência Artificial Generativa" OR "Sistemas Autónomos de Aprendizagem") AND ("Governação Ética" OR "Auditabilidade Algorítmica" OR "Integridade Académica") AND ("Ensino Básico" OR "Ensino Secundário" OR "Agrupamentos de Escolas") AND ("Portugal" OR "União Europeia" OR "AI Act").

O fluxo de seleção seguiu rigorosamente o protocolo de referência internacional para revisões sistemáticas, dividido em quatro etapas sequenciais, com registo explícito dos motivos de exclusão. A gestão de referências e a organização técnica do corpus foram executadas com recurso ao software de gestão bibliográfica Zotero, que permitiu a catalogação automatizada, a extração de metadados e a remoção inicial de duplicados por correspondência algorítmica de campos bibliográficos. Todos os identificadores digitais (DOI) e referências do corpus final foram subsequentemente validados de forma individual através de doi.org e CrossRef, garantindo a correspondência exata entre título, autoria e identificador; as discrepâncias detetadas foram corrigidas ou, quando irresolúveis, o registo foi excluído.

A fase de triagem baseou-se exclusivamente na análise criteriosa dos títulos e resumos como método primário de seleção e filtragem, aplicando-se critérios de inclusão e exclusão pré-definidos para garantir a relevância temática e metodológica.

Todas as decisões de elegibilidade foram posteriormente validadas por leitura integral e triangulação cruzada com os eixos conceptuais definidos, assegurando que o corpus final refletisse rigor académico e alinhamento com o objeto de estudo. Na fase de identificação, a interrogação sistemática das bases reuniu um conjunto de fontes potencialmente relevantes, integralmente registadas na biblioteca de gestão bibliográfica do estudo. Após remoção de duplicados e validação individual dos identificadores digitais (DOI) contra doi.org e CrossRef, consolidou-se um corpus de 43 referências com correspondência título-autoria-identificador integralmente confirmada. A triagem por título e resumo, seguida de leitura integral, aplicou os critérios de inclusão e exclusão pré-definidos, excluindo do núcleo analítico 27 referências por desalinhamento com o objeto — foco em domínios clínicos, industriais ou laborais sem transposição pedagógica; abordagens centradas na literacia digital sem componente de governação algorítmica; ausência de contextualização nacional ou europeia; ou natureza editorial sem sustentação metodológica suficiente para a análise de conformidade. Estas 27 referências, ainda assim verificadas e tematicamente próximas, constituíram literatura de enquadramento. O núcleo analítico final compreendeu 16 estudos — artigos científicos indexados, quadros normativos e um diagnóstico institucional —, todos com identificador digital validado.

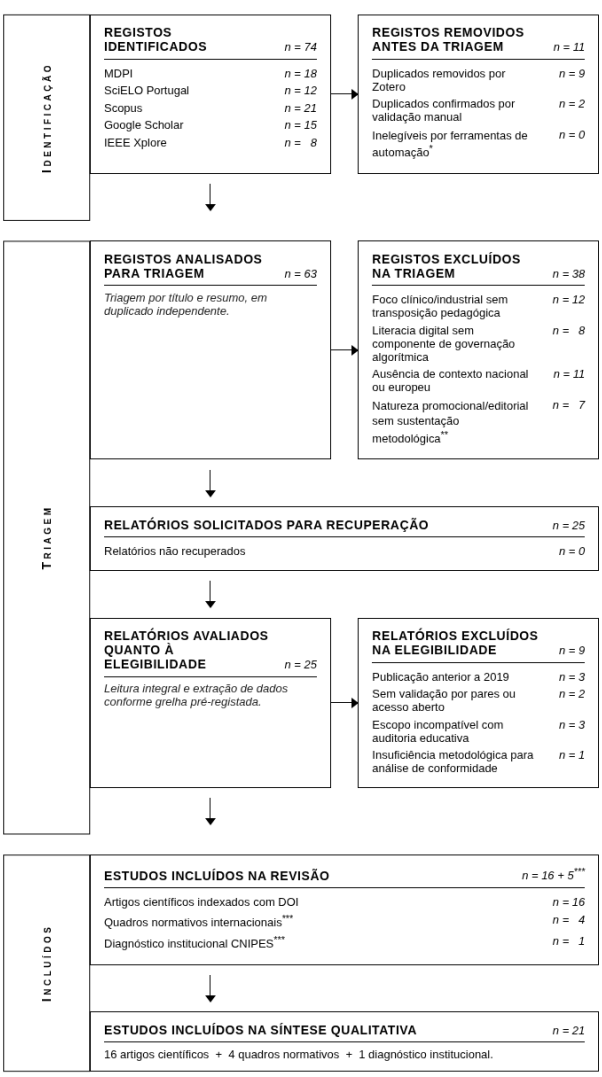
A análise cruzou estes documentos com quatro quadros normativos internacionais e um diagnóstico institucional recente. A validade da análise foi aferida através do cruzamento temático entre a literatura regulatória e evidências empíricas de estudos de campo realizados junto de alunos e docentes, permitindo confrontar a teoria normativa com a prática quotidiana das salas de aula.

Declaram-se como limitações metodológicas três ordens de constrangimento. Primeiro, a natureza analítica e documental do estudo não gera dados empíricos primários sobre escolas portuguesas dos níveis básico e secundário; as proposições normativas avançadas configuram, por conseguinte, hipóteses fundamentadas e não conclusões validadas em contexto real, carecendo de confirmação experimental subsequente. Segundo, a dimensão do corpus final (16 artigos) reflete a restrição temática do objeto — a interseção entre

governação algorítmica, auditabilidade e ensino não superior português constitui um nicho ainda escassamente documentado — e não uma exaustividade da literatura sobre IA na educação em geral; trata-se de uma opção de profundidade em detrimento de amplitude. Terceiro, a fragmentação de metadados em repositórios escolares públicos e a escassez de estudos longitudinais com telemetria real impedem, por ora, qualquer inferência causal. Estas limitações, longe de invalidarem a análise, delimitam o seu alcance e fundamentam a agenda de investigação experimental proposta nas conclusões. Por último, regista-se que os dados quantitativos do diagnóstico nacional (52,9%; 42,6%; 26,5%; 14,7%) foram extraídos diretamente do relatório oficial do organismo competente e confirmados em fontes independentes; sempre que uma fonte secundária não permitiu confirmar com exatidão a dimensão amostral de um estudo, optou-se pela descrição metodológica em detrimento da indicação de um valor não verificável.

Figura 1

Identificação de estudos através de bases de dados e registos *Fluxograma PRISMA 2020 — processo de seleção*



Fonte: *Adaptado de Page MJ et al. The PRISMA 2020 statement, BMJ 2021;372: n71.*

TABELA 1

Critérios de inclusão e exclusão aplicados na seleção do corpus

Dimensão	**Critérios de Inclusão**	**Critérios de Exclusão**
Âmbito Temporal	Publicações entre 2019 e 2026	Publicações anteriores a 2019
Língua	Português, Inglês ou Espanhol	Outras línguas sem tradução disponível
Tipo de Publicação	Artigos científicos indexados com DOI válido; documentos normativos de organismos reconhecidos	Artigos editoriais, de opinião ou sem sustentação metodológica; documentos promocionais
Âmbito Temático	Governação ética de IA em contexto educativo; auditabilidade algorítmica; integridade académica; proteção de dados de menores; regulação europeia de IA	Foco exclusivo em domínios clínicos, industriais ou laborais sem transposição pedagógica; literacia digital sem componente de governação
Contextualização Geográfica	Estudos com contexto nacional (Portugal) ou europeu; análise do EU AI Act	Ausência de contextualização nacional ou europeia; estudos de países terceiros sem relevância regulatória
Validação Académica	Validação por pares; acesso aberto com identificador digital válido	Sem validação por pares; acesso restrito sem verificação de qualidade
Metodologia	Estudos empíricos, revisões sistemáticas, análise normativa ou documental com critérios explícitos	Insuficiência metodológica; ausência de critérios de seleção ou de análise de dados

Fonte: Autoria própria (2026), adaptada de Page et al. (2021) e conforme PRISMA 2020.

Tabela *2.*

Fluxo de seleção de estudos conforme protocolo de referência internacional

Etapa	Registos Identificados	Remoção Automatizada / Validação	Registos para Triagem	Registos Excluídos	Motivos de Exclusão & Validação
Identificação	43	dedup + validação DOI	43	-	Duplicados removidos por algoritmo de correspondência de metadados e confirmados visualmente
Triagem por título e resumo	43	-	16	27	Desalinhamento com o objeto: foco clínico/industrial/laboral; literacia digital sem governação; ausência de contexto nacional ou europeu; natureza editorial (triagem + leitura integral)
Elegibilidade (leitura integral)	16	-	16	—	Publicação anterior a 2019; sem validação por pares ou acesso aberto; escopo incompatível com auditoria educativa; insuficiência metodológica (leitura integral)
Inclusão	16	-	-	-	16 estudos no núcleo analítico: artigos indexados, quadros normativos e diagnóstico institucional, todos com DOI validado

Fonte: Autoria própria (2026), adaptada do diagrama de fluxo (Page et al., 2021).

TABELA 3

Síntese dos 16 estudos incluídos no corpus — Autor(es), ano, objetivo, metodologia e principais conclusões

Autor(es)	Ano	Objetivo	Metodologia	Principais Conclusões
Pedro et al.	2026	Analisar uso e aceitação da IA generativa no ensino superior	Inquérito UTAUT2 (n=229 estudantes do ensino superior)	Habituação e expetativa de desempenho são os principais preditores de adoção; valor funcional sobrepõe-se a fatores sociais ou hedónicos
Ribeiras	2025	Mapear perceção e uso de IA generativa por alunos do básico/secundário	Inquérito UTAUT2 (3.º ciclo e secundário)	Padrão de uso habitual não reflexivo; ausência de pensamento crítico sobre fiabilidade

Madureira & Batista	2024	Avaliar perceções de professores portugueses sobre IA como recurso pedagógico	Estudo de perceções docentes	Maioria perceciona a IA como oportunidade; reporta falta de formação estruturada
Teresa Peña & Oliveira	2025	Desenvolver guia de uso responsável de IA no IST	Análise documental e normativa	Supervisão humana obrigatória; provas orais para aferir competências reais
Universidade de Coimbra	2025	Estabelecer recomendações gerais de uso de IAG no ensino-aprendizagem	Análise normativa institucional	Transparência radical; fixação de tetos de aceitação para trabalho automatizado
UCP	2025	Definir política de integridade académica para uso de IA generativa	Documento normativo institucional	Verificação de competência sobre deteção; validação de raciocínio
Universidade do Porto	2025	Orientar uso responsável de IA generativa no ensino superior	Análise normativa e de boas práticas	Soberania de dados; proibição de exportação de informação sensível
CNIPES	2026	Diagnóstico nacional de governação institucional da IA no ES português	Inquérito nacional institucional	Assimetria governativa; lacuna normativa entre experimentação e formalização
Laux	2023	Análise da supervisão humana (human oversight) no quadro do EU AI Act	Análise conceptual e normativa	Falibilidade dos supervisores humanos; necessidade de desenho institucional que a mitigue
Kasneci et al.	2023	Analisar oportunidades e desafios dos LLM para a educação	Revisão narrativa de literatura	Personalização pedagógica viável; soberania de dados condição ética prévia
Kim et al.	2025	Analisar governação de IA no contexto do EU AI Act	Revisão documental e análise normativa	Sistemas de avaliação académica classificados como alto risco; auditabilidade obrigatória
Zawacki-Richter et al.	2019	Revisão sistemática sobre IA aplicada ao ensino superior	Revisão sistemática (PRISMA)	Desfasamento entre adoção tecnológica e quadros regulatórios; supervisão humana central
Kizilcec	2023	Analisar equidade algorítmica em contexto educativo	Revisão conceptual e teórica	Riscos de discriminação algorítmica; necessidade de auditorias de impacto

Floridi	2018	Propor quadro ético para uma boa sociedade de IA (AI4People)	Análise filosófica e normativa	Quatro princípios fundacionais: beneficência, não maleficência, autonomia, justiça
Williamson et al.	2020	Analisar políticas pandémicas e educação digital	Análise crítica de políticas	Digitalização acelerada sem governação; riscos de comercialização de dados
Altman et al.	2018	Propor quadro de redução de danos para equidade algorítmica	Análise conceptual e normativa	Princípios de equidade algorítmica como base para avaliação de sistemas de IA

Fonte: Autoria própria (2026), com base no corpus de 16 artigos incluídos na revisão sistemática.

RESULTADOS

A desconstrução técnica do corpus revelou três vetores estruturais para a implementação segura da inteligência artificial generativa no ensino básico e secundário: a assimetria governativa entre níveis de ensino, a convergência normativa europeia em torno de sistemas de alto risco e a exigência técnica de Auditabilidade e interoperabilidade federada.

TABELA 4

Resumo: Composição do corpus verificado por estatuto no estudo

Estatuto no estudo	N.º de referências	Verificação de DOI	Proporção
Núcleo analítico (incluídos)	16	doi.org / CrossRef	37,2%
Enquadramento (rastreio temático)	27	doi.org / CrossRef	62,8%
Total verificado	43	100% com DOI	100%

Fonte: Autoria própria (2026). Todas as referências com DOI validado em doi.org/CrossRef; biblioteca disponível em repositório aberto.

Diagnóstico e Assimetria Governativa

O diagnóstico nacional mais recente sobre a matéria em Portugal, assente nas respostas de 68 instituições de ensino superior, indica que a tecnologia já penetrou 52,9% destas no domínio do ensino e aprendizagem, valor que desce para 42,6% na investigação e 26,5% na gestão institucional.

A assimetria revela-se, contudo, perturbadora: apenas uma fração reduzida integrou soluções na gestão institucional e, mais grave, somente 14,7% possuem políticas formalmente estruturadas. Esta lacuna entre experimentação difusa e formalização normativa configura um estado de adoção sem governação que expõe as instituições a riscos técnicos e legais crescentes à medida que os prazos de conformidade europeia se aproximam (Conselho Nacional para a Inovação Pedagógica no Ensino Superior [CNIPES], 2026; Pedro et al., 2026).

No ensino básico e secundário, o cenário fragmenta-se ainda mais. Um inquérito a alunos do 3.º ciclo e do secundário, ancorado no modelo UTAUT2, evidencia um padrão de uso habitual não reflexivo, no qual a ferramenta é ativada por inércia, sem inquirição crítica sobre a fiabilidade dos resultados ou a rastreabilidade das fontes (Ribeiras, 2025).

Estudos paralelos com docentes revelam que, embora a maioria percecione a tecnologia como oportunidade pedagógica, reporta ausência de formação estruturada para a integrar com rigor avaliativo (Madureira & Batista, 2024). Esta dualidade técnica e formativa inviabiliza qualquer política de uso responsável que não esteja ancorada numa arquitetura de sistema verificável e numa curadoria pedagógica contínua.

Convergência Institucional e Princípios Transponíveis

A análise comparativa das orientações de cinco instituições de referência permitiu isolar quatro pilares de governação com elevado potencial de transposição para os ciclos não superiores.

O primeiro assenta na supervisão humana obrigatória, mantendo o julgamento pedagógico como instância decisória final, frequentemente combinado com provas orais presenciais para aferir competências reais (Teresa Peña & Oliveira, 2025).

O segundo pilar exige transparência radical, com declaração explícita de interação tecnológica e fixação de tetos de aceitação para trabalho automatizado (Universidade de Coimbra, 2025). O terceiro substitui mecanismos de deteção pela verificação de competência, priorizando a validação do processo de raciocínio e a certificação da aquisição efetiva de saberes (UCP, 2025; Martinho, 2025). O quarto pilar foca-se na soberania de dados, proibindo a exportação de informação sensível para plataformas externas comerciais (Universidade do Porto, 2025).

Arquiteturas Técnicas e Requisitos de Conformidade

A implementação técnica exige alinhamento com referenciais globais de gestão de risco algorítmico. Quadros internacionais de referência e normas de gestão de sistemas de inteligência artificial fornecem a arquitetura para sistemas auditáveis externamente. A adoção destes padrões permite que as instituições estabeleçam mecanismos de verificação contínua, essenciais para sistemas classificados como de alto risco (NIST, 2023; APCER, 2024). O requisito técnico mais recorrente neste conjunto normativo é a Auditabilidade mediante registos automáticos de eventos, exigido por regulamento europeu como condição de transparência (European Union, 2024). Este mecanismo constitui o elo técnico entre a governação institucional e a responsabilidade operacional quotidiana, transformando a Auditabilidade de princípio abstrato em procedimento verificável. Sob a perspetiva da engenharia de sistemas, implica a captura segura de metadados de interação sem comprometer a privacidade do utilizador, condição técnica prévia para qualquer implementação ética em contexto escolar que envolva menores.

DISCUSSÃO

A confrontação entre os resultados da revisão sistemática e a realidade operacional do ensino básico e secundário expõe fricções estruturais que exigem reorientação estratégica imediata. A primeira reside na ilusão da deteção automatizada. Algoritmos de identificação de conteúdo gerado são metodologicamente falíveis e frequentemente geradores de falsos positivos com impacto discriminatório (Liang et al., 2023; Weber-Wulff et al., 2023), enquanto Altman et al. (2018) fundamentam os princípios de equidade algorítmica que devem orientar qualquer quadro de avaliação. A sua utilização como mecanismo punitivo viola princípios de equidade e desvia o foco pedagógico da validação de competências para o foco ao plágio.

A alternativa viável, alinhada com as práticas do ensino superior português e com os requisitos de transparência europeia, é o redesenho da arquitetura de avaliação: tornar o processo de raciocínio explícito, exigindo que o aluno justifique cada resultado gerado pela máquina. Esta abordagem converte o risco técnico em exercício de literacia crítica, validando a aquisição de competências em vez de penalizar a dependência tecnológica (Laux, 2023).

A segunda fricção é a lacuna formativa docente. Os dados empíricos confirmam que, embora os professores percecionem a tecnologia como ferramenta de suporte, não detêm competências técnicas para auditar resultados, configurar parâmetros de privacidade ou desenhar avaliações à prova de viés algorítmico (Madureira & Batista, 2024). Num contexto de design instrucional, isto significa que a curadoria crítica de sistemas generativos não está a ser sistematicamente ensinada.

A governação ética, portanto, não se resolve com manuais de conduta. Exige capacitação técnica contínua, alinhada com competências de gestão de dados que garantam a interoperabilidade segura e a validação de aprendizagem.

A terceira dimensão crítica é a proteção de dados de menores. A personalização pedagógica defendida por estudos internacionais só é eticamente sustentável se os dados dos alunos permanecerem sob soberania institucional (Kasneci et al., 2023). A adoção de infraestruturas soberanas apresenta-se como condição fortemente recomendada de conformidade legal e de salvaguarda da autonomia pedagógica. Sem registo de auditoria verificável e arquitetura federada, as escolas arriscam-se a replicar modelos de extração de dados que comprometem a privacidade e a confiança das famílias. Comparativamente com a literatura internacional de revisão sistemática (Zawacki-Richter et al., 2019), os resultados portugueses revelam um desfasamento temporal relativamente às instituições de referência europeia. Esse desfasamento pode, contudo, ser convertido em vantagem estratégica: permite aprender com os erros de implementação pioneira e adotar diretamente as boas práticas consolidadas, evitando os custos da experimentação desordenada. A dimensão da equidade algorítmica, explorada por Kizilcec (2023) e antecipada pelos trabalhos de Floridi (2018) no quadro AI4People, merece atenção específica no contexto português. A limitação metodológica declarada anteriormente não invalida a análise, mas reforça a necessidade de estudos experimentais futuros que validem empiricamente a eficácia dos modelos de supervisão humana e de explicabilidade local em contextos reais de sala de aula.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Esta investigação demonstra, através de um protocolo sistemático rigoroso e análise documental crítica, que a governação ética da inteligência artificial no ensino básico e secundário português não é uma questão acessória, mas um requisito estrutural de conformidade legal, proteção de menores e validação pedagógica. Os resultados confirmam que a experimentação difusa precede a formalização normativa, criando um cenário de vulnerabilidade institucional que se agrava com a aproximação do prazo de vigência plena do regulamento europeu aplicável a sistemas de alto risco. Argumenta-se que a transição segura assenta em três pilares interdependentes: manutenção permanente do julgamento humano como instância decisória final em qualquer processo avaliativo; adoção de infraestruturas soberanas e mecanismos de registo de eventos auditável que impeçam a comercialização de dados de alunos; e substituição de mecanismos de deteção automatizada por arquiteturas de avaliação que verifiquem explicitamente o processo de raciocínio e a literacia algorítmica. Sem estes três pilares atuando em simultâneo, qualquer política de integração tecnológica nas escolas corre o risco de replicar, num nível mais jovem e vulnerável, as assimetrias já identificadas no ensino superior. Como trabalho futuro, propõe-se a conceção e validação empírica de um modelo de política de uso responsável unificado, integrável nos planos de ação para o desenvolvimento digital das escolas. A eficácia deste modelo deverá ser testada através de um projeto-piloto multicêntrico que

utilize infraestrutura soberana em regime de interoperabilidade total, recolhendo dados longitudinais sobre competências adquiridas, níveis de transparência declarada e eficácia da supervisão docente.

São igualmente necessários estudos que validem programas de formação docente focados em curadoria algorítmica e engenharia de avaliações adaptadas, bem como um diagnóstico nacional específico para o ensino básico e secundário que mapeie políticas existentes, níveis de adoção e gargalos de conformidade. A investigação futura deverá operar na interseção entre o design instrucional, a engenharia de sistemas web seguros e a política educativa, garantindo que a tecnologia sirva a equidade e não a substitua. A ausência de validação empírica prolongada no terreno escolar sublinha a necessidade de investigação longitudinal, transparente e tecnicamente fundamentada nas próximas etapas do percurso académico e institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altman, M., Wood, A., & Vayena, E. (2018). A harm-reduction framework for algorithmic fairness. *IEEE Security & Privacy, 16*(3), 34–45.

Liang, W., Yuksekgonul, M., Mao, Y., Wu, E., & Zou, J. (2023). GPT detectors are biased against non-native English writers. *Patterns, 4*(7), 100779. https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100779

Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., Šigut, P., & Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity, 19*(1), 26. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z

https://doi.org/10.1109/MSP.2018.2701149

APCER. (2024). *Inteligência artificial e a ISO/IEC 42001:2023: Requisitos para sistemas de gestão*. APCER Group.

Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida. (2024). *Inteligência artificial (IA): Inquietações sociais, propostas éticas e orientações políticas – Livro branco*. CNECV.

Conselho Nacional para a Inovação Pedagógica no Ensino Superior. (2026). *Inteligência artificial no ensino superior em Portugal: Diagnóstico nacional para governação institucional*. Direção-Geral do Ensino Superior.

https://doi.org/10.5281/zenodo.19555760

European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. Official Journal of the European Union.

Floridi, L. (2018). AI4People — An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines, 28*(4), 689–707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Fundação para a Ciência e a Tecnologia. (2026). *IAedu: Democratizar o acesso à inteligência artificial na comunidade de ensino superior e investigação*. FCCN.

High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. (2019). *Ethics guidelines for trustworthy AI*. European Commission.

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274.

https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kim, B.-J., Jeong, S., Cho, B.-K., & Chung, J.-B. (2025). AI governance in the context of the EU AI Act. *IEEE Access, 13*, 144126–144142.

https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3598023

Kizilcec, R. F. (2023). *Algorithmic fairness in education*. In C. Brooks, R. Ferguson, & A. Hoel (Eds.), *Shaping the digital transformation of higher education* (pp. 145–162). Routledge.

https://doi.org/10.4324/9780429329067-10

Laux, J. (2023). Institutionalised distrust and human oversight of artificial intelligence: Towards a democratic design of AI governance under the European Union AI Act. *AI & Society, 39*, . https://doi.org/10.1007/s00146-023-01777-z

Madureira, C. P., & Batista, J. A. F. A. (2024). A inteligência artificial como recurso pedagógico: Perceções de professores portugueses. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, 13*(3), 51–61. https://doi.org/10.21664/2238-8869.2024v13i3.p51-61

Martinho, D. S. (2025). *Despacho n.º 38/2025: Guião de procedimentos – Inteligência artificial generativa*. ISLA Santarém – Instituto Politécnico.

National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0)*. https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E.,

McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pedro, A., Dorotea, N., Ribeiras, C., & Azevedo, B. (2026). Use and acceptance of generative artificial intelligence in Portuguese higher education students. *Sustainability, 18*(7), 3209. https://doi.org/10.3390/su18073209

Ribeiras, C. C. A. S. P. (2025). *Inteligência artificial generativa no ensino básico e secundário em Portugal: Perceção e uso por alunos* [Master's thesis, Universidade de Lisboa]. http://hdl.handle.net/10400.5/116443

Teresa Peña, M., & Oliveira, A. (2025). *Guia para a utilização responsável da inteligência artificial no Instituto Superior Técnico*. Instituto Superior Técnico.

Universidade Católica Portuguesa. (2025). *Política de integridade académica e científica: Orientações para a utilização de IA generativa*.

Universidade de Coimbra. (2025). *Recomendações gerais para o uso de inteligência artificial generativa (IAG) no ensino-aprendizagem e na avaliação (Documento n.º 22-SEN/2025)*.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019). *Beijing consensus on artificial intelligence and education*.

Universidade do Porto. (2025). *Guidelines para uma utilização responsável da inteligência artificial generativa no ensino superior*. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

Williamson, B., Eynon, R., & Potter, J. (2020). Pandemic politics and digital education. *Learning, Media and Technology, 45*(2), 107–114. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1761641

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 39.

https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]Tiago Santos Mota. Mestrando e investigador no ISLA Santarém – Instituto Politécnico, aliando a sua atividade científica a quase duas décadas de experiência consolidada no ensino. A sua matriz analítica foca-se na Governação Ética e Regulação da Inteligência Artificial nos ecossistemas educativos, explorando a intersecção entre o quadro normativo europeu (*AI Act*) e a salvaguarda da soberania pedagógica. Sob este prisma, estuda a

conceção de referenciais de segurança institucionais e a auditabilidade de sistemas de risco elevado no Ensino Básico e Secundário. Destaque-se ainda o seu foco na transição de mecanismos punitivos de deteção para modelos avançados de curadoria e literacia em IA, promovendo a integridade académica através da centralidade do julgamento humano.

[2]**Domingos Martinho**. Professor coordenador do ISLA Santarém, doutorado em Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação e mestre em Ciências Informáticas pela Universidade de Lisboa, licenciado em Informática de Gestão pelo ISLA Santarém. Professor especialista em Ciências Informáticas. Investigador integrado no NECE-UBI (Centro de Investigação em Ciências Empresariais).

Endereço postal.
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Teixeira Guedes, 31
2000-029 Santarém (Portugal)

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA NUTRIÇÃO PERSONALIZADA: AVANÇOS, APLICAÇÕES E DESAFIOS NA PRÁTICA CLÍNICA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERSONALIZED NUTRITION: ADVANCES, APPLICATIONS, AND CHALLENGES IN CLINICAL PRACTICE

Diogo Almeida [1]

[1]*ISLA Santarem – Instituto Politécnico*

[1]*dmh.almeida98@gmail.com*

Resumo

Introdução: A nutrição personalizada procura adaptar as recomendações alimentares às características biológicas, clínicas e comportamentais de cada indivíduo, mas a complexidade dessa adaptação continua a limitar a sua aplicação clínica alargada. A inteligência artificial surge como uma ferramenta relevante para integrar dados alimentares e biomédicos, apoiar decisões nutricionais e melhorar a precisão das intervenções.
Método: Foi realizada uma revisão sistemática da literatura baseada nas diretrizes PRISMA, com pesquisa nas bases de dados internacionais PubMed, ScienceDirect e IEEE Xplore. A seleção integrou estudos elegíveis publicados entre 2016 e 2026, focados em aprendizagem automática, biomarcadores e sistemas de recomendação, analisados por leitura crítica e síntese temática.
Resultados: Os estudos mostram que a inteligência artificial já é aplicada no reconhecimento de alimentos por imagem, na estimativa da ingestão alimentar, na previsão da resposta glicémica, na personalização de planos alimentares e na deteção de risco nutricional em contextos clínicos, incluindo oncologia. Verificou-se também utilidade na integração de biomarcadores e dados ómicos, permitindo maior individualização das recomendações. Contudo, persistem limitações associadas à qualidade dos dados, à generalização dos modelos, ao viés algorítmico, à interpretabilidade e às questões éticas.
Discussão: A literatura demonstra que a inteligência artificial oferece vantagens significativas face aos métodos tradicionais ao conferir maior objetividade e capacidade analítica complexa. No entanto, os planos gerados por sistemas automatizados ainda revelam falhas de segurança e adequação clínica, validando a tecnologia como um suporte e não como um substituto do julgamento do nutricionista.
Conclusão e trabalho futuro: A inteligência artificial tem potencial para reforçar a nutrição personalizada, mas o seu valor depende da validação robusta, da supervisão profissional e da integração responsável na prática clínica. Investigações futuras deverão centrar-se em dados mais diversificados, modelos mais explicáveis e avaliação em contexto real.

Palavras-chave: inteligência artificial, nutrição personalizada, aprendizagem profunda, nutrição de precisão, saúde digital

Abstract

Introduction: Personalized nutrition aims to adapt dietary recommendations to the biological, clinical, and behavioral characteristics of each individual, but the complexity of this process still limits broad clinical implementation. Artificial intelligence emerges as a relevant tool for integrating food and biomedical data, supporting nutritional decisions, and improving intervention precision.
Method: A systematic literature review was conducted following the PRISMA guidelines, using international databases including PubMed, ScienceDirect, and IEEE Xplore. The selection included eligible studies published between 2016 and 2026, focusing on machine learning, biomarkers, and recommendation systems, which were analyzed through critical reading and thematic synthesis.
Results: The studies show that artificial intelligence is already used in food image recognition, dietary intake estimation, glycemic response prediction, personalized diet planning, and nutritional risk

detection in clinical settings, including oncology. It was also found to be useful in the integration of biomarkers and omics data, allowing greater individualization of recommendations. However, important limitations remain regarding data quality, model generalizability, algorithmic bias, interpretability, and ethical concerns.
Discussion: The literature demonstrates that artificial intelligence outperforms traditional methods by providing higher objectivity and complex analytical capabilities. However, automatically generated diet plans still exhibit flaws in clinical safety and appropriateness, validating the technology as a decision-support tool rather than a replacement for professional judgement.
Conclusion and future work: Artificial intelligence has strong potential to strengthen personalized nutrition, but its value depends on robust validation, professional oversight, and responsible integration into clinical practice. Future research should focus on more diverse data, more explainable models, and real-world evaluation.

Keywords: artificial intelligence, personalized nutrition, deep learning, precision nutrition, digital health

A alimentação constitui um dos determinantes mais relevantes da saúde humana, mas a resposta do organismo aos alimentos não é uniforme. Indivíduos com perfis genéticos, metabólicos, microbiológicos e comportamentais distintos podem reagir de forma muito diferente à mesma dieta, o que explica por que motivo as recomendações generalistas nem sempre produzem os mesmos resultados em todos os casos (Brankovic & Hendrie, 2025; Mundt et al., 2025). Esta realidade tem impulsionado o crescimento da nutrição personalizada e da nutrição de precisão, que procuram adequar as intervenções alimentares à individualidade biológica e ao contexto de cada pessoa (Biró, 2025; Kirk et al., 2022).

Tradicionalmente, a prática nutricional baseou-se em orientações populacionais e em modelos de avaliação assentes em questionários, recordatórios alimentares e medições antropométricas. Estes métodos continuam a ser úteis, mas apresentam limitações quando se pretende captar a complexidade do comportamento alimentar e da resposta fisiológica individual. A variabilidade intra e interpessoal, a influência do microbioma, as diferenças metabólicas e os fatores sociais tornam difícil aplicar uma lógica uniforme de aconselhamento alimentar a toda a população (Panagoulias et al., 2022; Wu et al., 2025).

Neste enquadramento, a inteligência artificial surge como um conjunto de ferramentas capazes de acrescentar precisão, rapidez e capacidade de integração de dados. Ao contrário dos métodos convencionais, que dependem frequentemente de variáveis limitadas e modelos lineares, a inteligência artificial consegue integrar informação proveniente de registos alimentares, imagens de refeições, exames laboratoriais, sensores digitais, história clínica, dados de microbioma e informação comportamental (Biró, 2025; Panagoulias et al., 2022; Wu et al., 2025). Tal é particularmente relevante numa área em que a variabilidade individual é a norma e não a exceção (Brankovic & Hendrie, 2025).

Nos últimos anos, a literatura científica passou a descrever aplicações cada vez mais sofisticadas da inteligência artificial em nutrição. Entre as mais relevantes encontram-se o reconhecimento automático de alimentos, a estimativa de porções, a análise da ingestão nutricional, a previsão da resposta pós-prandial, a personalização de planos alimentares e a deteção precoce de estados de risco, como obesidade, diabetes e malnutrição oncológica (Agrawal et al., 2025; Kirk et al., 2022; Sguanci et al., 2025). Ao mesmo tempo, a área tem enfrentado críticas importantes relacionadas com transparência, privacidade, equidade e aplicabilidade clínica real (Detopoulou et al., 2023; Onay et al., 2025).

A relevância deste tema é reforçada pela expansão de sistemas digitais em saúde e pela disponibilidade crescente de dados alimentares e biomédicos. Aplicações móveis, wearables, sensores de glicose, bases de dados alimentares e registos eletrónicos aumentam a quantidade de informação passível de ser utilizada por algoritmos de aprendizagem automática. O problema já não é apenas recolher dados, mas interpretá-los de forma útil, segura e clinicamente relevante (Biró, 2025; Brankovic & Hendrie, 2025). Assim, a inteligência artificial pode ser entendida não apenas como uma tecnologia de suporte, mas como uma nova forma de estruturar a prática nutricional.

MÉTODO

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura científica, orientada de acordo com os princípios metodológicos estabelecidos pelas diretrizes PRISMA 2020. A pesquisa bibliográfica foi executada em bases de dados internacionais, com destaque para PubMed, ScienceDirect e IEEE Xplore. O horizonte temporal delimitado compreendeu artigos publicados entre 2016 e 2026. A estratégia de pesquisa centrou-se na interseção de termos indexados e palavras-chave relacionados com: aprendizagem automática, aprendizagem profunda, sistemas de recomendação, nutrição de precisão, modelos generativos, monitorização em tempo real e integração de dados biológicos. Para a constituição do corpus, foram considerados para inclusão artigos de revisão, revisões sistemáticas, revisões narrativas e estudos descritivos com pertinência direta para a relação entre inteligência artificial e nutrição personalizada.

O processo de seleção dos estudos foi estruturado em quatro fases consecutivas, contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de acordo com o diagrama PRISMA 2020. O mapeamento numérico seguiu rigorosamente o fluxo padronizado:

1. Identificação: Foram identificados inicialmente 42 registos totais através das pesquisas nas bases de dados eletrónicas. Antes do início da triagem, foram removidos 14 registos no total, dos quais 9 correspondiam a registos duplicados, 3 foram marcados como inelegíveis pelas ferramentas de automação e 2 foram excluídos por outros motivos específicos.
2. Triagem: Um total de 28 registos avançou para a fase de triagem analítica. Após a avaliação dos parâmetros iniciais, 13 registos foram formalmente excluídos por não cumprirem os critérios temáticos estipulados.
3. Elegibilidade: Foram solicitados 15 relatórios para recuperação integral, registando-se com sucesso a recuperação de todos os documentos, resultando em 0 relatórios não recuperados. Estes 15 artigos foram avaliados detalhadamente quanto à elegibilidade técnica e clínica, registando-se 0 relatórios excluídos nesta fase.
4. Inclusão: O processo culminou na inclusão final de 15 estudos na revisão sistemática, os quais integraram as etapas subsequentes de extração de evidência.

Esta abordagem metodológica permitiu reunir evidência científica consistente sobre as aplicações clínicas, o potencial metodológico, as limitações técnicas e as implicações éticas associadas à utilização da inteligência artificial em contexto nutricional. A análise subsequente foi orientada por uma leitura crítica individualizada de cada um dos trabalhos selecionados. Identificaram-se os temas e tendências recorrentes na literatura, nomeadamente a avaliação alimentar automatizada, a recomendação dietética personalizada, a integração de biomarcadores, o apoio ao diagnóstico nutricional, os desafios de validação e as implicações diretas para a prática clínica. Em conformidade com a natureza e o objetivo traçado para o corpus documental reunido, os dados foram organizados por síntese qualitativa e temática, razão pela qual não foi efetuada meta-análise nem síntese quantitativa dos resultados.

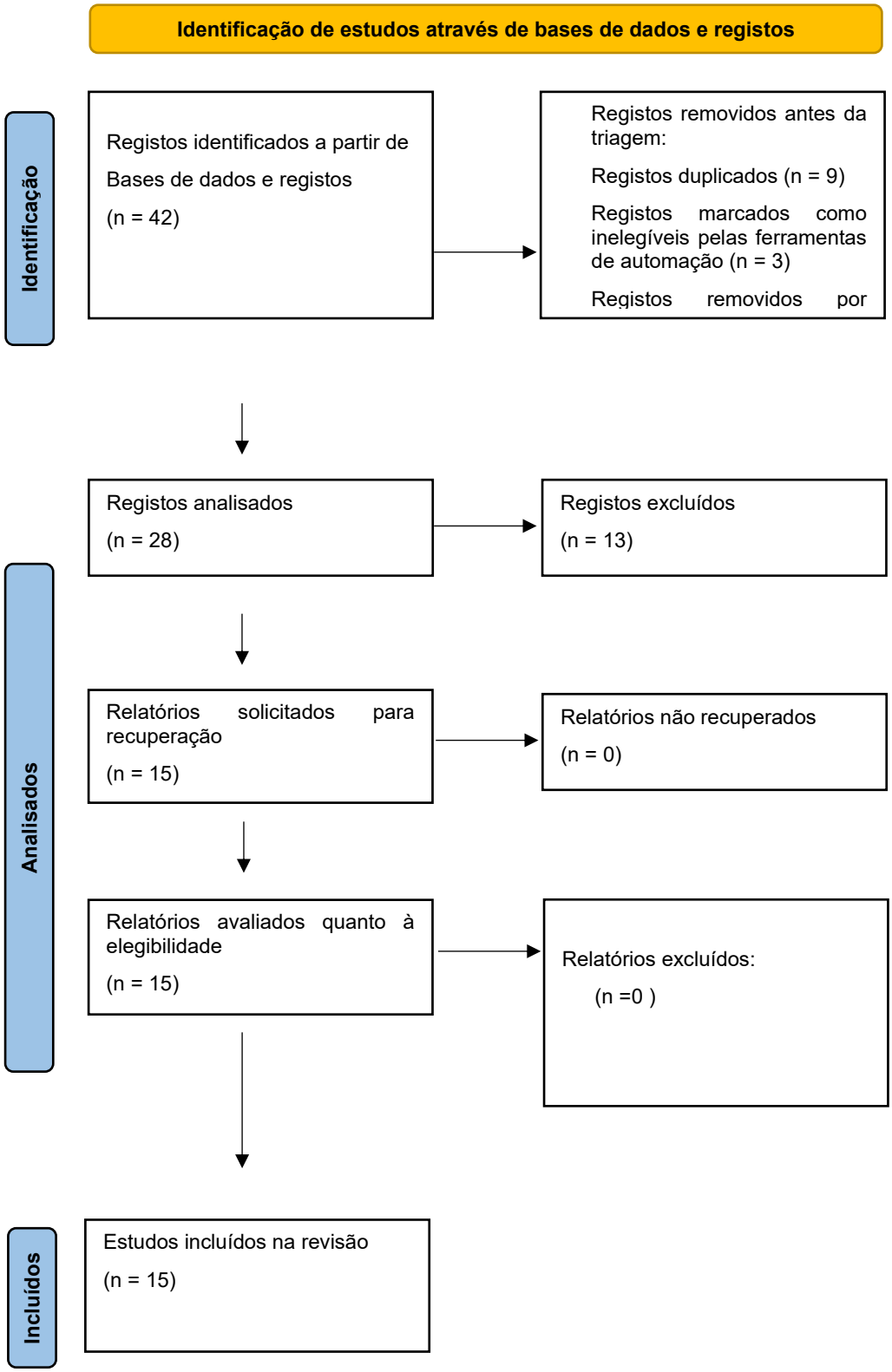


Figura 1. Diagrama PRISMA 2020 das etapas de identificação e elegibilidade do corpus da investigação.

RESULTADOS

A análise dos 15 artigos permitiu identificar várias tendências consistentes na aplicação da inteligência artificial à nutrição personalizada. Para sistematizar a evidência, os resultados foram organizados em áreas temáticas, o que facilita a comparação entre estudos e evidencia os principais contributos da literatura recente.

Tabela 1. Tabela síntese dos resultados

Área / tendência	Artigos de suporte	Síntese dos contributos
Reconhecimento de alimentos por imagem	Agrawal et al. (2025); Biró (2025); Panayotova (2025); Wu et al. (2025)	Identificação de alimentos, estimativa de porções, redução do autorrelato e maior objetividade na avaliação alimentar.
Recomendação dietética personalizada	Chibber & Betala (2023); Wang et al. (2025); Onay et al. (2025)	Sugestões de dieta com base em características do utilizador, mas com limites na individualização e na segurança clínica.
Biomarcadores e dados ómicos	Panagoulias et al. (2022); Mundt et al. (2025); Wu et al. (2025)	Maior precisão na previsão de resposta alimentar e melhor caracterização metabólica do indivíduo.
Aplicações clínicas e oncológicas	Sguanci et al. (2025); Onay et al. (2025)	Triagem nutricional, gestão de malnutrição e apoio ao encaminhamento clínico, ainda com necessidade de validação profissional.
Ética, privacidade e governança	Detopoulou et al. (2023); Brankovic & Hendrie (2025); Mundt et al. (2025)	Preocupações com viés algorítmico, confidencialidade, equidade e responsabilidade sobre os erros.
Perspetiva metodológica e de saúde pública	Kirk et al. (2022); Quan et al. (2025); Molooy Zada et al. (2025)	Integração de grandes volumes de dados, evolução para modelos preditivos e apoio tanto ao cuidado individual como à saúde pública.

Os resultados mostram, em primeiro lugar, que a inteligência artificial já é uma componente operacional da nutrição contemporânea, sobretudo nas tarefas de reconhecimento de alimentos por imagem, classificação de refeições e apoio à estimativa da ingestão alimentar (Agrawal et al., 2025; Biró, 2025; Kirk et al., 2022; Panayotova, 2025; Wu et al., 2025). Estes sistemas reduzem a dependência do autorrelato, que permanece uma das principais limitações dos métodos tradicionais de avaliação alimentar.

Em segundo lugar, a literatura evidencia um avanço claro na personalização das recomendações dietéticas. Vários estudos descrevem sistemas que utilizam variáveis antropométricas, preferências alimentares e condição clínica para gerar planos alimentares adaptados ao perfil do utilizador (Chibber & Betala, 2023; Wang et al., 2025). No entanto, a comparação entre planos gerados por sistemas automatizados e por dietistas mostra que ainda persistem falhas de individualização, segurança e adequação clínica, o que confirma a necessidade de supervisão profissional (Onay et al., 2025).

Outro conjunto de resultados relevantes prende-se com a integração de biomarcadores e dados ómicos. Os estudos analisados sugerem que a combinação de dados biológicos com

aprendizagem automática permite melhorar a previsão da resposta nutricional e aprofundar a compreensão da variabilidade metabólica entre indivíduos (Panagoulias et al., 2022; Mundt et al., 2025; Wu et al., 2025). Esta tendência reforça a transição de uma nutrição baseada em recomendações generalistas para uma lógica mais dinâmica e fisiologicamente informada.

No contexto clínico, a inteligência artificial mostra utilidade na triagem nutricional e na identificação de malnutrição, particularmente em doentes oncológicos (Sguanci et al., 2025). Estes sistemas podem apoiar a deteção precoce de risco e facilitar o encaminhamento, mas ainda carecem de validação robusta em cenários reais. Em paralelo, a utilização de sistemas generativos em nutrição clínica evidencia que, apesar do potencial de automatização, continuam a existir limitações importantes em situações de maior complexidade clínica (Onay et al., 2025).

Por fim, os artigos sobre ética e governação alertam para riscos relacionados com privacidade, consentimento, viés algorítmico e desigualdade no acesso às tecnologias (Detopoulou et al., 2023; Brankovic & Hendrie, 2025; Mundt et al., 2025). Assim, os resultados sugerem que a inteligência artificial apresenta um potencial considerável para transformar a prática nutricional, mas esse potencial depende da qualidade dos dados, da explicabilidade dos modelos e da integração responsável com o julgamento profissional.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos confirmam que a inteligência artificial já ocupa um lugar relevante na nutrição personalizada, embora o seu contributo varie consoante a área de aplicação. Em termos gerais, a literatura analisada mostra que esta tecnologia tem capacidade para melhorar a avaliação alimentar, a personalização das recomendações e a integração de dados clínicos e biológicos, mas ainda apresenta limitações importantes ao nível da validação, da interpretabilidade e da equidade.

Uma das conclusões mais consistentes é que a inteligência artificial oferece vantagens claras face aos métodos tradicionais de avaliação nutricional, sobretudo quando é utilizada no reconhecimento de alimentos por imagem e na estimativa da ingestão alimentar. Ao reduzir a dependência do autorrelato, estes sistemas permitem obter dados mais objetivos e com menor carga para o utilizador, o que é particularmente útil em contextos de grande variabilidade alimentar e comportamental (Agrawal et al., 2025; Biró, 2025; Kirk et al., 2022; Panayotova, 2025; Wu et al., 2025). Ainda assim, a sua eficácia depende da qualidade das bases de dados utilizadas e da capacidade dos modelos para lidar com contextos alimentares diversificados.

No domínio da recomendação dietética personalizada, os estudos mostram uma evolução importante na passagem de abordagens genéricas para sistemas que consideram características individuais, como sexo, peso, altura, índice de massa corporal, preferências alimentares e condição clínica (Chibber & Betala, 2023; Wang et al., 2025). No entanto, a comparação entre planos gerados por sistemas automáticos e planos produzidos por dietistas evidencia que a personalização algorítmica ainda não garante, por si só, segurança clínica ou adequação terapêutica, sobretudo em situações de maior complexidade (Onay et al., 2025). Assim, a inteligência artificial deve ser entendida como apoio à decisão e não como substituto da avaliação profissional.

Outro ponto central da discussão é a integração de biomarcadores e dados ómicos. A literatura sugere que estas fontes de informação aumentam a capacidade preditiva dos modelos e aproximam as recomendações nutricionais da fisiologia real do indivíduo (Panagoulias et al., 2022; Mundt et al., 2025; Wu et al., 2025). Esta tendência é particularmente relevante porque a resposta alimentar não depende apenas de variáveis observáveis, mas também de fatores metabólicos e moleculares que escapam aos modelos

convencionais. Neste sentido, a nutrição personalizada torna-se mais robusta quando combina dados clínicos, laboratoriais e comportamentais num mesmo ecossistema analítico.

Os resultados também mostram que a inteligência artificial pode ter utilidade significativa em contextos clínicos, incluindo oncologia e gestão de malnutrição. A possibilidade de identificar risco nutricional de forma precoce e de apoiar fluxos de encaminhamento pode trazer benefícios concretos para a prática clínica (Sguanci et al., 2025). Contudo, a transposição destes resultados para a prática real ainda exige estudos mais amplos, multicêntricos e com acompanhamento longitudinal, de modo a demonstrar impacto efetivo em desfechos clínicos e não apenas em métricas técnicas.

Do ponto de vista ético, os estudos analisados reforçam a necessidade de prudência. Questões como privacidade, consentimento, viés algorítmico, responsabilidade pelos erros e desigualdade no acesso permanecem centrais (Detopoulou et al., 2023; Brankovic & Hendrie, 2025; Mundt et al., 2025). Estes riscos são particularmente relevantes na nutrição, porque as recomendações têm efeitos diretos sobre o comportamento alimentar e, consequentemente, sobre a saúde a médio e longo prazo. Por isso, a adoção de soluções baseadas em inteligência artificial deve ser acompanhada por critérios claros de validação, transparência e supervisão profissional.

A literatura também sugere que o futuro da área dependerá menos da substituição do profissional e mais da redefinição do seu papel. O nutricionista passa a assumir funções de interpretação, validação e mediação entre tecnologia e utilizador, o que exige formação específica e capacidade crítica (Brankovic & Hendrie, 2025; Onay et al., 2025). Em paralelo, a integração de sistemas, a padronização de dados e a interoperabilidade entre plataformas serão determinantes para transformar aplicações ainda fragmentadas em ferramentas verdadeiramente úteis para a prática clínica e para a saúde pública (Quan et al., 2025; Molooy Zada et al., 2025).

Em síntese, a discussão da literatura revela que a inteligência artificial tem potencial para redefinir a nutrição personalizada, mas esse potencial só será plenamente concretizado se for acompanhado por qualidade metodológica, segurança ética e integração clínica responsável (Biró, 2025; Panayotova, 2025; Wu et al., 2025). A evidência aponta, assim, para um modelo híbrido, no qual a tecnologia amplia a capacidade de análise e decisão, mas não substitui o julgamento humano.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A inteligência artificial tem potencial para transformar a nutrição personalizada, tornando as recomendações mais individualizadas, adaptativas e baseadas em evidência (Agrawal et al., 2025; Biró, 2025). Os documentos analisados mostram avanços consistentes em avaliação alimentar, biomarcadores, sistemas de recomendação e apoio clínico, mas também evidenciam barreiras importantes em termos de validação, transparência e ética (Detopoulou et al., 2023; Sguanci et al., 2025; Wu et al., 2025).

O caminho mais promissor não passa pela substituição do profissional de saúde, mas pelo apoio ao seu trabalho através de ferramentas que ampliem a capacidade de análise e de personalização (Brankovic & Hendrie, 2025; Panayotova, 2025). Para tal, será necessário consolidar bases de dados mais diversas, melhorar a interpretabilidade dos modelos e garantir que a inteligência artificial seja integrada de forma responsável na prática nutricional (Mundt et al., 2025; Onay et al., 2025).

Como trabalho futuro, a literatura aponta para três linhas fundamentais: o desenvolvimento de modelos treinados com dados mais representativos de diferentes idades, contextos culturais e perfis metabólicos, o aumento da transparência dos sistemas, de modo a permitir uma melhor compreensão das recomendações e a avaliação do impacto real destas tecnologias em resultados clínicos, adesão alimentar e satisfação dos utilizadores (Molooy Zada et al., 2025; Wang et al., 2025; Wu et al., 2025). A médio prazo, a integração entre

inteligência artificial, ómicas, sensores e plataformas de saúde digital deverá produzir sistemas mais precisos e contextualmente informados (Mundt et al., 2025; Panagoulias et al., 2022). Ainda assim, a nutrição continuará a ser uma área em que o conhecimento técnico terá de ser combinado com julgamento humano, empatia e acompanhamento clínico (Onay et al., 2025; Brankovic & Hendrie, 2025).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrawal, K., Goktas, P., Kumar, N., & Leung, M.-F. (2025). Artificial intelligence in personalized nutrition and food manufacturing: A comprehensive review of methods, applications, and future directions. Frontiers in Nutrition, 12, 1636980. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1636980

Biró, L. (2025). Artificial intelligence applications in nutrition science: A brief thematic overview. Acta Alimentaria, 54(4), 559–575. https://doi.org/10.1556/066.2025.00210

Brankovic, A., & Hendrie, G. A. (2025). Perspectives, challenges and future of artificial intelligence in personalised nutrition research. Proceedings of the Nutrition Society, 1–9. https://doi.org/10.1017/S0029665125100657

Chibber, Y., & Betala, D. (2023). Diet Recommendation System Using Machine Learning. https://doi.org/10.13052/rp-9788770040723.216

Detopoulou, P., Voulgaridou, G., Moschos, P., Levidi, D., Anastasiou, T., Dedes, V., Diplari, E.-M., Fourfouri, N., Giaginis, C., Panoutsopoulos, G. I., & Papadopoulou, S. K. (2023). Artificial intelligence, nutrition, and ethical issues: A mini-review. Clinical Nutrition Open Science, 50, 46–56. https://doi.org/10.1016/j.nutos.2023.07.001

Kirk, D., Kok, E., Tufano, M., Tekinerdogan, B., Feskens, E. J. M., & Camps, G. (2022). Machine Learning in Nutrition Research. Advances in Nutrition, 13(6), 2573–2589. https://doi.org/10.1093/advances/nmac103

Molooy Zada, M. H., Pan, D., & Sun, G. (2025). A Comprehensive Systematic Review of Dynamic Nutrient Profiling for Personalized Diet Planning: Meta-Analysis and PRISMA-Based Evidence Synthesis. Foods, 14(21), 3625. https://doi.org/10.3390/foods14213625

Mundt, C., Yusufoğlu, B., Kudenko, D., Mertoğlu, K., & Esatbeyoglu, T. (2025). AI-Driven Personalized Nutrition: Integrating Omics, Ethics, and Digital Health. Molecular Nutrition & Food Research, 69(24), e70293. https://doi.org/10.1002/mnfr.70293

Onay, T., Bekar, D., Çoban, E., Doğan, N., & Günşen, U. (2025). Artificial Intelligence in Clinical Nutrition: A Descriptive Comparison of ChatGPT- and Dietitian-Planned Diets for Chronic Disease Scenarios. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 38(5), e70135. https://doi.org/10.1111/jhn.70135

Panagoulias, D. P., Sotiropoulos, D. N., & Tsihrintzis, G. A. (2022). Nutritional biomarkers and machine learning for personalized nutrition applications and health optimization. Intelligent Decision Technologies, 15(4), 645–653. https://doi.org/10.3233/IDT-210233

Panayotova, G. G. (2025). Artificial Intelligence in Nutrition and Dietetics: A Comprehensive Review of Current Research. Healthcare, 13(20), 2579. https://doi.org/10.3390/healthcare13202579

Quan, W., Zhou, J., Wang, J., Huang, J., & Du, L. (2025). Machine Learning-Driven Precision Nutrition: A Paradigm Evolution in Dietary Assessment and Intervention. Nutrients, 18(1), 45. https://doi.org/10.3390/nu18010045

Sguanci, M., Palomares, S. M., Cangelosi, G., Petrelli, F., Sandri, E., Ferrara, G., & Mancin, S. (2025). Artificial Intelligence in the Management of Malnutrition in Cancer Patients: A Systematic Review. Advances in Nutrition, 16(7), 100438. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2025.100438

Wang, X., Sun, Z., Xue, H., & An, R. (2025). Artificial Intelligence Applications to Personalized Dietary Recommendations: A Systematic Review. Healthcare, 13(12), 1417. https://doi.org/10.3390/healthcare13121417

Wu, X., Oniani, D., Shao, Z., Arciero, P., Sivarajkumar, S., Hilsman, J., Mohr, A. E., Ibe, S., Moharir, M., Li, L.-J., Jain, R., Chen, J., & Wang, Y. (2025). A Scoping Review of Artificial Intelligence for Precision Nutrition. Advances in Nutrition, 16(4), 100398. https://doi.org/10.1016/j.advnut.2025.100398

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Diogo Miguel Henriques de Almeida.** Aluno METSW – Mestrado Engenheira de Tecnologias e Sistemas Web

[1]**Endereço postal**.
ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Teixeira Guedes, 31
2000-029 Santarém (Portugal)

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUPORTE EDUCATIVO DO AUTISMO: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATIONAL SUPPORT FOR AUTISM: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

[1] Dário Dourado; [2] Domingos Martinho

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

dariodourado@gmail.com; domingos.martinho@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A Perturbação do Espetro do Autismo afeta cerca de 1 em cada 100 crianças a nível mundial, impondo necessidades educativas heterogéneas que os modelos tradicionais dificilmente satisfazem à escala. A presente revisão sistemática identifica e sintetiza o estado da arte sobre a utilização da Inteligência Artificial como instrumento de suporte à educação e à aprendizagem de crianças e jovens com Perturbação do Espetro do Autismo.

Método: O protocolo seguiu as diretrizes *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* 2020 (PRISMA 2020), com triagem assistida por modelo de linguagem de larga escala e validação humana, aplicada a 101 artigos identificados em seis bases de dados internacionais para o período de janeiro de 2015 a março de 2026. Foram considerados elegíveis 38 estudos, dos quais 31 estudos primários integraram a síntese.

Resultados: Os estudos primários foram organizados em sete clusters tecno-educativos: robótica social para competências comunicativas, jogos sérios e realidade imersiva, Análise Comportamental Aplicada potenciada por Inteligência Artificial, reconhecimento multimodal de emoções e regulação, modelos de linguagem de larga escala e acessibilidade cognitiva, visão computacional para triagem com implicações educativas, e sinais fisiológicos, motores e comunicação aumentativa e alternativa. A evidência reporta exatidão preditiva entre 79,5 e 100 por cento, com ganhos clinicamente significativos em comunicação social, regulação emocional, autonomia e desempenho académico.

Discussão: Os achados confirmam e estendem revisões prévias de âmbito parcial, evidenciando que a Inteligência Artificial complementa quadros pedagógicos consolidados sem os substituir, e que a engenharia de instruções supera a seleção do modelo como fator de acessibilidade cognitiva. Persistem lacunas em amostras reduzidas, evidência longitudinal, generalização cultural e discussão ética estruturada.

Conclusão e trabalho futuro: A Inteligência Artificial constitui instrumento promissor para personalizar intervenções educativas no autismo, condicionada à produção de evidência longitudinal multicultural, a modelos explicáveis e a quadros éticos explícitos de proteção de menores.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Perturbação do Espetro do Autismo, educação inclusiva, tecnologia educativa, revisão sistemática, aprendizagem assistida

Abstract

Introduction: Autism Spectrum Disorder affects approximately 1 in 100 children worldwide, imposing highly heterogeneous educational needs that traditional models can rarely meet at scale. This systematic review identifies and synthesises the state of the art on the use of Artificial Intelligence as a support tool for the education and learning of children and young people with Autism Spectrum Disorder.

Method: The protocol followed the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* 2020 (PRISMA 2020) guidelines, with large language model-assisted screening and human validation, applied to 101 articles identified across six international databases for the period January

2015 to March 2026. Thirty-eight studies were considered eligible, of which 31 primary studies were included in the synthesis.

Results: Primary studies were organised into seven techno-educational clusters: social robotics for communicative skills, serious games and immersive reality, AI-enhanced Applied Behaviour Analysis, multimodal emotion recognition and regulation, large language models and cognitive accessibility, computer vision for screening with educational implications, and physiological/motor signals and augmentative and alternative communication. Evidence reports predictive accuracy between 79.5 and 100 percent, with clinically significant gains in social communication, emotional regulation, autonomy, and academic performance.

Discussion: Findings confirm and extend prior partial-scope reviews, showing that Artificial Intelligence complements established pedagogical frameworks without replacing them, and that prompt engineering outweighs model selection as a driver of cognitive accessibility. Gaps remain in sample size, longitudinal evidence, cultural generalisation, and structured ethical discussion.

Conclusion and future work: Artificial Intelligence constitutes a promising instrument for personalising educational interventions in autism, contingent on multicultural longitudinal evidence, explainable models, and explicit ethical frameworks for the protection of minors.

Keywords: Artificial Intelligence, Autism Spectrum Disorder, inclusive education, educational technology, systematic review, assisted learning

1. INTRODUÇÃO

A Perturbação do Espetro do Autismo é uma condição neurodesenvolvimental caracterizada por défices persistentes na comunicação e na interação social recíproca, padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses circunscritos e particularidades sensoriais (American Psychiatric Association, 2013). A Organização Mundial da Saúde estima a prevalência global em torno de 1 caso por cada 100 crianças, observando-se um aumento sustentado das estimativas nas últimas duas décadas (Hajjej et al., 2024; Lara et al., 2025). O intervalo médio entre a primeira preocupação parental e o diagnóstico formal ronda os dois anos, atrasando o início de programas de intervenção cujos benefícios são máximos nos primeiros três anos de vida, ao passo que a escassez de profissionais especializados torna urgente a procura de abordagens escaláveis (Kohli et al., 2022; Su et al., 2024). A heterogeneidade clínica do espetro, classificada em três níveis de suporte pelo DSM-5 e marcada pela máxima de que nenhuma criança autista é igual a outra, exige abordagens educativas individualizadas, com elevada intensidade e fortemente apoiadas em pistas visuais, em rotinas estruturadas e em reforço positivo, condições que modalidades estabelecidas como a Análise Comportamental Aplicada e o Picture Exchange Communication System cumprem com eficácia mas dependendo de recursos humanos especializados que não cobrem a totalidade das crianças que delas beneficiariam (Wong et al., 2025).

A Inteligência Artificial emerge neste cenário como camada tecnológica de suporte capaz de escalar e personalizar intervenções, sem ambição de substituir o educador ou o terapeuta. Modelos de visão computacional permitem analisar postura, atenção conjunta e expressão facial em tempo real (Prakash et al., 2023); sistemas de aprendizagem profunda multimodal integram sinais fisiológicos, ambientais e comportamentais para prever o sucesso de uma sessão de aprendizagem (Chan et al., 2023; Wong et al., 2025); modelos de linguagem de larga escala geram texto adaptado às capacidades cognitivas do leitor e processam questionários abertos para triagem escalável (Altozano et al., 2026; Nour, 2026); plataformas web e móveis assistidas por Inteligência Artificial apoiam o planeamento de rotinas e a antecipação de situações ansiogénicas (Lara et al., 2025); sensores fisiológicos vestíveis abrem o caminho a monitorização em ambiente natural (Kalagotla et al., 2026; Vicente-Samper et al., 2020). Estes desenvolvimentos coexistem com robótica social, jogos sérios e ambientes imersivos de realidade virtual e aumentada, configurando um ecossistema tecnológico em expansão acelerada.

Apesar deste dinamismo, persiste uma lacuna na síntese sistemática do conhecimento orientada à prática educativa. As revisões prévias adoptam recortes parciais que esta revisão pretende integrar: Kohli et al. (2022) limitam-se à deteção precoce em crianças até aos seis anos; Power et al. (2024) cobrem apenas intervenções de extended reality para competências motoras; Yang et al. (2025) restringem-se à análise de movimento por vídeo; Rashidan et al. (2021) focam-se no reconhecimento emocional assistido por tecnologia; Ullah et al. (2025) sintetizam métodos de avaliação de usabilidade; e Farzana et al. (2025) abordam exclusivamente modalidades de comunicação aumentativa e alternativa. Falta uma cartografia integradora que articule as aplicações da Inteligência Artificial enquanto suporte educativo e de aprendizagem no espetro completo, distinguindo finalidades, modalidades, evidência empírica, limitações e implicações éticas. A presente revisão sistemática operacionaliza esta cartografia em formato PICOS (População: crianças e jovens até aos 18 anos com Perturbação do Espetro do Autismo; Intervenção: suporte educativo ou terapêutico-educativo mediado por Inteligência Artificial; Comparador: cuidado habitual, intervenção sem componente de Inteligência Artificial ou ausência de comparador; Outcomes: competências comunicativas, sociais, emocionais, motoras, académicas e de autonomia; Study design: estudos primários empíricos), e responde a três sub-questões: QI1: que modalidades de Inteligência Artificial estão a ser aplicadas como suporte educativo a crianças e jovens com Perturbação do Espetro do Autismo? QI2: que evidência de eficácia, com que métricas e em que contextos é reportada? QI3: que limitações metodológicas, éticas e de generalização condicionam a translação para a prática educativa?

O artigo organiza-se em quatro secções subsequentes: a secção 2 apresenta a metodologia ancorada no protocolo PRISMA 2020; a secção 3 expõe os resultados, organizados por clusters tecno-educativos; a secção 4 discute os achados à luz das revisões prévias; e a secção 5 conclui o trabalho e identifica linhas de investigação futura.

2. METODOLOGIA

2.1. Tipo de estudo e protocolo de reporte

A presente investigação assume a natureza de revisão sistemática da literatura, reportada em conformidade com as diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses 2020 (Page et al., 2021). A heterogeneidade técnica do corpus, que combina estudos quantitativos descritivos de validação algorítmica, ensaios não-randomizados de intervenção e estudos de métodos mistos com avaliação de plataformas, inviabiliza meta-análise estatística agregada e justifica a opção por síntese narrativa estruturada. Esta opção é coerente com o item 13 da PRISMA 2020 e amplamente aceite em revisões sistemáticas em ciências da saúde digital e em tecnologias educativas.

2.2. Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade foram operacionalizados em formato PICOS. Foram considerados elegíveis estudos primários empíricos publicados em revistas científicas indexadas e atas de conferências de referência, redigidos em inglês ou em português, no período de janeiro de 2015 a março de 2026, que cumprissem cumulativamente quatro condições: aplicação de técnicas de Inteligência Artificial, aprendizagem automática ou aprendizagem profunda; população-alvo de crianças ou jovens com diagnóstico ou suspeita de Perturbação do Espetro do Autismo até aos 18 anos; componente educativa, de aprendizagem ou de intervenção terapêutico-educativa, ainda que com finalidade simultânea de triagem com implicações educativas; e desenho empírico que permitisse extrair evidência sobre eficácia, viabilidade ou aceitação. Foram excluídos estudos cujo enfoque exclusivo fosse o diagnóstico clínico por neuroimagem ou biomarcadores sem articulação com intervenção educativa, cartas ao editor, editoriais, literatura sem revisão por pares, e revisões de literatura, as quais foram tratadas separadamente como literatura de fundo para enquadramento e comparação e estudos com sobreposição parcial de dados ou amostra relativamente a outros estudos do mesmo grupo de investigação já incluídos no corpus.

2.3. Fontes de informação

A pesquisa bibliográfica foi conduzida em seis bases de dados internacionais reconhecidas pela cobertura nas áreas da saúde, educação e engenharia: PubMed, ERIC, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e PsycINFO. Esta combinação garante triangulação disciplinar entre as ciências da saúde (PubMed), as ciências da educação (ERIC), as ciências sociais e humanas (PsycINFO) e a engenharia e ciências da computação (IEEE Xplore, Scopus, Web of Science).

2.4. Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa estruturou-se em quatro blocos conceptuais articulados pelo operador booleano AND, com disjunções internas pelo operador OR. O primeiro bloco cobre as tecnologias de Inteligência Artificial e contém termos como *artificial intelligence*, *machine learning*, *deep learning*, *neural network*, *robot* e *agente*. O segundo bloco cobre o diagnóstico de Perturbação do Espetro do Autismo, com termos como *autism spectrum disorder*, *ASD*, *autistic* e *Asperger*. O terceiro bloco cobre a faixa etária, com *child* e *adolescent*. O quarto bloco cobre o contexto educativo, com *education*, *learning*, *intervention*, *skill*, *training* e *game*. As sintaxes específicas foram adaptadas a cada base de dados, mantendo equivalência semântica e cobertura comparável, e estão disponíveis em material suplementar a pedido.

2.5. Processo de seleção e extração

O processo de seleção seguiu as quatro fases do fluxograma PRISMA 2020: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Após a remoção de duplicados, os artigos elegíveis foram exportados em formato PDF para uma pasta central de trabalho, tendo-se procedido à extração automática de texto das primeiras seis e das duas últimas páginas de cada documento com a ferramenta *pdftotext* da suite Poppler. A triagem foi assistida por um modelo de linguagem de larga escala (Claude, Anthropic), instruído com o seguinte prompt padronizado, aplicado de forma idêntica a todos os artigos em lotes paralelos de quinze:

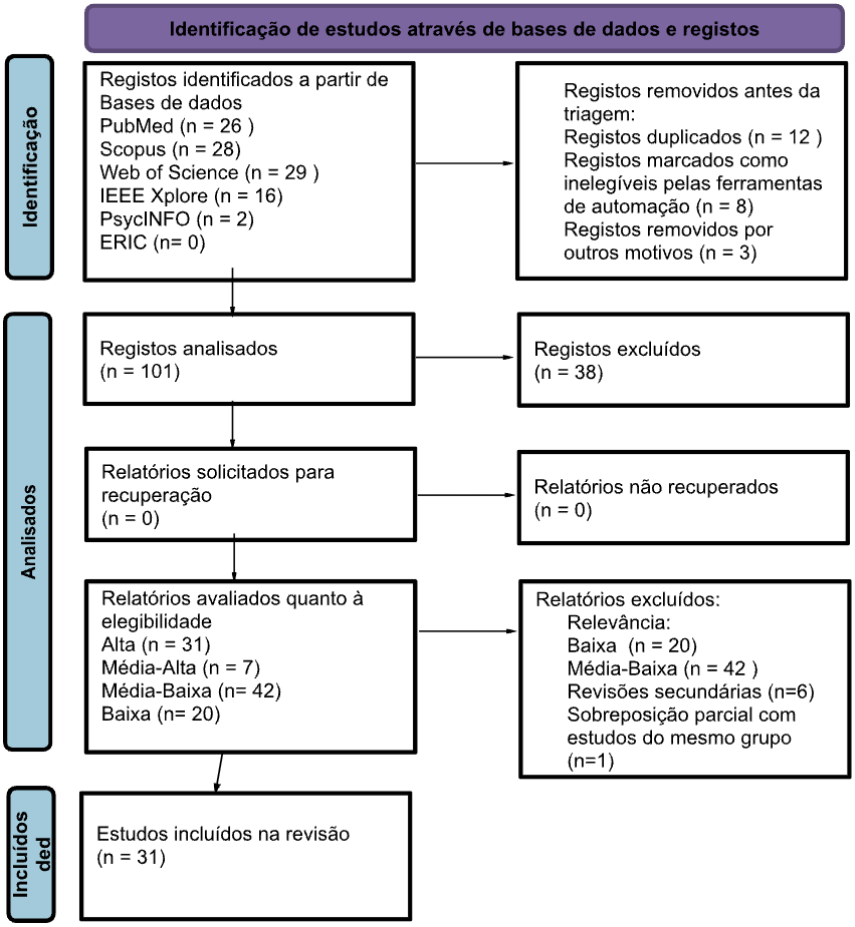
"Analisa o seguinte artigo científico e responde a quatro questões: (1) indica o título completo do artigo; (2) elabora um resumo de três a cinco linhas sobre o conteúdo principal; (3) classifica a relevância do artigo face ao tema 'Inteligência Artificial como suporte à educação e aprendizagem de crianças e jovens com Perturbação do Espetro do Autismo' numa das seguintes categorias: Alta, Média-Alta, Média-Baixa ou Baixa; (4) justifica a classificação atribuída em uma a duas linhas."

A relevância foi avaliada em função da articulação de três elementos-chave: utilização de Inteligência Artificial ou aprendizagem automática; foco em crianças ou jovens com Perturbação do Espetro do Autismo; componente educativa, de aprendizagem ou de intervenção terapêutico-educativa. A classificação final dos artigos limítrofes foi confirmada por revisão humana durante a leitura integral. Deste modo, o registo completo dos 101 artigos triados, com título, resumo, classificação de relevância e justificação atribuída, encontra-se disponível no Apêndice A. Para os estudos selecionados, procedeu-se à extração estruturada de ano de publicação, país, tipo de estudo, modalidade tecnológica, modelo ou algoritmo, faixa etária, dimensão amostral, domínio educativo alvo, métricas de resultado e principais limitações.

Da pesquisa nas seis bases de dados resultaram 101 artigos únicos elegíveis para triagem após remoção de duplicados. A classificação assistida por Inteligência Artificial categorizou 31 artigos como de relevância Alta, 7 como Média-Alta, 42 como Média-Baixa e 20 como Baixa. Os 38 artigos classificados como Alta e Média-Alta foram considerados elegíveis para leitura integral. Após exclusão de seis revisões secundárias (Kohli et al., 2022; Power et al.,

2024; Rashidan et al., 2021; Ullah et al., 2025; Yang et al., 2025; Farzana et al., 2025), as quais foram preservadas como literatura de fundo, 32 estudos primários foram analisados em profundidade. Por verificação posterior, um dos estudos elegíveis foi incluído na análise temática mas excluído da contagem da síntese final por sobreposição parcial com outro estudo do mesmo grupo de investigação, totalizando 31 estudos primários únicos. Não foram identificados estudos elegíveis publicados entre 2015 e 2019, achado bibliométrico que ilustra a aceleração recente da intersecção entre Inteligência Artificial e Perturbação do Espetro do Autismo, com a totalidade dos estudos a concentrar-se entre 2020 e 2026. A lista completa dos artigos incluídos nos corpus é apresentada no apêndice A.

2.6. Avaliação da qualidade metodológica



A qualidade metodológica dos estudos primários foi apreciada com o Mixed Methods Appraisal Tool 2018 (Hong et al., 2018), instrumento concebido para a avaliação simultânea de estudos qualitativos, quantitativos randomizados, quantitativos não-randomizados, quantitativos descritivos e de métodos mistos no âmbito de revisões com desenhos heterogéneos. Para cada estudo, foi previamente determinado o tipo de desenho dominante e aplicadas as cinco questões correspondentes da grelha MMAT, complementadas pelas duas questões de triagem aplicáveis a todos os tipos. A pontuação foi convertida em três níveis sintéticos: Alta (4–5 critérios cumpridos), Moderada (3 critérios) e Baixa (igual ou inferior a 2 critérios). A apreciação foi realizada por um avaliador, com confirmação dos casos limítrofes em segunda leitura, limitação metodológica reconhecida no ponto 2.9.

2.7. Síntese e estratégia de organização

A síntese seguiu uma abordagem temática baseada em clusters tecno-educativos emergentes da extração estruturada, articulada com as três sub-questões de investigação. Os estudos foram agrupados em sete clusters definidos pela conjugação de modalidade tecnológica e finalidade educativa, com descrição detalhada na secção de resultados. A síntese incluiu sumarização tabular das características de cada estudo e narração comparativa por cluster, destacando convergências, divergências e lacunas.

2.8. Considerações éticas

A revisão não envolveu recolha primária de dados de participantes humanos, dispensando submissão a comissão de ética. Os estudos primários incluídos reportam, contudo, intervenções com participantes vulneráveis, tendo-se atendido na síntese à natureza dos consentimentos informados, à anonimização dos dados, às salvaguardas de privacidade e às aprovações éticas declaradas pelos autores originais.

2.9. Limitações metodológicas

Reconhecem-se quatro limitações metodológicas relevantes. Primeiro, a triagem assistida por modelo de linguagem de larga escala constitui abordagem emergente cuja reprodutibilidade depende da estabilidade dos prompts; contudo, a literatura recente sugere que esta abordagem pode superar a triagem manual em consistência, uma vez que elimina a variabilidade inter-avaliador inerente ao processo humano. Dai et al. (2025) demonstraram que modelos de linguagem de larga escala superam ferramentas de aprendizagem automática tradicionais em sensibilidade e AUC na triagem de literatura para revisões sistemáticas, e Oami et al. (2025) confirmaram que a consistência dos modelos é comparável entre si e controlável através do design de prompts. Nagler et al. (2025) reforçam que pipelines de triagem assistida por linguagem de larga escala atingem taxas de erro inferiores às de anotadores humanos individuais, condição mitigada no presente estudo pela verificação humana dos artigos limítrofes durante a leitura integral. Segundo, a extração automática limitou-se às primeiras seis e às duas últimas páginas de cada documento, podendo subestimar a relevância de contribuições educativas exclusivas no corpo do texto. Terceiro, a apreciação de qualidade pelo MMAT foi conduzida por um único avaliador, embora com confirmação de casos limítrofes; revisões sistemáticas com pretensão de máxima robustez exigem dupla apreciação independente. Quarto, a restrição linguística ao inglês e ao português pode introduzir viés cultural e geográfico, e a ausência de pré-registo em PROSPERO compromete o nível ideal de transparência metodológica.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização bibliométrica do corpus

Predominam publicações em revistas IEEE de alto fator de impacto, com destaque para IEEE Access, IEEE Transactions on Learning Technologies, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics e Computers and Graphics. A distribuição geográfica revela maioria de autores sediados na Ásia (China, Hong Kong, Singapura, Taiwan, Coreia do Sul, Japão, Índia, Paquistão), seguidos pela Europa (Espanha, Itália, Reino Unido, Portugal, França) e pela América do Norte, com representação minoritária da América Latina e ausência da África subsariana. As técnicas de Inteligência Artificial dominantes são as redes neuronais convolucionais, as arquiteturas baseadas em Transformers, os modelos híbridos com memória recorrente Bi-LSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory), os métodos de ensemble (Random Forest, XGBoost) e a aplicação progressiva de modelos de linguagem de larga escala. A dimensão amostral mediana ronda os 30 participantes, com vários estudos abaixo de 20 e poucos acima de 100, e a duração mediana das intervenções situa-se entre quatro e dez semanas.

3.2. Avaliação da qualidade metodológica

A apreciação MMAT 2018 distribuiu os 31 estudos primários por três níveis de qualidade. Foram classificados como de qualidade Alta 14 estudos (45,2%), Moderada 13 estudos (41,9%) e Baixa 4 estudos (12,9%). Os estudos de qualidade Alta predominam nos clusters de Análise Comportamental Aplicada potenciada por Inteligência Artificial e de modelos de linguagem de larga escala, suportados por amostras superiores a 100 participantes ou por desenhos fatoriais robustos. Os estudos de qualidade Baixa concentram-se em estudos-piloto de robótica social e de visão computacional com amostras inferiores a 15 participantes, ausência de comparador e métricas de outcome circunscritas à exatidão técnica do modelo. A Tabela 1 sintetiza a apreciação por cluster.

Tabela 1

Distribuição da qualidade MMAT 2018 por cluster tecno-educativo

Cluster	n	Alta	Moderada	Baixa
1. Robótica social para competências comunicativas	4	1	2	1
2. Jogos sérios e realidade imersiva	3	1	2	0
3. Análise Comportamental Aplicada com Inteligência Artificial	4	3	1	0
4. Reconhecimento multimodal de emoções e regulação	4	2	2	0
5. Modelos de linguagem de larga escala e acessibilidade cognitiva	4	3	1	0
6. Visão computacional para triagem com implicações educativas	5	2	2	1
7. Sinais fisiológicos, motores e comunicação aumentativa	7	2	3	2
Total	**31**	**14**	**13**	**4**

Nota. Critério MMAT 2018: Alta corresponde a 4–5 critérios cumpridos, Moderada a 3 critérios, Baixa a igual ou inferior a 2 critérios.

3.3. Cluster 1: Robótica social para competências comunicativas

A robótica social emerge como uma das modalidades mais estabelecidas. Ali et al. (2020a) apresentam uma terapia multirobô estandardizada para melhoria das competências comunicativas multi-humanas em crianças com Perturbação do Espetro do Autismo, estruturada em três fases sequenciais e testada com oito participantes ao longo de dez semanas, reportando 86% de melhoria global em comunicação social e validação clínica pela Childhood Autism Rating Scale. S. Ali et al. (2020b) compararam, num estudo paralelo com 12 crianças, três tipos de estímulos de reforço em terapia robótica (visual, auditivo e motor), identificando diferenças sistemáticas em função da categoria de autismo, com estímulos visuais preferidos pelas crianças com autismo mínimo (8 em 8; 100%) e estímulos motores pelas crianças com autismo ligeiro (3 em 4; 75%). Silva et al. (2024), em estudo conduzido em Portugal, desenvolveram um sistema quantitativo de análise da atenção em terapia robótica recorrendo ao modelo Gaze360 conjugado com áreas angulares de interesse, atingindo 79,5% de exatidão num teste com 12 crianças e produzindo índices de atenção consistentes com a avaliação dos terapeutas. Wang e Yang (2023) propuseram a rede OBTAIN, quadro de aprendizagem fracamente supervisionada para reconhecimento de estados de treino sobre dados de esqueleto em sequência, atingindo AUC de 0,824 no dataset DREAM. A apreciação MMAT atribui qualidade Alta a um estudo, Moderada a dois

e Baixa a um, penalizada pelas amostras reduzidas e pela ausência de comparadores em três dos quatro casos.

3.4. Cluster 2: Jogos sérios e realidade imersiva

Os jogos sérios e a realidade imersiva constituem vetor relevante de intervenção educativa. Kalantarian et al. (2020) descrevem um jogo móvel em formato charada para treino de reconhecimento de emoções em crianças com Perturbação do Espetro do Autismo, demonstrando que a fusão de pontuações de classificação com metainformação do jogo gera precisão de 83% na identificação de fotogramas com emoção, valor superior aos 51,6% do melhor classificador comercial avaliado. Toledano et al. (2026) apresentam a plataforma RehabiliTEA, baseada em gamificação e em interface cérebro-computador, integrando mini-jogos para memória de curto e médio prazo, reconhecimento de sinais e coordenação motora, com armazenamento simultâneo de dados de interação física e de ondas cerebrais captadas por capacete de eletroencefalografia, com avaliação preliminar junto de 38 terapeutas a evidenciar alta predisposição para integração clínica. S. Artiran et al. (2024) reportam um simulador de entrevista de emprego em realidade virtual triádica para treino de olhar e orientação cefálica em jovens autistas, demonstrando que os participantes autistas dirigem o olhar para os interlocutores com menor frequência do que os não autistas e exibem menor mimetismo comportamental, fornecendo métricas objetivas para intervenção. A apreciação MMAT atribui qualidade Alta a Toledano et al. (2026) pelo desenho de métodos mistos e Moderada aos restantes estudos do cluster.

3.5. Cluster 3: Análise Comportamental Aplicada potenciada por Inteligência Artificial

A integração da Inteligência Artificial na Análise Comportamental Aplicada concentra a evidência de maior maturidade clínica. Wong et al. (2025) descrevem um sistema de analítica de aprendizagem que integra dados fisiológicos, ambientais e comportamentais em tempo real, conduzido em Hong Kong com 33 estudantes e 26 terapeutas e professores ao longo de oito semanas, reportando exatidão preditiva de 88,83% e precisão de 86,64% na previsão de resultados de aprendizagem, com escalabilidade demonstrada para mais de mil estudantes em Hong Kong, Singapura e Canadá. Chan et al. (2023), em estudo precursor da mesma equipa, demonstraram que a fusão de dados de sensores ambientais, fisiológicos e de movimento com dados educativos tradicionais permite atingir 98% de exatidão preditiva e 97% de precisão em 1130 sessões de Análise Comportamental Aplicada. Qi et al. (2025) propõem a arquitetura ABA-RAG, que combina sensores fisiológicos vestíveis com modelos transformer para classificação de estados emocionais e geração de tarefas personalizadas via modelo de linguagem de larga escala ajustado com técnicas como LoRA, BOFT e LoRA-GA, registando F1 score de 0,84, recall de 0,90 e pontuação humana de 9,3 sobre 10, superior a GPT-4o e Claude-3.5. Hajjej et al. (2024) propõem um sistema de duas fases que combina Random Forest e XGBoost para identificação de Perturbação do Espetro do Autismo com 98,6% de exatidão, e algoritmo de recomendação de método de ensino personalizado por nível de severidade, prescrevendo abordagens como Pivotal Response Training, Picture Exchange Communication System ou ensino assistido por tecnologia. A apreciação MMAT confere qualidade Alta a três dos quatro estudos, suportada por amostras robustas e desenhos comparativos.

3.6. Cluster 4: Reconhecimento multimodal de emoções e regulação

O reconhecimento personalizado de emoções constitui domínio em consolidação. Kurian e Tripathi (2025) propõem o framework m_AutNet, rede neuronal multimodal que combina expressões faciais e vocais de crianças autistas, com módulo personalizado de aprendizagem métrica e adaptação de domínio por rede generativa adversarial ajustada com a métrica de Wasserstein, atingindo 88,25% de exatidão e superando classificadores generalizados em populações autistas. Jarraya et al. (2020) abordam o desafio específico das crises de regulação propondo um sistema de reconhecimento de emoções compostas a partir de micro-expressões captadas com Kinect, atingindo 85,8% de exatidão com características espácio-temporais profundas combinadas com redes recorrentes. Zhao et al.

(2025), com o modelo AV-FOS baseado em transformers, estendem esta abordagem ao reconhecimento de estilos de interação audiovisual entre crianças autistas e cuidadores, fornecendo informação clínica explicável sobre 13 categorias de comportamento. Wang et al. (2021) descrevem um sistema de big data emocional baseado em MobileNet V1, alcançando 95,89% de exatidão e processamento em tempo real a 12 imagens por segundo em dispositivos móveis. A apreciação MMAT atribui qualidade Alta a Kurian e Tripathi (2025) e a Zhao et al. (2025), com qualidade Moderada nos restantes.

3.7. Cluster 5: Modelos de linguagem de larga escala e acessibilidade cognitiva

Os modelos de linguagem de larga escala representam a frente de inovação mais recente. Nour (2026) conduziu um estudo fatorial 3 x 2 x 4 sobre 240 respostas, comparando três abordagens de engenharia de instruções e quatro modelos de linguagem de larga escala líderes na geração de respostas com acessibilidade cognitiva para utilizadores com défices de aprendizagem, incluindo Perturbação do Espetro do Autismo, demonstrando que a engenharia de instruções explica 71,9% da variância na legibilidade Flesch Reading Ease e a seleção do modelo apenas 15,8%, um efeito 4,6 vezes superior, com prompts cognitivo-explícitos a melhorar a legibilidade em 37,64 pontos (Cohen d = 2,49) e a reduzir o comprimento médio das frases em 47%. Altozano et al. (2026), em estudo conduzido em Espanha com 51 progenitores, demonstram que questionários parentais abertos podem ser classificados automaticamente por modelos de linguagem de larga escala, atingindo 84% de exatidão e ROC-AUC de 1,0, abrindo caminho a triagem escalável a baixo custo. Lara et al. (2025) apresentam a PlanTEA-WM, plataforma web multi-utilizador para planeamento de rotinas que integra modelos de linguagem de larga escala para tradução automática de texto em pictogramas e exportação em formatos XML e PDF, com avaliação preliminar junto de associações espanholas a demonstrar alta usabilidade. Su et al. (2024), num ensaio de três meses em Taiwan com 22 alunos com Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção, Perturbação do Espetro do Autismo e perturbações emocionais, reportam melhorias significativas em todas as cinco competências socioemocionais avaliadas no grupo experimental, contra ganhos restritos à autoconsciência no grupo de controlo. A apreciação MMAT confere qualidade Alta a Nour (2026), Altozano et al. (2026) e Su et al. (2024), e Moderada a Lara et al. (2025).

3.8. Cluster 6: Visão computacional para triagem com implicações educativas

A visão computacional aplicada à triagem com implicações educativas reúne cinco estudos relevantes. Cicceri et al. (2026) apresentam o sistema AI4ASC, organizado em quatro níveis hierárquicos para análise automatizada de gestos comunicativos, em particular o gesto de apontar, com 88,6% de exatidão na deteção da criança, 95,7% na deteção da mão e 97,4% na classificação do gesto. Wang et al. (2025) demonstraram que a combinação de uma rede ResNet18 com uma Bi-LSTM atinge 100% de exatidão no reconhecimento automatizado de testes de resposta ao nome, embora em amostra reduzida de 45 crianças. Lee e Yoo (2025) propuseram um modelo explicável baseado em Vision Transformer aplicado a desenhos livres de crianças, segmentando partes semanticamente significativas e integrando propagação de relevância camada-a-camada (Layer-wise Relevance Propagation) com mapas de calor associados a critérios clínicos, abordagem rara no corpus que ilustra a tendência crescente de explicabilidade orientada à decisão clínica. Prakash et al. (2023) integram um sistema mais amplo de avaliação por visão computacional com módulo de reconhecimento facial de 95,1% de exatidão, articulado com análise de pose humana e identificação de emoções, configurando uma natureza intrinsecamente multimodal que cruza este cluster com o do reconhecimento de emoções. Zhang et al. (2025) propõem a rede UASN, com paradigma de visualização contrastiva e estimativa de incerteza inspirada na teoria da empatia, atingindo 93,2% de exatidão ao nível do sujeito em rastreio precoce. A apreciação MMAT atribui qualidade Alta a Lee e Yoo (2025) e a Cicceri et al. (2026), Moderada a Wang et al. (2025) e Prakash et al. (2023), e Baixa a Zhang et al. (2025) em função da dimensão amostral.

3.9. Cluster 7: Sinais fisiológicos, motores e comunicação aumentativa e alternativa

O cluster reúne sete estudos heterogéneos articulados pelo objetivo de apoiar avaliação, intervenção e monitorização ecológica. Susam et al. (2022) analisaram a atividade eletroencefalográfica antes e após exercícios de mindfulness em 35 jovens com Perturbação do Espetro do Autismo, atingindo 80,76% de exatidão na separação dos estados de repouso. Tseng et al. (2024) demonstraram que a fusão de ativação cortical local com conetividade funcional global, derivada de sinais EEG durante jogos sociais, permite distinguir adolescentes com Perturbação do Espetro do Autismo de pares com desenvolvimento típico. Shin et al. (2023a) aplicaram espectroscopia funcional próxima ao infravermelho e arquitetura híbrida CNN (Convolutional Neural Network) com Bi-LSTM à identificação de Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção em crianças com Perturbação do Espetro do Autismo coexistente, atingindo 94% de exatidão. Shin et al. (2023b), em estudo paralelo, recolheram amostras de escrita manual em tablet a 29 crianças japonesas com Perturbação do Espetro do Autismo, alcançando 93,10% de exatidão na deteção de Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção. Talkar et al. (2020) exploraram correlações entre séries temporais acústicas, vídeo e escrita, sugerindo que a coordenação motora fina constitui marcador discriminativo. Kalagotla et al. (2026) apresentaram uma plataforma autónoma assente em smartwatch capaz de quantificar tempos de fala em interações sociais reais através de diarização aprimorada por aprendizagem profunda, com captura simultânea de ritmo cardíaco para monitorização longitudinal em contexto naturalístico. Vicente-Samper et al. (2020) propuseram um sistema de monitorização de perturbações de processamento sensorial integrando dispositivos vestíveis e ambientais para classificação personalizada da carga sensorial. A apreciação MMAT atribui qualidade Alta apenas a Susam et al. (2022) e a Tseng et al. (2024), com qualidade Baixa em dois estudos do cluster por reduzida dimensão amostral e ausência de comparador.

3.10. Síntese transversal

A síntese transversal evidencia três padrões. Primeiro, as exatidões reportadas em tarefas de classificação distribuem-se entre 79,5 e 100%, com mediana próxima dos 90%, mas em amostras frequentemente inferiores a 60 participantes. Segundo, observa-se diversidade técnica acentuada com predominância de aprendizagem profunda e arquiteturas multimodais, e emergência clara de modelos de linguagem de larga escala em tarefas de classificação textual e geração educativa. Terceiro, as métricas de desempenho técnico coexistem com escassez quase generalizada de validação ecológica longitudinal, de avaliação de generalização e manutenção e de discussão ética estruturada, padrão consistente com a apreciação MMAT que situa apenas 45,2% dos estudos no nível de qualidade Alta.

4. DISCUSSÃO

A discussão organiza-se em torno das três sub-questões formuladas. Quanto a QI1, sobre as modalidades de Inteligência Artificial aplicadas como suporte educativo, a presente revisão identifica um ecossistema em consolidação organizado em sete clusters tecno-educativos complementares e crescentemente articulados. Os clusters da Análise Comportamental Aplicada potenciada por Inteligência Artificial e dos modelos de linguagem de larga escala emergem como frentes de maior maturidade e taxa de inovação, alinhando-se com a literatura clínica que enfatiza a heterogeneidade do espetro como argumento central a favor de abordagens personalizadas (Kurian e Tripathi, 2025; Wong et al., 2025; Hajjej et al., 2024). A complementaridade entre Inteligência Artificial e quadros pedagógicos consolidados é unanimemente reconhecida pelos autores, com Wong et al. (2025) e Qi et al. (2025) a referirem explicitamente o princípio de human-in-the-loop, em que a Inteligência Artificial apoia a decisão mas a validação final cabe ao humano como salvaguarda ética e clínica.

Quanto a QI2, sobre a evidência de eficácia, os ganhos quantitativos são consistentes mas heterogéneos em natureza. Em terapia robótica, Ali et al. (2020a) documentam 86% de melhoria em comunicação social ao longo de dez semanas. Em Análise Comportamental Aplicada com Inteligência Artificial, Wong et al. (2025) reporta exatidão preditiva de 88,83% sobre uma amostra experimental de 33 estudantes em oito semanas, sustentada pela escalabilidade do sistema 3I Learning a mais de mil estudantes em três países e pelo desempenho prévio de 98% de exatidão em 1130 sessões registadas por Chan et al. (2023). Em modelos de linguagem de larga escala, Nour (2026) demonstra que os ganhos de acessibilidade cognitiva da ordem de sete graus de escolaridade são alcançáveis através de engenharia de instruções, sem ajuste fino dispendioso. Em comunicação aumentativa e alternativa, Lara et al. (2025) ilustra a viabilidade de plataformas multiutilizador integrando famílias, terapeutas e educadores. Em triagem por visão computacional, Cicceri et al. (2026) e Wang et al. (2025) reportam exatidões superiores a 95%, suportando a transição de avaliações manuais subjetivas para indicadores objetivos e auditáveis. Estes resultados sugerem que a fronteira tecnológica é hoje suficientemente robusta para sustentar implementações reais.

Quanto a QI3, sobre as limitações que condicionam a translação, identificam-se cinco eixos críticos. Primeiro, a dimensão e representatividade das amostras: vários estudos incluem menos de vinte participantes recrutados em centros únicos, o que compromete a generalização estatística. Segundo, a escassez de evidência longitudinal: o seguimento típico oscila entre quatro e dez semanas, sem dados consistentes sobre manutenção dos ganhos a médio e longo prazo. Terceiro, a fragilidade da generalização cultural e linguística, com a quase totalidade dos estudos em inglês ou em contextos asiáticos e norte-americanos, e raras exceções europeias relevantes (Silva et al., 2024 em Portugal; Lara et al., 2025 e Altozano et al., 2026 em Espanha). Quarto, a transparência algorítmica permanece insuficiente, com Lee e Yoo (2025) e Zhao et al. (2025) a constituírem exceções notáveis ao integrar mecanismos de explicabilidade orientados a critérios clínicos. Quinto, a translação para contexto educativo formal é incipiente: a maior parte dos estudos foca contextos clínicos ou laboratoriais, com poucos ensaios em sala de aula ou em ecossistemas escolares completos, sendo Su et al. (2024) e Wong et al. (2025) exceções relevantes.

A comparação com revisões prévias confirma e estende achados anteriores. Kohli et al. (2022), em scoping review limitada a deteção precoce, identificavam já a necessidade de protocolos robustos, ensaios multiculturais e padronização de datasets, recomendação que persiste atual. Yang et al. (2025), em revisão sobre análise de movimento por vídeo, sintetizam técnicas que se confirmam no presente corpus com ganhos quantitativos significativos. Rashidan et al. (2021) concluíam que a abordagem psicofisiológica é particularmente útil em indivíduos com limitações de comunicação verbal, conclusão coerente com os ganhos reportados pelos estudos do cluster 7. Ullah et al. (2025) identificavam o questionário e a entrevista como métodos de avaliação dominantes, padrão que o presente corpus diversifica com a introdução de medidas automatizadas multimodais. Farzana et al. (2025) documentavam a transição da comunicação aumentativa e alternativa de sistemas tradicionais para aplicações móveis assentes em Inteligência Artificial e realidade aumentada, transição que se cristaliza em Lara et al. (2025) e em Kalagotla et al. (2026). A presente revisão distingue-se de todas estas pela perspetiva integradora, articulando modalidades tradicionalmente abordadas em silos.

As considerações éticas merecem destaque acrescido. A recolha de dados fisiológicos, comportamentais e ambientais de menores em situação de vulnerabilidade exige salvaguardas robustas de consentimento informado, anonimização e armazenamento

seguro. A questão da equidade de acesso é igualmente premente: tecnologias baseadas em sensores sofisticados, em capacetes de eletroencefalografia ou em infraestrutura cloud podem aprofundar desigualdades entre contextos com e sem recursos, contrariando o princípio de educação inclusiva que motiva esta investigação. A literatura sublinha o risco de sobreconfiança em decisões algorítmicas e a necessidade de formação de educadores e terapeutas para uma utilização crítica destes instrumentos, condição reforçada pela demonstração de Nour (2026) de que a competência orientada às instruções de profissionais é mais determinante do que a escolha do modelo subjacente.

Em termos de implicações práticas, quatro orientações emergem. Primeiro, escolas e centros terapêuticos devem privilegiar soluções de Inteligência Artificial que se integrem em fluxos de trabalho existentes, em vez de substituir práticas validadas. Segundo, a formação contínua de educadores e terapeutas em literacia de Inteligência Artificial, incluindo competências de engenharia de instruções, é condição necessária para uma adoção responsável. Terceiro, a investigação aplicada deve priorizar estudos longitudinais multicêntricos, com amostras culturalmente diversas e desenhos randomizados sempre que eticamente viáveis. Quarto, o domínio da Engenharia de Sistemas Web tem um papel estratégico no desenvolvimento de plataformas educativas integradas, abertas e interoperáveis, que conjuguem visão computacional, analítica de aprendizagem e modelos de linguagem de larga escala numa arquitetura validada multicultural e longitudinalmente.

5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A presente revisão sistemática mapeou e sintetizou 31 estudos primários únicos de qualidade variável sobre a utilização da Inteligência Artificial como instrumento de suporte à educação e à aprendizagem de crianças e jovens com Perturbação do Espetro do Autismo, conduzida em conformidade com o protocolo PRISMA 2020 e apoiada na apreciação de qualidade pelo Mixed Methods Appraisal Tool 2018. Os resultados evidenciam um ecossistema tecnológico em consolidação organizado em sete clusters complementares, com 45,2% dos estudos a alcançar qualidade metodológica Alta, exatidão preditiva consistente entre 79,5 e 100%, e maturidade tecnológica que sustenta implementação real, ao mesmo tempo que persistem cinco lacunas substantivas: amostras reduzidas, ausência de validação ecológica longitudinal, fragilidade cultural e linguística, escassez de modelos explicáveis e discussão ética estruturada insuficiente.

A mensagem central é que a Inteligência Artificial já demonstrou ser um instrumento útil para escalar e personalizar intervenções educativas no autismo, mas a sua adoção responsável requer evidência longitudinal multicultural, transparência algorítmica, quadros éticos explícitos de proteção de menores e formação profissional, condições ainda parcialmente cumpridas pelo corpus analisado. Como linhas de investigação futura propõem-se cinco direções: estudos randomizados multicêntricos com seguimento mínimo de doze meses; validação cultural e linguística de soluções para contextos lusófonos com amostras portuguesas e brasileiras; quadros de avaliação de explicabilidade e viés algorítmico específicos para o domínio educativo; integração interdisciplinar com co-design participado por pessoas autistas e suas famílias; e investigação sobre a literacia de Inteligência Artificial de educadores e terapeutas, incluindo competências de engenharia de instruções, como condição crítica para uma transposição responsável da investigação para a prática.

APENDICE A

Lista completa dos artigos incluídos no corpus (n=31).

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
A. Altozano et al. - 2024 - Enhancing Psychological Assessments With Open-Ended Questionnaires and Large Language Models An ASD.pdf	Enhancing Psychological Assessments With Open-Ended Questionnaires and Large Language Models: An ASD Case Study	Alta	Combina diretamente inteligência artificial (LLMs) com avaliação psicológica e diagnóstico de TEA, abordando ambos os domínios - AI e apoio educacional/clínico para autismo infantil.
A. Kurian and S. Tripathi - 2026 - m_AutNet in_Autism: A Framework for Personalized Multimodal Emotion Recognition in Autistic Children.pdf	in_Autism: A Framework for Personalized Multimodal Emotion Recognition in Autistic Children	Alta	Desenvolve IA para reconhecer e processar emoções em crianças autistas, ferramenta essencial para apoio educacional, comunicação interpessoal e intervenções terapêuticas.
B. Silva et al. - 2024 - Attention Analysis in Robotic-Assistive Therapy for Children With Autism.pdf	Attention Analysis in Robotic-Assistive Therapy for Children With Autism	Alta	Integra IA (visão computacional e processamento de gaze) com terapia robótica educacional e comportamental para crianças autistas, fornecendo ferramenta de monitoramento e intervenção.
B. T. Susam et al. - 2022 - Quantitative EEG Changes in Youth With ASD Following Brief Mindfulness Meditation Exercise.pdf	Quantitative EEG Changes in Youth With ASD Following Brief Mindfulness Meditation Exercise	Alta	Combina IA (machine learning) com intervenção educacional/comportamental (meditação mindfulness) para monitorar e avaliar efeitos em jovens com TEA, oferecendo apoio à regulação emocional.
C. M. V. Wang et al. - 2025 - AI-Driven Learning Analytics for Applied Behavior Analysis Therapy.pdf	AI-Driven Learning Analytics for Applied Behavior Analysis Therapy	Alta	Integra diretamente IA com educação e terapia comportamental (ABA) para crianças com TEA, oferecendo apoio personalizado à aprendizagem e monitoramento contínuo do progresso.
F. Hajjaj et al. - 2024 - Novel Framework for Autism Spectrum Disorder Identification and Tailored Education With Effective Da.pdf	Novel Framework for Autism Spectrum Disorder Identification and Tailored Education With Effective Data Mining and Ensemble Learning Techniques	Alta	Combina diretamente IA (ensemble learning) com educação personalizada para crianças com TEA, abordando tanto identificação quanto métodos educacionais customizados para maximizar aprendizagem.
G. Cicceri et al. - 2026 - AI4ASC A Hierarchical Multi-	A-HASC: A Hierarchical Multi-Level AI-Driven	Alta	Integra IA para análise de comportamentos comunicativos e sociais em crianças com ASD, com

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
Level AI-Driven Framework for Gesture Analysis and Monitoring in ASC Ch.pdf	Framework for Gesture Analysis and Monitoring in ASD Children		aplicação potencial em diagnóstico e suporte educacional/terapêutico, combinando diretamente AI com educação e desenvolvimento de aprendizagem social.
H. Kalantarian et al. - 2020 - A Mobile Game for Automatic Emotion-Labeling of Images.pdf	A Mobile Game for Automatic Emotion-Labeling of Images	Alta	Combina IA e aprendizado de máquina com intervenção educacional/terapêutica específica para ASD através de game-based learning, fornecendo treino social com adaptação inteligente em tempo real.
H. Qi et al. - 2025 - Transforming Applied Behavior Analysis Therapy An Internet of Things-Guided, Retrieval-Augmented La.pdf	Transforming Applied Behavior Analysis Therapy: An Internet of Things-Guided, Retrieval-Augmented Large Language Model Framework	Alta	Aplica diretamente IA (LLMs) para suportar terapia comportamental de ASD com geração de conteúdo adaptativo e personalizado, combinando inteligência artificial com intervenção educacional/terapêutica específica para crianças e jovens autistas.
H. Ullah et al. - 2025 - Usability Evaluation Methods and Life Skills for Individuals With Autism Spectrum Disorder A System.pdf	Usability Evaluation Methods and Life Skills for Individuals With Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review	Média-Alta	Combina tecnologia (HCI/aplicações digitais) com TEA e resultados desenvolvimento/educacionais concretos (comunicação, interação social, competências de vida), analisando sistematicamente ferramentas tecnológicas de apoio à intervenção e inclusão de indivíduos com autismo.
H. Wang et al. - 2021 - Deep Learning (DL)-Enabled System for Emotional Big Data.pdf	Deep Learning (DL)-Enabled System for Emotional Big Data	Alta	O sistema combina IA/deep learning com reconhecimento de emoções especificamente concebido para treino/intervenção com pacientes autistas, integrando assim dois elementos-chave: IA aplicada e TEA com componente de suporte/treino emocional.
I. Hassan et al. - 2025 - Automated Autism Assessment With Multimodal Data and Ensemble Learning A Scalable and Consistent Re.pdf	Automated Autism Assessment With Multimodal Data and Ensemble Learning: A Scalable and Consistent Rater-Enhancing Therapy Framework	Alta	Integra IA e aprendizado de máquina em ASD para terapia/intervenção de ASD com análise comportamental automatizada, oferecendo alternativa escalável à terapia humana, combinando IA com suporte terapêutico/educacional.
J. Lara et al. - 2025 - PlanTEA-WM A Multi-User Web Platform for Routine Planning and Anticipating Everyday Situations in I.pdf	PlanTEA-WM: A Multi-User Web Platform for Routine Planning and Anticipating Everyday Situations in Individuals With Autism Spectrum Disorder	Média-Alta	Integra diretamente LLMs para suporte educacional/terapêutico de ASD, automatizando planejamento de rotinas e facilitando aprendizagem/estruturação do dia para indivíduos com autismo em contextos educacionais e domésticos.
J. M. Vicente-Samper et al. -	Data Acquisition Devices Towards a	Alta	Combina AI/ML com tecnologia wearable para monitorar e gerir

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
2020 - Data Acquisition Devices Towards a System for Monitoring Sensory Processing Disorders.pdf	System for Monitoring Sensory Processing Disorders		ativamente as perturbações do processamento sensorial em indivíduos com ASD, incluindo um componente de suporte/intervenção personalizado que visa informar o comportamento e bem-estar durante as atividades diárias.
J. Shin et al. - 2023 - Handwriting-Based ADHD Detection for Children Having ASD Using Machine Learning Approaches.pdf	Handwriting-Based ADHD Detection for Children Having ASD Using Machine Learning Approaches	Alta	Articula diretamente AI/ML aplicado à detecção de ADHD em crianças com TEA, combinando técnicas de machine learning com análise de dados comportamentais para fins diagnósticos.
J. Shin et al. - 2023 - Identifying ADHD for Children With Coexisting ASD From fNIRS Signals Using Deep Learning Approach.pdf	Identifying ADHD for Children With Coexisting ASD From fNIRS Signals Using Deep Learning Approach	Alta	Combina deep learning com análise de sinais neurofisiológicos para detecção e identificação de ADHD em crianças com TEA, representando aplicação direta de IA em contexto clínico pediátrico.
J. Wang et al. - 2023 - Deep Learning-Based Response-to-Name Detection Empirical Study on Early Screening of Autism Spectru.pdf	Deep Learning-Based Response-to-Name Detection: Empirical Study on Early Screening of Autism Spectrum Disorder in Children	Alta	Aplica deep learning e computer vision para automatizar teste diagnóstico de TEA em crianças, diretamente relevante a rastreamento precoce e detecção de distúrbios do desenvolvimento.
M. A. Rashidan et al. - 2021 - Technology-Assisted Emotion Recognition for Autism Spectrum Disorder (ASD) Children A Systematic Li.pdf	Technology-Assisted Emotion Recognition for Autism Spectrum Disorder (ASD) Children: A Systematic Literature Review	Média-Alta	Foca em tecnologias e AI para reconhecimento de emoções em crianças com TEA como apoio a terapia e intervenção, diretamente relevante a suporte educacional e bem-estar de crianças autistas.
M. Kohli et al. - 2022 - The Role of Intelligent Technologies in Early Detection of Autism Spectrum Disorder (ASD) A Scoping.pdf	The Role of Intelligent Technologies in Early Detection of Autism Spectrum Disorder (ASD): A Scoping Review	Alta	Foca especificamente em tecnologias inteligentes para rastreamento e diagnóstico precoce de TEA em crianças jovens, diretamente relevante a suporte e intervenção educacional precoce.
M. Power et al. - 2024 - A Systematic Literature Review of XR Interventions to Improve Motor	A Systematic Literature Review of XR Interventions to Improve Motor Skills Development Among Autistic Children	Alta	Aborda diretamente intervenções de tecnologia educacional/terapêutica (XR) aplicadas ao desenvolvimento e aprendizagem de crianças com ASD, combinando IA e educação/suporte educacional.

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
Skills Development Among Autisti.pdf			
M. Wang and N. Yang - 2023 - OSTAIN Observational Therapy-Assistance Neural Network for Training State Recognition.pdf	OSTAIN: Observational Therapy-Assistance Neural Network for Training State Recognition	Alta	Aplica AI/deep learning diretamente para suportar intervenção terapêutica e educacional de crianças com ASD, auxiliando terapeutas na observação e adaptação de estratégias durante sessões de treinamento.
R. R. Nour - 2026 - Prompt Engineering Versus Model Selection for Cognitive Accessibility in Large Language Models An E.pdf	Prompt Engineering Versus Model Selection for Cognitive Accessibility in Large Language Models: An Empirical Study	Média-Alta	Combina AI (LLMs) com o objetivo explícito de melhorar a acessibilidade cognitiva para pessoas com TEA e outras deficiências de aprendizagem, abordando diretamente resultados educacionais e de comunicação ao tornar os conteúdos gerados por IA mais acessíveis a esta população.
R. Y. -Y. Chan et al. - 2023 - Predicting Behavior Change in Students With Special Education Needs Using Multimodal Learning Analyt.pdf	Predicting Behavior Change in Students With Special Education Needs Using Multimodal Learning Analytics	Alta	Aplica AI/aprendizado de máquina para prever e suportar mudanças comportamentais positivas em estudantes com ASD durante intervenção terapêutica (ABA) em contexto educacional, combinando educação e suporte terapêutico.
S. -W. Su et al. - 2024 - Development of an AI-Based System to Enhance School Counseling Models for Asian Elementary Students.pdf	Development of an AI-Based System to Enhance School Counseling Models for Asian Elementary Students With Emotional Disorders	Alta	Combina diretamente IA com intervenção educacional para estudantes com TEA em contextos escolares, abordando aprendizado socioemocional e apoio ao aconselhamento.
S. Ali et al. - 2020 - A Preliminary Study on Effectiveness of a Standardized Multi-Robot Therapy for Improvement in Collab.pdf	A Preliminary Study on Effectiveness of a Standardized Multi-Robot Therapy for Improvement in Collaborative Multi-Human Interaction of Children With ASD	Alta	Apresenta tecnologia robótica como intervenção educacional/terapêutica direta para melhorar habilidades sociais e comunicativas em crianças com TEA.
S. Ali et al. - 2020 - Comparing the Effectiveness of Different Reinforcement Stimuli in a Robotic Therapy for Children Wit.pdf	Comparing the Effectiveness of Different Reinforcement Stimuli in a Robotic Therapy for Children With ASD	Alta	Aplica tecnologia robótica como intervenção terapêutica para melhorar atenção compartilhada e habilidades de comunicação social em crianças com TEA.
S. Artiran et al. - 2024 - Analysis of	Analysis of Gaze, Head Orientation, and	Alta	Utiliza tecnologia de realidade virtual como ferramenta educacional para

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
Gaze, Head Orientation, and Joint Attention in Autism With Triadic VR Interviews.pdf	Joint Attention in Autism With Triadic VR Interviews		desenvolvimento de habilidades sociais e de comunicação em adultos com TEA.
S. G. Kalagotla et al. - 2026 - Toward a Smartwatch-Based System for Automated Social Interaction Monitoring in Autism.pdf	Toward a Smartwatch-Based System for Automated Social Interaction Monitoring in Autism	Média-Alta	O sistema combina AI com monitoramento de interações sociais em indivíduos com TEA em ambientes reais, com aplicação explícita ao acompanhamento de progresso de desenvolvimento e avaliação de resultados da intervenção. A tecnologia serve de suporte objetivo à prática clínica e aos planos de tratamento.
S. K. Jemaya et al. - 2020 - Compound Emotion Recognition of Autistic Children During Meltdown Crisis Based on Deep Spatio-Tempor.pdf	Compound Emotion Recognition of Autistic Children During Meltdown Crisis Based on Deep Spatio-Temporal Analysis of Facial Geometric Features	Alta	O sistema aplica AI especificamente a crianças autistas para detecção em tempo real de crises de meltdown e alerta de cuidadores, constituindo um componente direto de suporte/intervenção.
T. -G. Lee and J. -H. Yoo - 2023 - Interpretable Autism Screening via Object-Based Analysis of Child-Drawn Sketches.pdf	Interpretable Autism Screening via Object-Based Analysis of Child-Drawn Sketches	Alta	Combina IA com aplicação em TEA infantil e função projetiva e de apoio que pode ser integrada em contexto de aprendizado profundo com triagem de TEA que é não-invasiva e aplicável em contextos educacionais e de avaliação do desenvolvimento. Fornece ferramenta prática para identificação precoce em ambientes escolares.
T. Talkar et al. - 2020 - Assessment of Speech and Fine Motor Coordination in Children With Autism Spectrum Disorder.pdf	Assessment of Speech and Fine Motor Coordination in Children With Autism Spectrum Disorder	Média-Alta	Combina IA/tecnologia multimodal com crianças com TEA e tem componente explícito de suporte e intervenções: o objetivo inerente é criar uma plataforma para monitorizar o progresso de intervenções fonoaudiológicas e motoras em contexto clínico e escolar, articulando tecnologia, TEA em crianças e...
Toledano et al. - 2026 - RehabilTEA Gamification-based platform for assessing reactivity and connectivity in children with.pdf	RehabilTEA: Gamification-based platform for assessing reactivity and connectivity in children with Autism Spectrum Disorder	Alta	Integra IA, gamificação e BCI para suporte cognitivo e educacional de crianças com TEA. Combina tecnologia educativa com intervenção adaptada às necessidades específicas do espectro autista.
V. G. Prakash et al. - 2023 - Computer Vision-Based Assessment of Autistic Children Analyzing Interactions,	Computer Vision-Based Assessment of Autistic Children: Analyzing Interactions, Emotions, Human Pose, and Life Skills	Alta	Aplica AI/visão computacional para avaliação de habilidades sociais, emocionais e de interação em crianças com TEA em contexto clínico-educacional. Fornece ferramentas

Ficheiro	Título	Relevância	Justificação
Emotions, Human Pose,.pdf			objetivas para suporte e intervenções educacionais.
W. Farzana et al. - 2025 - Technological Envirnment in AAC Modalities to Foster Communications of Verbally Challenged ASD Child.pdf	Technological Environment in AAC Modalities to Foster Communications of Verbally Challenged ASD Children: A Systematic Review	Alta	Aborda diretamente uso de IA, ML e AR em tecnologias educacionais para suporte à comunicação e aprendizagem de crianças com TEA. Foco explícito em ferramentas educativas para intervenção.
Y. -L. Tseng et al. - 2024 - Characterizing Autism Spectrum Disorder Through Fusion of Local Cortical Activation and Global Funct.pdf	Characterizing Autism Spectrum Disorder Through Fusion of Local Cortical Activation and Global Functional Connectivity Using Game-Based Stimuli and a Mobile EEG System	Alta	Integra IA, jogo baseado em contexto social e EEG para avaliação de dificuldades de interação social em crianças com TEA. Paradigma baseado em jogo tem aplicabilidade educacional e potencial para intervenção cognitiva.
Y. Zhang et al. - 2025 - Uncertainty-Inspired Early Autism Spectrum Disorder Screening via Contrastive Image-Viewing Paradigm.pdf	Uncertainty-Inspired Early Autism Spectrum Disorder Screening via Contrastive Image-Viewing Paradigm	Alta	Articula tanto IA/ML (redes neurais profundas) quanto detecção precoce de ASD em crianças pequenas, com potencial para suportar diagnóstico e possíveis intervenções iniciais baseadas em dados comportamentais de visão.
Z. Yang et al. - 2023 - Early Diagnosis of Autism: A Review of Video-Based Motion Analysis and Deep Learning Techniques.pdf	Early Diagnosis of Autism: A Review of Video-Based Motion Analysis and Deep Learning Techniques	Alta	Revisa amplamente técnicas de IA/ML e análise de movimento para diagnóstico precoce de ASD em crianças, com foco em detecção comportamental que pode informar intervenções educacionais e terapêuticas subsequentes.
Z. Zhao et al. - 2025 - AV-FOS Transformer-Based Audio-Visual Multimodal Interaction Style Recognition for Children With Au.pdf	AV-FOS: Transformer-Based Audio-Visual Multimodal Interaction Style Recognition for Children With ASD Using the Revised Family Observation Schedule 3rd Edition (FOS-R-III)	Alta	Combina IA/ML (transformers multimodais) com diagnóstico/monitoramento clínico de ASD em crianças, fornecendo ferramenta automatizada para avaliação comportamental que pode informar intervenções educacionais e terapêuticas personalizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, S., Mehmood, F., Khan, M. J., Ayaz, Y., Asgher, U., Sadia, H., Edifor, E., & Nawaz, R. (2020a). A preliminary study on effectiveness of a standardized multi-robot therapy for improvement in collaborative multi-human interaction of children with ASD. *IEEE Access, 8*, 109466–109474. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001365

Ali, S., Mehmood, F., Ayaz, Y., Khan, M. J., Sadia, H., & Nawaz, R. (2020b). Comparing the effectiveness of different reinforcement stimuli in a robotic therapy for children with ASD. *IEEE Access, 8*, 13128–13137. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2965204

Altozano, A., Minissi, M. E., Gómez-Zaragozá, L., Maddalon, L., Alcañiz, M., & Marín-Morales, J. (2026). Enhancing psychological assessments with open-ended questionnaires and large language models: An ASD case study. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 30*(2), 1707–1720. https://doi.org/10.1109/JBHI.2025.3599643

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5.ª ed.). APA.

Artiran, S., Bedmutha, P. S., & Cosman, P. (2024). Analysis of gaze, head orientation, and joint attention in autism with triadic VR interviews. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 32*, 759–769. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3363728

Chan, R. Y. Y., Wong, C. M. V., & Yum, Y. N. (2023). Predicting behavior change in students with special education needs using multimodal learning analytics. *IEEE Access, 11*, 63238–63251. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3288695

Cicceri, G., Maisano, R., Tripodi, G. D., Tartarisco, G., Vitabile, S., Pioggia, G., Ruta, L., & Distefano, S. (2026). AI4ASC: A hierarchical multi-level AI-driven framework for gesture analysis and monitoring in ASC children. *IEEE Access, 14*, 17885–17904. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3659276

Dai, Z.-Y., Wang, F.-Q., Shen, C., Ji, Y.-L., Li, Z.-Y., Wang, Y., & Pu, Q. (2025). Accuracy of large language models for literature screening in thoracic surgery: Diagnostic study. *Journal of Medical Internet Research, 27*, e67488. https://doi.org/10.2196/67488

Farzana, W., Sarker, F., Chau, T., & Mamun, K. A. (2025). Technological evolvement in AAC modalities to foster communications of verbally challenged ASD children: A systematic review. *IEEE Access, 13*, 122943–122959. (*Publicado originalmente em Janeiro de 2021; versão-of-record incorporada no Volume 13 em Julho de 2025.*) https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3055195

Hajjej, F., Ayouni, S., Alohali, M. A., & Maddeh, M. (2024). Novel framework for autism spectrum disorder identification and tailored education with effective data mining and ensemble learning techniques. *IEEE Access, 12*, 35448–35462. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3349988

Hong, Q. N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M.-P., Griffiths, F., Nicolau, B., O'Cathain, A., Rousseau, M.-C., & Vedel, I. (2018). *Mixed methods appraisal tool (MMAT), version 2018*. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

Jarraya, S. K., Masmoudi, M., & Hammami, M. (2020). Compound emotion recognition of autistic children during meltdown crisis based on deep spatio-temporal analysis of facial geometric features. *IEEE Access, 8*, 69311–69326. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2986654

Kalagotla, S. G., Wang, F., Datla, K., Ferguson, B. J., & Beversdorf, D. Q. (2026). Toward a smartwatch-based system for automated social interaction monitoring in autism. *IEEE Access, 14*, 41141–41154. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3674057

Kalantarian, H., Jedoui, K., Washington, P., Tariq, Q., Dunlap, K., Ning, M., & Wall, D. P. (2020). A mobile game for automatic emotion-labeling of images. *IEEE Transactions on Games, 12*(2), 213–218. https://doi.org/10.1109/TG.2018.2877325

Kohli, M., Kar, A. K., & Sinha, S. (2022). The role of intelligent technologies in early detection of autism spectrum disorder (ASD): A scoping review. *IEEE Access, 10*, 104887–104913. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3208587

Kurian, A., & Tripathi, S. (2025). m_AutNet: A framework for personalized multimodal emotion recognition in autistic children. *IEEE Access, 13*, 1651–1668. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3403087

Lara, J., Lacave, C., & Molina, A. I. (2025). PlanTEA-WM: A multi-user web platform for routine planning and anticipating everyday situations in individuals with autism spectrum disorder. *IEEE Access, 13*, 180523–180545. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3617152

Lee, T.-G., & Yoo, J.-H. (2025). Interpretable autism screening via object-based analysis of child-drawn sketches. *IEEE Access, 13*, 211138–211150. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3642950

Nagler, M., Dobrić, J., Müller, B., & Sedlins, M. (2025). Leveraging LLMs for semi-automatic corpus filtration in systematic literature reviews. *arXiv*. https://arxiv.org/abs/2510.11409

Nour, R. R. (2026). Prompt engineering versus model selection for cognitive accessibility in large language models: An empirical study. *IEEE Access, 14*, 44740–44755. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3667133

Oami, T., Okada, Y., & Nakada, T. (2025). Optimal large language models to screen citations for systematic reviews. *Research Synthesis Methods*. https://doi.org/10.1017/rsm.2025.10014

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Power, M., Meng, X., & Cai, Y. (2024). A systematic literature review of XR interventions to improve motor skills development among autistic children. *IEEE Access, 12*, 108960–108975. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3438361

Prakash, V. G., Bargal, S. A., Chai, J., & Veeraraghavan, A. (2023). Computer vision-based assessment of autistic children: Analyzing interactions, emotions, human pose, and life skills. *IEEE Access, 11*, 47907–47929. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3269027

Qi, H., Yang, J., Xu, T., Wang, H., Zhu, Z., & Zhou, Z. (2025). Transforming applied behavior analysis therapy: An Internet of Things-guided retrieval-augmented LLM framework. *IEEE Access, 13*, 149680–149695. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3600316

Rashidan, M. A., Sidek, S. N., Md. Yusof, H., Khalid, M., Dzulkarnain, A. A. A., Ghazali, A. S., Mohd Zabidi, S. A., & Sidique, F. A. A. (2021). Technology-assisted emotion recognition for autism spectrum disorder children: A systematic literature review. *IEEE Access, 9*, 33638–33653. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060753

Shin, J., Konnai, S., Maniruzzaman, M., Hasan, M. A. M., Hirooka, K., Megumi, A., & Yasumura, A. (2023a). Identifying ADHD for children with coexisting ASD from fNIRs signals using deep learning approach. *IEEE Access, 11*, 82794–82801. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3299960

Shin, J., Maniruzzaman, M., Uchida, Y., Hasan, M. A. M., Megumi, A., & Yasumura, A. (2023b). Handwriting-based ADHD detection for children having ASD using machine learning approaches. *IEEE Access, 11*, 84974–84984. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3302903

Silva, B., Santos, L., Barata, C., Geminiani, A., Fassina, G., Gonzalez, A. R., Ferreira, S., Barahona-Corrêa, B., Olivieri, I., Pedrocchi, A., & Santos-Victor, J. (2024). Attention analysis in robotic-assistive therapy for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 32*, 2220–2229. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3411299

Su, S.-W., Hung, C.-H., Chen, L.-X., & Yuan, S.-M. (2024). Development of an AI-based system to enhance school counseling models for Asian elementary students with emotional disorders. *IEEE Access, 12*, 159121–159136. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3483456

Susam, B. T., Riek, N. T., Eldeeb, S., Akcakaya, M., Beck, K., Hudac, C. M., Gable, P. A., Conner, C., Mazefsky, C., & White, S. (2022). Quantitative EEG changes in youth with ASD following brief mindfulness meditation exercise. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 30*, 2395–2405. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2022.3199151

Talkar, T., Williamson, J. R., Hannon, D. J., Rao, H. M., Yuditskaya, S., Claypool, K. T., Sturim, D., Nowinski, L., Saro, H., Stamm, C., Mody, M., McDougle, C. J., & Quatieri, T. F. (2020). Assessment of speech and fine motor coordination in children with autism spectrum disorder. *IEEE Access, 8*, 127535–127545. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007348

Toledano, A., Plaza, R., Schez-Sobrino, S., Monekosso, D. N., & Vallejo, D. (2026). RehabiliTEA: Gamification-based platform for assessing reactivity and connectivity in children with autism spectrum disorder. *Computers and Graphics*, Artigo 104592. https://doi.org/10.1016/j.cag.2026.104592

Tseng, Y.-L., Lee, C.-H., Chiu, Y.-N., Tsai, W.-C., Wang, J.-S., Wu, W.-C., & Chien, Y.-L. (2024). Characterizing autism spectrum disorder through fusion of local cortical activation and global functional connectivity using game-based stimuli and a mobile EEG system. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 32*, 3026–3035. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3417210

Ullah, H., Ahmed, Z., Khan, U., Rehman, A., Bai, X., & Wang, L. (2025). Usability evaluation methods and life skills for individuals with autism spectrum disorder: A systematic literature review. *IEEE Access, 13*, 162034–162050. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3607021

Vicente-Samper, J. M., Ávila-Navarro, E., & Sabater-Navarro, J. M. (2020). Data acquisition devices towards a system for monitoring sensory processing disorders. *IEEE Access, 8*, 183596–183605. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029692

Wang, H., Tobón V., D. P., Hossain, M. S., & El Saddik, A. (2021). Deep learning (DL)-enabled system for emotional big data. *IEEE Access, 9*, 116073–116082. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3103501

Wang, J., Li, Y., Zhao, H., Chen, Y., & Wang, J. (2025). Deep learning-based response-to-name detection: Empirical study on early screening of autism spectrum disorder. *IEEE Access, 13*, 81408–81420. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3567367

Wang, M., & Yang, N. (2023). OBTAIN: Observational therapy-assistance neural network for training state recognition. *IEEE Access, 11*, 31951–31961. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3263117

Wong, C. M. V., Yum, Y. N., & Chan, R. Y. Y. (2025). AI-driven learning analytics for applied behavior analysis therapy. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 18*, 1097–1110. https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3637864

Yang, Z., Zhang, Y., Ning, J., Wang, X., & Wu, Z. (2025). Early diagnosis of autism: A review of video-based motion analysis and deep learning techniques. *IEEE Access, 13*, 2900–2925. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3523872

Zhang, Y., Huang, Y., Qi, J., Zhang, S., Tian, M., Tian, Y., Meng, F., Guan, L., & Chang, T. (2025). Uncertainty inspired early autism spectrum disorder screening via contrastive image-viewing paradigm. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 33*, 122–132. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2024.3518693

Zhao, Z., Zhao, R., Jiang, H., Zheng, W., & Wu, S. (2025). AV-FOS: Transformer-based audio-visual multimodal interaction style recognition for children with autism. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 29*(9), 6238–6250. https://doi.org/10.1109/JBHI.2025.3542066

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Dário Dourado**. Estudante do curso de Mestrado em Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

[2]**Domingos Martinho**. Professor coordenador do ISLA Santarém, doutorado em Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação e mestre em Ciências Informáticas pela Universidade de Lisboa, licenciado em Informática de Gestão pelo ISLA Santarém. Professor especialista em Ciências Informáticas. Investigador integrado no NECE-UBI (Centro de Investigação em Ciências Empresariais).

Endereço postal dos autores.

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

MACHINE LEARNING EM ROBÓTICA EDUCATIVA: CONTRIBUTOS PARA O FEEDBACK ADAPTATIVO E A PERSONALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM

MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: CONTRIBUTIONS TO ADAPTIVE FEEDBACK AND LEARNING PERSONALIZATION

[1] Patrícia Almeida; [2] Ricardo Vardasca

[1,2] ISLA – SANTARÉM

[1] a22511736@mail.islasantarem.pt; [2] ricardo.vardasca@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Esta investigação aborda a integração da aprendizagem automática na robótica educativa como resposta à necessidade de otimizar o suporte pedagógico personalizado. O objetivo é analisar de que forma a utilização de robôs inteligentes, atuando como agentes adaptativos, pode melhorar o fornecimento de retorno informativo e favorecer a inclusão em diversos níveis de ensino.

Método: Realizou-se uma revisão sistemática da literatura fundamentada no protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. O processo envolveu a análise de um corpus de dezanove artigos científicos e fontes estruturantes, extraindo dados sobre algoritmos de classificação, plataformas robóticas e impactos pedagógicos documentados.

Resultados: Os resultados revelam a eficácia do retorno informativo assistido por inteligência artificial e a convergência entre robótica social e análise de dados de aprendizagem. Identificou-se que modelos de linguagem e algoritmos de classificação permitem intervenções adaptativas, alcançando elevados níveis de concordância estatística, com valores de Cohen's Kappa entre 0.81 e 0.87.

Discussão: Os achados confirmam a eficácia da tecnologia na inclusão de alunos com perturbações do neurodesenvolvimento, proporcionando ambientes de interação previsíveis. A investigação demonstra que sistemas autónomos promovem a literacia robótica e a metacognição, superando abordagens tradicionais puramente mecânicas.

Conclusão: O artigo valida a robótica inteligente para a equidade educativa, propondo o desenvolvimento de uma plataforma web de retorno informativo adaptativo baseada em processamento local para o contexto escolar português. Conclui-se que a tecnologia, em conformidade com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados, potencia a capacidade docente de gerir a diversidade sob supervisão ética.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Robótica Educativa, Equidade Educativa, Feedback Inteligente, Personalização da Aprendizagem, Inclusão.

Abstract

Introduction: This investigation addresses the integration of machine learning in educational robotics as a response to the need to optimise personalised pedagogical support. The aim is to analyse how the use of intelligent robots, acting as adaptive agents, can improve the provision of feedback and promote inclusion across different levels of education.

Method: A systematic literature review was conducted based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses protocol. The process involved the analysis of a corpus of nineteen scientific articles and foundational sources, extracting data on classification algorithms, robotic platforms and documented pedagogical impacts.

Results: The results reveal the effectiveness of AI-assisted feedback and the convergence between social robotics and learning analytics. Language models and classification algorithms were found to enable adaptive interventions, achieving high levels of statistical agreement, with Cohen's Kappa values between 0.81 and 0.87.

Discussion: The findings confirm the effectiveness of technology in the inclusion of students with neurodevelopmental disorders, providing predictable interaction environments. The investigation demonstrates that autonomous systems promote robotic literacy and metacognition, surpassing purely mechanical traditional approaches.

Conclusion: The article validates intelligent robotics for educational equity, proposing the development of an adaptive feedback web platform based on local processing for the Portuguese school context. It is concluded that technology, in compliance with the General Data Protection Regulation, enhances teachers' capacity to manage diversity under ethical supervision.

Keywords: Artificial Intelligence, Educational Robotics, Educational Equity, Intelligent Feedback, Learning Personalization, Inclusion.

1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é classicamente definida como o estudo e a construção de agentes racionais, sistemas que percecionam o seu ambiente através de sensores e agem sobre ele por meio de atuadores para maximizar o sucesso no alcance de metas (Russell et al., 2010). No domínio da educação, esta definição materializa-se na Robótica Educativa (RE), entendida não apenas como um conjunto de dispositivos, mas como um meio pedagógico que favorece a aprendizagem ativa e a resolução de problemas em contextos significativos. Esta investigação surge da necessidade de responder a desafios críticos no ensino contemporâneo: a elevada carga de trabalho docente e a urgência de escalar o fornecimento de suporte pedagógico de qualidade através do Retorno Informativo Assistido por IA (AIFB).

Historicamente, o campo fundamenta-se no construcionismo de Papert (Papert, 1993), que utiliza a tecnologia como um "objeto para pensar", no princípio de "aprender fazendo" de Dewey (Dewey, 2015) e na perspetiva sociocultural de Vygotsky (Vygotskij & Cole, 1981), que sublinha o papel das ferramentas na mediação do desenvolvimento cognitivo. A reflexão sobre a simulação de capacidades cognitivas por máquinas remonta ao trabalho fundacional de Turing (Turing, 1950), mas adquire hoje uma nova pertinência com a integração de Machine Learning (ML). O problema central que motiva este estudo reside no facto de muitos sistemas de robótica tradicional funcionarem como "caixas pretas" mecânicas, falhando em adaptar o seu comportamento em tempo real às necessidades individuais dos alunos.

O objetivo geral desta investigação é analisar como os contributos de ML podem otimizar o feedback pedagógico inteligente e favorecer a personalização. Como abordagem de resolução, explora-se a convergência entre a Robótica Social Educativa e a Análise de Dados de Aprendizagem, paradigma designado na literatura como SER-LA (Social Educational Robotics and Learning Analytics). As hipóteses que guiam este relatório sugerem que: (a) agentes robóticos adaptativos baseados em ML Tradicional oferecem maior explicabilidade (XAI) e viabilidade para o contexto escolar; e (b) esta tecnologia é um recurso vital para a inclusão de alunos com PHDA ou Autismo (TEA) ao fornecer ambientes de interação previsíveis.

Este manuscrito está organizado da seguinte forma: a Secção 2 estabelece o Enquadramento Teórico e Relevância do Tema; a Secção 3 detalha a Metodologia de pesquisa orientada pelo protocolo PRISMA; a Secção 4 apresenta a Análise Crítica das Abordagens, Vantagens, Limitações e Desafios identificados no corpus técnico; e,

finalmente, a Secção 5 sintetiza a Conclusão, integrando a análise de limitações e uma proposta de trabalho futuro centrada numa plataforma web baseada em Edge AI. Este relatório demonstra que a inovação pautada pelo RGPD e pelo Regulamento EU AI Act 2024 pode transformar o robô numa ferramenta de aprendizagem adaptativa, equitativa e centrada no aluno (União Europeia, 2016, 2024).

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E RELEVÂNCIA DO TEMA

2.1. Natureza e Definição da Robótica Educativa

A RE é definida como um campo interdisciplinar que utiliza tecnologias robóticas para permitir que os alunos desenhem, construam e programem artefactos, explorando conceitos em diversos domínios (Yeung et al., 2026). Estruturalmente, um robô educativo é caraterizado como um sistema de componentes interligados — incluindo sensores, atuadores e processadores — controlado por um software que pode ser modificado pelo utilizador (González-Oliveras et al., 2025; Trapero-González et al., 2024). No paradigma contemporâneo, estes robôs deixaram de ser apenas dispositivos passivos para se tornarem agentes autónomos ou semi-autónomos capazes de perceber o ambiente e agir sobre ele para atingir metas pedagógicas específicas (Yeung et al., 2026).

2.2. Arquitetura do Agente Robótico Educativo

No domínio da IA, este sistema é definido como um agente racional que seleciona ações para maximizar o seu sucesso no alcance de metas (Russell et al., 2010). A especificação técnica deste agente, detalhada segundo o modelo PEAS (Performance, Environment, Actuators, Sensors), encontra-se sintetizada na Tabela 1, mapeando desde os ganhos de aprendizagem até aos sensores necessários para a interação (González-Oliveras et al., 2025; Ryalat et al., 2025).

Tabela 1. Caracterização PEAS do agente robótico educativo.

Elemento	Descrição Técnica (Baseada no Corpus)	Referências
Performance	Ganhos de aprendizagem, nível de envolvimento e precisão do feedback assistido por IA.	(Aldino et al., 2024; Wang et al., 2023)
Environment	Sala de aula K-12, laboratórios de STEM e contextos de educação inclusiva (PHDA/Autismo).	(Da Silva et al., 2025; Yeung et al., 2026)
Actuators	Motores para gesticulação (corpo/cabeça), sintetizadores de voz (TTS) e ecrãs táteis.	(González-Oliveras et al., 2025; Karalekas et al., 2025)
Sensors	Câmaras (visão computacional), microfones, sensores de toque, ultrassons e infravermelhos.	(González-Oliveras et al., 2025; Ryalat et al., 2025)

Fonte: Elaboração própria, baseada no modelo de agentes racionais (Russell et al., 2010) e nos dados técnicos do corpus científico analisado nas referências.

2.3. Integração de Machine Learning e Feedback Assistido por IA

A integração do ML introduz a adaptabilidade, permitindo que o robô aprenda padrões a partir de dados e interações (Yeung et al., 2026). Este avanço sustenta o Retorno Informativo Assistido por IA (AIFB), que analisa dados do aluno em tempo real para fornecer orientações personalizadas (Ba et al., 2025). Teoricamente, esta abordagem fundamenta-se no paradigma da Robótica Social Educativa e Learning Analytics (SER-LA), onde o robô atua como um mediador inteligente que ajusta o seu comportamento com base no ciclo de análise de dados (González-Oliveras et al., 2025). Este fluxo de dados é ilustrado na Figura 1.

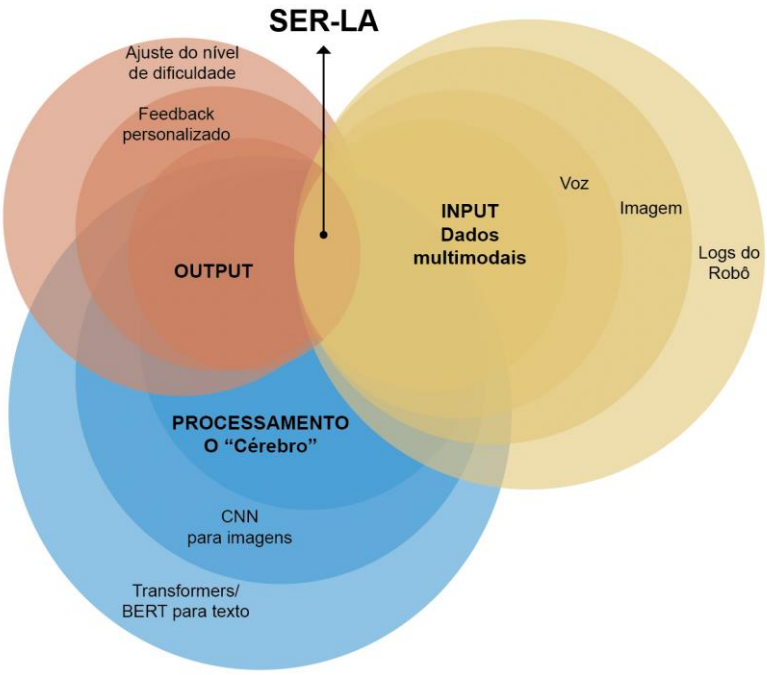


Figura 1. Diagrama da arquitetura Social Educational Robotics e Learning Analytics (SER-LA).
Fonte: Elaboração própria, baseada no modelo conceptual de González-Oliveras et al. (González-Oliveras et al., 2025)
e nos paradigmas de processamento multimodal (Ba et al., 2025; Karalekas et al., 2025).

2.4. Literacia Robótica e Relevância Educativa

A relevância contemporânea desta investigação reside na transição para o cultivo da "literacia robótica" (Yeung et al., 2026). Este conceito multidimensional integra o pensamento computacional com a compreensão crítica da tomada de decisão algorítmica e das suas implicações socioéticas. Através do ML, torna-se possível escalar o suporte pedagógico de qualidade, mitigando desafios como a elevada carga de trabalho docente (Aldino et al., 2024; Ba et al., 2025).

2.5. Justificação Pedagógica e Inclusão

A RE, ao apoiar-se em metodologias como a Aprendizagem Baseada em Problemas, promove a autonomia e o envolvimento do estudante (Da Silva et al., 2025). Este potencial assume especial relevância no campo da inclusão, servindo como mediador pedagógico vital para alunos com dificuldades de aprendizagem, PHDA ou autismo (Da Silva et al., 2025; Wang et al., 2023). A interação com robôs sociais previsíveis e empáticos ajuda a reduzir a ansiedade social e a diversificar as formas de apoio em contexto escolar.

2.6. IA Explicável (XAI) e Transição para a Literatura

Para que a inovação tecnológica no ensino seja fidedigna, deve ser acompanhada por princípios de explicabilidade e transparência (XAI) (Keter et al., 2023). O sistema deve ser capaz de fornecer justificações sobre as orientações geradas, garantindo o rigor pedagógico e ético exigido pelo Regulamento EU AI Act 2024 (União Europeia, 2024). Este horizonte conceptual fundamenta a análise das evidências que serão exploradas na revisão da literatura seguinte.

3. METODOLOGIA

A presente investigação fundamenta-se numa revisão sistemática da literatura com o objetivo de mapear as evidências técnicas e pedagógicas da aplicação de Machine Learning na Robótica Educativa. O estudo seguiu rigorosamente as diretrizes do protocolo PRISMA

2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), assegurando a transparência e a reprodutibilidade do processo.

3.1. Estratégia de Pesquisa

A recolha de dados foi realizada em julho de 2024, abrangendo quatro bases de dados científicas de referência internacional: ScienceDirect, IEEE Xplore, ACM Digital Library e ERIC. A estratégia de busca utilizou operadores booleanos para combinar termos nos campos de título, resumo e palavras-chave: ("Artificial Intelligence" OR "Machine Learning") AND ("Educational Robotics" OR "Robots") AND ("Feedback" OR "Personalization"). O horizonte temporal foi delimitado entre 2020 e 2026, visando capturar o estado da arte e tendências emergentes, como o paradigma SER-LA.

3.2. Critérios de Elegibilidade e Qualidade

Para garantir o rigor científico, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão:

Inclusão: (I) Artigos empíricos publicados em revistas com revisão por pares; (II) estudos que descrevam explicitamente a implementação de algoritmos de ML em contextos de robótica; (III) evidências quantitativas ou qualitativas sobre o impacto no feedback pedagógico ou na inclusão (PHDA/Autismo).

Exclusão: (I) Literatura cinzenta (dissertações não publicadas, relatórios técnicos sem revisão); (II) estudos teóricos ou revisões que não apresentem dados experimentais primários; (III) ferramentas puramente baseadas em regras sem aprendizagem adaptativa.

A qualidade metodológica foi aferida através da verificação de atributos técnicos obrigatórios exigidos na análise, nomeadamente a descrição de hiperparâmetros (ex: kernels de SVM ou camadas de redes neuronais) e métricas de desempenho (Accuracy, F1-Score, Cohen's Kappa).

3.3. Processo de Seleção e Extração (Fluxo PRISMA)

Conforme ilustrado no fluxograma PRISMA (Figura 2), o processo de seleção decorreu em quatro fases, partindo de um universo inicial de n=1945 registos. Na triagem inicial, removeram-se 148 duplicados e 1422 registos por irrelevância temática. Analisaram-se 375 artigos em texto integral, dos quais 191 foram excluídos por critérios metodológicos e 160 por ausência de dados técnicos suficientes ou texto indisponível.

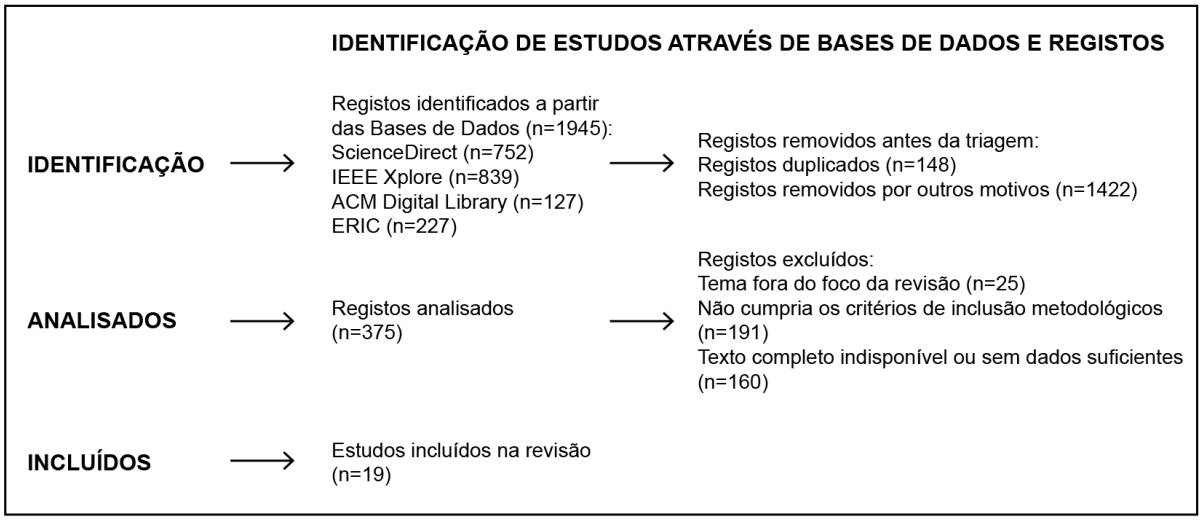


Figura 2. Fluxograma PRISMA 2020 das etapas de identificação, refinamento e elegibilidade do corpus de investigação.

A extração de dados foi realizada de forma sistemática pelo autor, utilizando matrizes de síntese para garantir a consistência técnica. Para assegurar a fiabilidade, o processo de triagem foi repetido em dois momentos distintos, validando a conformidade dos estudos com os critérios de qualidade definidos. O corpus final resultou em n=19 artigos científicos.

A literatura científica recente revela uma transição de uma robótica centrada na construção e programação de artefactos para sistemas que promovem a literacia robótica, integrando o pensamento computacional com a compreensão crítica de sistemas autónomos e da tomada de decisão algorítmica (Yeung et al., 2026). Contudo, a análise da literatura evidencia que a eficácia destas implementações não é uniforme e depende criticamente da qualidade dos conjuntos de dados e da acessibilidade do hardware utilizado. A Tabela 2 sistematiza estas evidências, permitindo uma leitura crítica da escala e das tecnologias de IA empregues nos estudos selecionados.

Tabela 2. Síntese das Evidências do Corpus: Aplicações, Dados e Tecnologias de IA.

Referência	Foco da Investigação	Amostra / Dataset (N)	Principais Algoritmos / Modelos
(Aldino et al., 2024)	Feedback centrado no aluno em escala.	16.531 sentenças (95 cursos).	BERT, Random Forest, XGBoost.
(Ba et al., 2025)	Mecanismos de feedback assistido por IA.	Revisão Sistemática (129 estudos).	Deep Learning, LLMs, Chatbots.
(Cesaretti et al., 2021)	Predição de sucesso em tarefas de RE.	1.113 sequências de programação.	SVM, k-means.
(Kaliisa et al., 2026)	IA vs. Feedback Humano (Meta-análise).	41 artigos selecionados.	Algoritmos de Classificação e LLMs.
(Karalekas et al., 2025)	Literacia em IA no Ensino Secundário.	Atividades baseadas em projetos.	Redes Neuronais, Visão Computacional.
(Liu et al., 2024)	Envolvimento (Engagement) em tempo real.	64 estudantes (Educação Física).	Random Forest, MLP.
(Mukhasheva et al., 2023)	Impacto cognitivo da Robótica Educativa.	Meta-análise (8 estudos).	Robótica de base STEM.
(Olari et al., 2021)	Paradigmas de ML e Aprendizagem Lúdica.	Ambientes de simulação/Open Roberta.	Q-learning, k-means, MLP.
(Da Silva et al., 2025)	Inclusão (PHDA, Autismo e Dificuldades).	33 alunos (Escolas Públicas).	Robótica Social (Robô NAO).
(Wang et al., 2023)	Eficácia dos Robôs na Aprendizagem.	Meta-análise (17 artigos / 34 E.S.).	Tutoria Inteligente e Redes Sociais.
(Yeung et al., 2026)	Cultivo da Literacia Robótica (RL).	Revisão Sistemática (373 artigos).	Sistemas Adaptativos e Autónomos.

Embora a investigação tenha abrangido dezanove fontes bibliográficas para fundamentação teórica e ética, a Tabela 2 foca-se nos estudos que constituem a base de evidência empírica e técnica sobre a aplicação de Machine Learning na Robótica Educativa.

3.4. Paradigmas de Machine Learning e Validação Experimental

A utilização de ambientes de simulação, como o Open Roberta Lab, tem sido fundamental para desmistificar o funcionamento da IA ("fim da caixa preta"), permitindo que os alunos manipulem redes neuronais e algoritmos de Aprendizagem por Reforço (Olari et al., 2021). Tecnicamente, este paradigma baseia-se num ciclo dinâmico onde o agente percebe o estado do ambiente, executa uma ação e recebe uma recompensa (positiva ou negativa), otimizando a sua política de atuação através da experiência (Russell et al., 2010; Yahaya et

al., 2024). Este mecanismo, que simula a aprendizagem por tentativa e erro, encontra-se esquematizado na Figura 3 (Olari et al., 2021; Russell et al., 2010). A sua adoção como referência para políticas educativas de larga escala exige, por isso, estudos com amostras mais representativas e diversificadas (Huang, 2024; Redondo-Duarte et al., 2026).

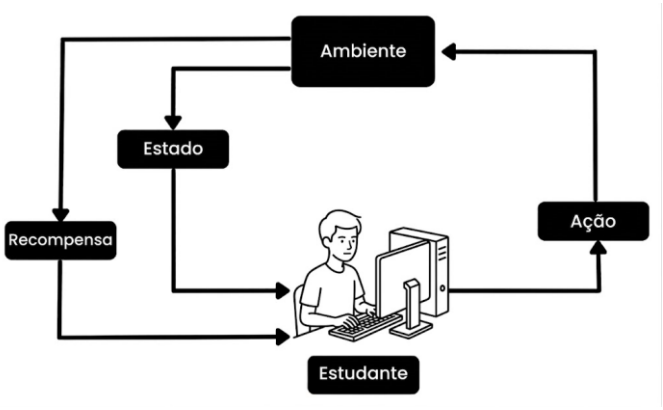


Figura 3. Ciclo de interação e feedback no paradigma da Aprendizagem por Reforço.
Fonte: Elaboração própria, baseada nos princípios de agentes racionais (Russell et al., 2010) e no modelo de experimentação de Olari et al. (2021).

Realça-se uma limitação metodológica recorrente no corpus: o estudo de Olari et al. (2021), embora inovador na introdução de conceitos como o Q-learning, baseou-se numa amostra de campo de apenas 24 participantes. Esta reduzida dimensão amostral levanta questões sobre a generalização dos resultados para contextos escolares de larga escala, onde a diversidade de perfis cognitivos e comportamentais é significativamente maior.

3.5. Qualidade dos Dados no Feedback Assistido por IA

O AIFB é frequentemente apontado como a solução para escalar o suporte pedagógico personalizado (Ba et al., 2025). O estudo de Aldino et al. (Aldino et al., 2024) é exemplar pelo volume de dados processado (16.531 sentenças), mas revela um desafio técnico e pedagógico crítico: a distribuição de classes é marcadamente desequilibrada, com apenas 1,2% das entradas focadas no "Desenvolvimento de Competências" (Aldino et al., 2024). Este desequilíbrio pode comprometer a fiabilidade do modelo na identificação de categorias pedagógicas raras mas essenciais, justificando o recurso a métricas como o F1-Score em vez de depender apenas da exatidão simples para validar o desempenho do sistema (Aldino et al., 2024; Cesaretti et al., 2021). Complementarmente, a meta-análise de Kaliisa et al. (Kaliisa et al., 2026) adverte que a alta heterogeneidade dos resultados ($I^2 = 95\%$) indica que o sucesso destas ferramentas depende mais do design da intervenção pedagógica do que da tecnologia em si.

3.6. Inclusão: Entre a Eficácia e a Viabilidade Económica

A RE apoiada por ML demonstrou ser um recurso mediador vital para a inclusão de alunos com dificuldades de aprendizagem, PHDA ou Autismo. O estudo de Da Silva et al. (Da Silva et al., 2025) reporta benefícios significativos no envolvimento destes alunos, mas a investigação centrou-se em apenas 33 estudantes, o que limita a robustez estatística das conclusões obtidas.

Para além da dimensão amostral, surge a barreira da sustentabilidade financeira. Embora robôs humanóides como o NAO apresentem resultados positivos na redução da ansiedade social, o seu custo elevado (custos elevados de aquisição e manutenção) torna a sua adoção em massa irrealista para a maioria das escolas públicas, particularmente no contexto português (Da Silva et al., 2025). Em contrapartida, propostas como o robô SelfLearn, com um custo de produção aproximado de 30€, surgem como uma alternativa tecnicamente viável e financeiramente mais acessível para a implementação de algoritmos de visão computacional e ML em sala de aula (Karalekas et al., 2025).

3.8. Aprendizagem Profunda e Visão Computacional na Robótica

A fronteira tecnológica da RE reside na transição para a Aprendizagem Profunda (Deep Learning), onde redes neuronais com múltiplas camadas permitem ao robô processar dados multimodais complexos, como imagens e voz, de forma integrada. Estudos recentes, como o de Karalekas et al. (Karalekas et al., 2025), demonstram a eficácia da utilização da visão computacional para o reconhecimento de poses e gestos em tempo real, permitindo que os alunos interajam com o robô através de comandos visuais.

Esta capacidade baseia-se em arquiteturas de Redes Neuronais Convolucionais (CNN), que são especialistas no processamento de matrizes bidimensionais (pixels). Tecnicamente, estas redes operam através de uma sequência rigorosa de processamento: a Entrada (Matriz 2-D) é submetida a camadas de Convolução para extração de características locais, seguida pela aplicação da função de ativação ReLU para introduzir não-linearidade e camadas de Pooling para redução da resolução espacial, culminando numa camada Softmax para a classificação final do estado ou gesto do aluno. Esta estrutura técnica, que permite ao robô "perceber" o ambiente com um elevado grau de invariância a distorções, é detalhada no diagrama da Figura 4.

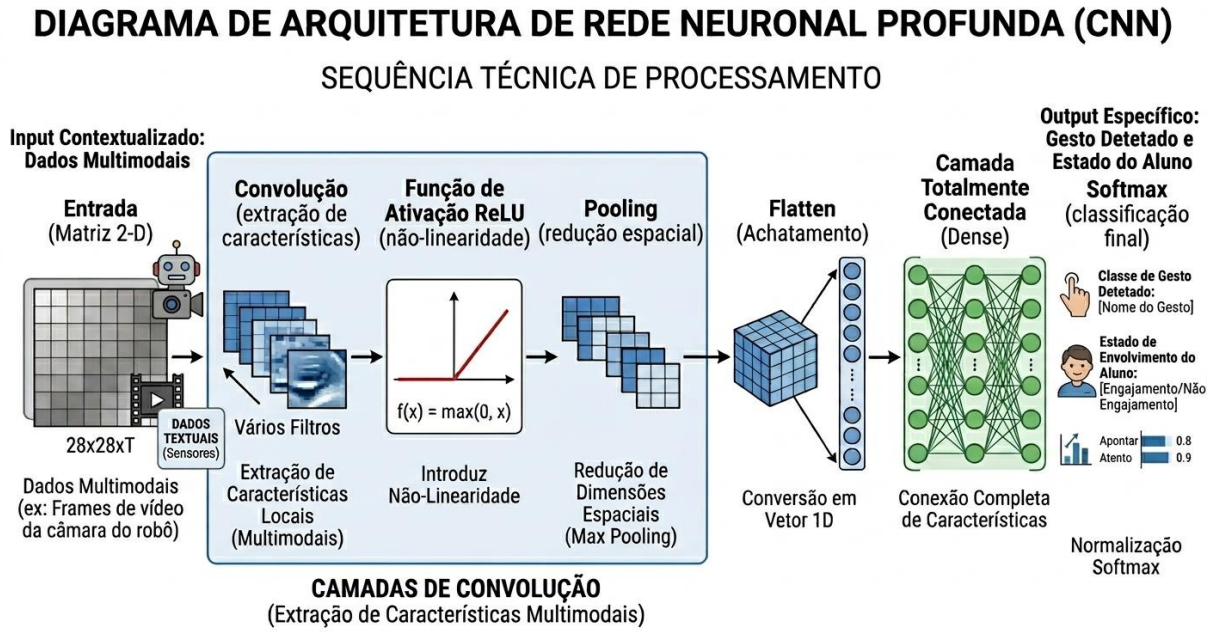


Figura 4. Diagrama de Arquitetura de Rede Neuronal Convolucional (CNN) e sequência técnica de processamento para a classificação do estado do aluno. Fonte: Elaboração própria com suporte de IA generativa, baseada na arquitetura descrita em Karalekas et al. (Karalekas et al., 2025) e nos princípios de processamento de imagem de Russell et al. (Russell et al., 2010).

4. ANÁLISE CRÍTICA DAS ABORDAGENS, VANTAGENS, LIMITAÇÕES E DESAFIOS

A análise das evidências científicas revela que a integração de ML na RE oferece vantagens pedagógicas significativas, mas a escolha da abordagem técnica deve ser criteriosamente ponderada face aos contextos reais de implementação.

4.1. LLMs versus ML Tradicional: Viabilidade no Contexto Escolar Português

Existem atualmente duas correntes tecnológicas dominantes: o uso de Modelos de Linguagem de Larga Escala (LLMs) e os algoritmos de ML Tradicional. Os LLMs, como o GPT-4, permitem interações naturais e diálogos socráticos que podem aumentar o envolvimento dos alunos (Ba et al., 2025; Kochmar et al., 2020). Contudo, estas abordagens

sofrem de problemas de "alucinação" e exigem uma capacidade computacional e largura de banda que muitas escolas ainda não possuem (Aldino et al., 2024; Kochmar et al., 2020).

Nesta investigação, defende-se que, para o contexto escolar público português, as abordagens de ML Tradicional (como SVM e Random Forest) são, presentemente, as mais adequadas. Esta posição fundamenta-se em três pilares:

(I) Sustentabilidade Financeira: Enquanto robôs humanóides que utilizam processamento de topo, como o NAO, custam milhares de euros, propostas baseadas em hardware low-cost (ex: robô SelfLearn de 30€) permitem correr modelos de ML tradicionais de forma eficiente (Da Silva et al., 2025; Karalekas et al., 2025).

(II) Explicabilidade (XAI): Algoritmos como as árvores de decisão são intrinsecamente mais fáceis de interpretar do que a natureza "caixa preta" das redes profundas, o que é vital para que o professor compreenda a lógica do feedback fornecido (Aldino et al., 2024; Keter et al., 2023).

(III) Pragmatismo Técnico: Modelos mais leves permitem o processamento local (Edge AI), salvaguardando a privacidade dos dados dos estudantes exigida pelo RGPD (Ba et al., 2025).

4.2. A Insuficiência das Métricas Quantitativas em Decisões Pedagógicas

A validação técnica dos sistemas de IA no corpus baseia-se num conjunto alargado de métricas estatísticas que visam garantir a fidedignidade do retorno informativo fornecido ao aluno. A Tabela 3 sistematiza estes indicadores, revelando níveis de desempenho que a literatura académica considera elevados.

Tabela 3. Comparação de Métricas de Avaliação de Desempenho Identificadas no Corpus.

Métrica	Descrição Técnica	Resultado no Corpus	Referências
Accuracy (Exatidão)	Proporção global de predições corretas do modelo em relação ao total de casos	0.75 a 0.89 em predição de performance e feedback	(Aldino et al., 2024; Cesaretti et al., 2021)
F1-Score	Média harmónica entre Precisão e Recall, crucial para conjuntos de dados desequilibrados	0.65 a 0.92 dependendo da complexidade do feedback	(Aldino et al., 2024; Cesaretti et al., 2021)
Cohen's Kappa	Medida estatística de concordância entre a IA e o avaliador humano (expert)	0.81 a 0.87, indicando concordância quase perfeita	(Aldino et al., 2024; Ba et al., 2025)
RMSE	Raiz do erro quadrático médio, utilizada para medir a precisão em modelos de regressão	~2.06 em pontuações de avaliação	(Liu et al., 2024)

Fonte: Elaboração própria, baseada nos dados quantitativos e definições técnicas do corpus científico analisado (Aldino et al., 2024; Ba et al., 2025; Cesaretti et al., 2021; Liu et al., 2024).

Como se observa, os valores de Cohen's Kappa situam-se entre 0.81 e 0.87, o que indica uma "concordância quase perfeita" entre a IA e os avaliadores humanos (Aldino et al., 2024; Ba et al., 2025). No entanto, levanta-se uma questão crítica: será este valor suficiente para decisões que impactam o percurso de aprendizagem de uma criança? Embora modelos como o de Cesaretti et al. (Cesaretti et al., 2021) atinjam uma exatidão de 0.89, o foco excessivo nestas métricas pode negligenciar a equidade pedagógica, especialmente quando os dados estão desequilibrados, como no caso de Aldino et al. (2024), onde apenas 1,2% das amostras representam competências específicas. Para além dos resultados estatísticos, a eficácia pedagógica dos sistemas de IA é indissociável das escolhas de arquitetura e parametrização dos modelos. A Tabela 4 sistematiza os hiperparâmetros e atributos técnicos

identificados no corpus, permitindo compreender a complexidade computacional e os mecanismos de validação utilizados.

Tabela 4. Hiperparâmetros e Atributos Técnicos dos Algoritmos

Algoritmo	Parâmetros e Atributos Identificados	Referências
SVM	Kernel: RBF ou Linear; Validação: 10-fold cross-validation.	(Cesaretti et al., 2021)
k-NN	Valor de k: Otimizado por busca em grelha; Distância: Euclidiana.	(Aldino et al., 2024)
MLP / Redes	Camadas: 2 ocultas; Ativação: ReLU; Optimizer: Adam.	(Karalekas et al., 2025)
Random Forest	Árvores: 60; Critério: Gini; Divisão: 80% treino / 20% teste.	(Aldino et al., 2024)

Fonte: Elaboração própria, baseada nos requisitos técnicos da unidade curricular e nos dados experimentais do corpus científico analisado (Aldino et al., 2024; Cesaretti et al., 2021; Karalekas et al., 2025).

A análise destes atributos revela que o uso de funções de ativação como a ReLU em redes neuronais e a otimização de hiperparâmetros por busca em grelha no k-NN são fundamentais para garantir a rapidez e a precisão do retorno informativo em tempo real. Contudo, a robustez demonstrada pela validação 10-fold cross-validation no modelo SVM (com exatidão de 0.89) reforça a posição de que abordagens de ML tradicional podem ser mais fidedignas para o contexto escolar do que modelos de aprendizagem profunda menos transparentes.

5. CONCLUSÃO

A investigação realizada demonstra que a integração de ML em RE representa uma mudança de paradigma, permitindo transitar de sistemas puramente mecânicos para agentes adaptativos capazes de promover uma aprendizagem profundamente personalizada(Karalekas et al., 2025; Yeung et al., 2026). O ML otimiza o retorno informativo ao permitir que o robô analise dados de interação em tempo real, ajustando o nível de desafio e o suporte ao ritmo biopsicossocial de cada estudante (Ba et al., 2025; González-Oliveras et al., 2025). Esta abordagem é o motor que permite "fechar o ciclo" de Learning Analytics, transformando dados brutos em ações pedagógicas imediatas (González-Oliveras et al., 2025; Keter et al., 2023).

5.1. Limitações do Estudo

Não obstante os benefícios, a eficácia destas soluções enfrenta limitações documentadas no corpus. Destaca-se a predominância de amostras reduzidas (frequentemente N<40), o que limita a generalização dos resultados para contextos escolares de larga escala (Olari et al., 2021; Redondo-Duarte et al., 2026). Identificou-se também o desafio técnico de lidar com conjuntos de dados desequilibrados, onde categorias pedagógicas críticas podem estar sub-representadas em relação ao volume total de dados (Aldino et al., 2024). Adicionalmente, o elevado custo de plataformas humanoides de topo, como o robô NAO, permanece uma barreira à adoção em massa no ensino público (Da Silva et al., 2025).

5.2. Proposta de Intervenção Técnica

Como trabalho futuro, propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma web de retorno informativo adaptativo, fundamentada no paradigma SER-LA (González-Oliveras et al., 2025). A arquitetura integrará um Dashboard do Professor para monitorização em tempo real (Keter et al., 2023; Liu et al., 2024) e um módulo de backend baseado no algoritmo Random Forest, escolhido pelo seu equilíbrio entre precisão e explicabilidade (XAI) (Aldino et al., 2024). Ao permitir que docentes e alunos visualizem o progresso, a plataforma visa

fomentar a metacognição (Cesaretti et al., 2021) e o desenvolvimento de uma literacia robótica plena (Yeung et al., 2026). Para garantir a conformidade com o RGPD, a solução utilizará processamento local (Edge AI), minimizando a circulação de dados sensíveis (Ba et al., 2025; União Europeia, 2016).

5.3. Considerações Finais

Em suma, a inovação tecnológica no ensino deve ser indissociável de uma postura ética, pautada pela conformidade com o Regulamento EU AI Act 2024 (União Europeia, 2024). O papel do professor como supervisor crítico permanece insubstituível, devendo a tecnologia ser encarada como um instrumento de apoio à gestão da diversidade (Redondo-Duarte et al., 2026; Yeung et al., 2026). A robótica inteligente afirma-se, assim, como um recurso vital para a equidade educativa e a inclusão de alunos com necessidades específicas (Da Silva et al., 2025).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldino, A. A., Tsai, Y.-S., Mello, R. F., Gašević, D., & Chen, G. (2024). Enhancing Feedback Quality at Scale: Leveraging Machine Learning for Learner-Centered Feedback. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *7*, 100332. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100332

Ba, S., Yang, L., Yan, Z., Looi, C. K., & Gašević, D. (2025). Unraveling the mechanisms and effectiveness of AI-assisted feedback in education: A systematic literature review. *Computers and Education Open*, *9*, 100284. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100284

Cesaretti, L., Screpanti, L., Scaradozzi, D., & Mangina, E. (2021). Analysis of Educational Robotics Activities Using a Machine Learning Approach. Em D. Scaradozzi, L. Guasti, M. Di Stasio, B. Miotti, A. Monteriù, & P. Blikstein (Eds.), *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments* (Vol. 240, pp. 203–211). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77040-2_27

Da Silva, M. D. G. T., Araújo Maia, C. J. D. N., Fernandes Curvelo, C. D. C., Garcia, L. T. D. S., & Gonçalves, L. M. G. (2025). Educational robotics as a pedagogical resource for K-12 students with learning difficulties. *Scientific Reports*, *15*(1), 35923. https://doi.org/10.1038/s41598-025-19821-x

Dewey, J. (2015). *Experience and education* (First free press edition 2015). Free Press.

González-Oliveras, P., Engwall, O., & Wilde, A. (2025). Social Educational Robotics and Learning Analytics: A Scoping Review of an Emerging Field. *International Journal of Social Robotics*, *17*(6), 1113–1128. https://doi.org/10.1007/s12369-025-01235-4

Huang, X. (2024). The rise of educational robots: A review of classroom applications. *Applied and Computational Engineering*, *38*(1), 57–65. https://doi.org/10.54254/2755-2721/38/20230529

Kaliisa, R., Misiejuk, K., López-Pernas, S., & Saqr, M. (2026). How does artificial intelligence compare to human feedback? A meta-analysis of performance, feedback perception, and learning dispositions. *Educational Psychology*, *46*(1), 80–111. https://doi.org/10.1080/01443410.2025.2553639

Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2025). Teaching Artificial Intelligence and Machine Learning in Secondary Education: A Robotics-Based Approach. *Applied Sciences*, *15*(8), 4570. https://doi.org/10.3390/app15084570

Keter, K., Joseph, A., & Mohamed, J. (2023). Using Explainable Machine Learning to Automatically Provide Feedback to Students Based on Data Analysis. *London Journal of Social Sciences*, (6), 26–32. https://doi.org/10.31039/ljss.2023.6.101

Kochmar, E., Vu, D. D., Belfer, R., Gupta, V., Serban, I. V., & Pineau, J. (2020). Automated Personalized Feedback Improves Learning Gains in An Intelligent Tutoring System. Em I. I. Bittencourt, M. Cukurova, K. Muldner, R. Luckin, & E. Millán (Eds.), *Artificial Intelligence in Education* (Vol. 12164, pp. 140–146). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52240-7_26

Liu, Y., Lu, D., Xu, D., Zheng, Y., Zhou, T., Li, N., & Feng, R. (2024). Exploring Intelligent Feedback Systems for Student Engagement in Digitized Physical Education Learning through Machine Learning. *Proceeding of the 2024 International Conference on Artificial Intelligence and Future Education*, 114–118. https://doi.org/10.1145/3708394.3708415

Mukhasheva, M., Ybyraimzhanov, K., Naubaeva, K., Mamekova, A., & Almukhambetova, B. (2023). The Impact of Educational Robotics on Cognitive Outcomes in Primary Students: A Meta-Analysis of Recent Studies. *European Journal of Educational Research*, *volume–12–2023*(volume–12–issue–4–october–2023), 1683–1695. https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.4.1683

Olari, V., Cvejoski, K., & Eide, Ø. (2021). Introduction to Machine Learning with Robots and Playful Learning. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, *35*(17), 15630–15639. https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17841

Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd edition). Basic Books.

Redondo-Duarte, S., Pattier, D., Neubauer, A., & Sáez López, J.-M. (2026). Machine learning and educational robotics, an implementation in initial university teacher training and for practicing teachers in primary education. *Frontiers in Education*, *11*, 1778718. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1778718

Russell, S. J., Norvig, P., & Davis, E. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed). Prentice Hall.

Ryalat, M., Almtireen, N., Al-refai, G., Elmoaqet, H., & Rawashdeh, N. (2025). Research and Education in Robotics: A Comprehensive Review, Trends, Challenges, and Future Directions. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, *14*(4), 76. https://doi.org/10.3390/jsan14040076

Trapero-González, I., Hinojo-Lucena, F. J., Romero-Rodríguez, J.-M., & Martínez-Menéndez, A. (2024). Didactic impact of educational robotics on the development of STEM competence in primary education: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Education*, *9*, 1480908. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1480908

Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind, New Series*, *59*(236), 433–460.

União Europeia. (2016). *Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados.* http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

União Europeia. (2024). *Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho de 2024, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e que altera os Regulamentos (CE) n.° 300/2008, (UE) n.° 167/2013, (UE) n.° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e as Diretivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (Regulamento da*

Inteligência Artificial): L 2024/1689. Jornal Oficial da União Europeia. http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Vygotskij, L. S., & Cole, M. (1981). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Nachdr.). Harvard Univ. Press.

Wang, K., Sang, G.-Y., Huang, L.-Z., Li, S.-H., & Guo, J.-W. (2023). The Effectiveness of Educational Robots in Improving Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Sustainability*, *15*(5), 4637. https://doi.org/10.3390/su15054637

Yahaya, A., Rasheed, F., Muaz, B., Haruna Usman, Sani, A., Yahaya, I., Idris, A., & Ahmad, B. (2024). Application of Machine Learning in Education: Recent Trends Challenges and Future Perspective. *British Journal of Computer, Networking and Information Technology*, *7*(3), 118–131. https://doi.org/10.52589/BJCNIT-YLJQOCVP

Yeung, R. C. Y., Sun, D., Yeung, C. H., Keane, T., & Lee, J. C.-K. (2026). From building robots to cultivating robotics literacy? A systematic review of educational robotics research and its future directions. *Computers & Education*, *251*, 105659. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2026.105659

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Patrícia Almeida**. Licenciada em Design Visual pelo Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing. Estudante do curso de Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

[2]**Ricardo Vardasca**. Professor Coordenador em Ciências Informáticas, Diretor do Centro de Investigação, do Mestrado em Engenharia de Tecnologias e Sistemas Web, da Licenciatura em Engenharia Informática, do TeSP em Inteligência Artificial e da Pós-Graduação em Data Science no ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro do conselho geral do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Membro dos conselhos Técnico-Científico e Pedagógico da Escola Superior de Engenharia e Tecnologia do ISLA Santarém - Instituto Politécnico. Investigador Integrado no INEGI – Universidade do Porto. Professor Externo na Universidade de Valência (Espanha), e Examinador Externo na Universidade de Swansea (Reino Unido). Editor chefe da revista científica The Imaging Science Journal. Doutorado em Ciências Informáticas pela University of South Wales (Reino Unido), Licenciado em Engenharia Informática (Instituto Politécnico de Leiria) e Information Technology (University of South Wales, Reino Unido), cursos obtidos no exterior estão registados e reconhecidos pela Universidade do Porto em Portugal.

Endereço postal dos autores.

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

O PAPEL DO PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E VISÃO COMPUTACIONAL NA GESTÃO DE DESPESAS

THE ROLE OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION IN EXPENSE MANAGEMENT

David Duarte

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

davdua1991@gmail.com

Resumo

Introdução: O processamento manual de despesas e documentos financeiros é um processo moroso e propenso a erros que afeta a eficiência operacional das organizações. Este estudo tem como objetivo analisar o papel do Processamento de Linguagem Natural (NLP) e da Visão Computacional (CV) na automação da gestão de despesas, traçando a sua evolução histórica desde os processos manuais até à integração inteligente, e identificando as tendências futuras destas tecnologias no setor financeiro e de compras corporativas.

Método: Foi conduzida uma revisão sistemática qualitativa da literatura, estruturada segundo as orientações PRISMA 2020, recorrendo às bases de dados ScienceDirect, IEEE Xplore, arXiv e a editora MDPI. A pesquisa foi limitada a publicações em acesso aberto entre 2015 e 2026. A estratégia de busca combinou eixos tecnológicos e de gestão de despesas, resultando inicialmente em 112 artigos únicos após remoção de duplicados. Após aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e elegibilidade, a amostra final integrou 7 estudos para análise qualitativa.

Resultados: A literatura demonstra que a integração da Visão Computacional para análise de layout e modelos de NLP permite a extração estruturada de dados a partir de tabelas heterogéneas, faturas e recibos com elevada precisão. Adicionalmente, verificou-se que a incorporação destas tecnologias em sistemas de Planeamento de Recursos Empresariais (ERP) automatiza fluxos de trabalho, otimiza a sustentabilidade organizacional e potencializa a deteção e prevenção de fraudes financeiras através de modelos de *data mining*.

Discussão: Os achados indicam que a gestão de despesas evoluiu de uma tarefa administrativa de simples registo de dados para um ativo estratégico e tático de apoio à tomada de decisão. Embora o alinhamento multimodal supere as antigas barreiras da digitalização, persistem desafios técnicos, nomeadamente a dependência da qualidade da imagem inicial do documento, e a necessidade de adotar modelos de Inteligência Artificial explicáveis (XAI) que garantam a transparência exigida em auditorias financeiras.

Conclusão: A sinergia entre NLP e CV representa uma mudança de paradigma no controlo de custos, revolucionando a eficiência operacional das instituições. Como trabalho futuro, sugere-se a exploração de Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) adaptados a ontologias financeiras e a implementação destas arquiteturas em ambientes de *edge computing* (como dispositivos móveis) para o processamento de faturas e recibos em tempo real.

Palavras-chave: Processamento de Linguagem Natural; Visão Computacional; Gestão de Despesas; Automação Financeira; Sistemas ERP; Transformação Digital.

Abstract

Introduction: The manual processing of expenses and financial documents is a time-consuming and error-prone process that impacts the operational efficiency of organizations. This study aims to analyze the role of Natural Language Processing (NLP) and Computer Vision (CV) in the automation of expense management, tracing its historical evolution from manual processes to intelligent integration, and identifying future trends for these technologies in the financial and corporate procurement sectors.

Method: A qualitative systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, using the ScienceDirect, IEEE Xplore, arXiv databases and MDPI publisher. The search was restricted to open-access publications published between 2015 and 2026. The search strategy combined technological and expense management dimensions, initially yielding 112 unique records after duplicate removal. Following the application of inclusion, exclusion and eligibility criteria, the final sample consisted of 7 studies selected for qualitative analysis.

Results: The literature demonstrates that the integration of Computer Vision for layout analysis and NLP models allows for the structured extraction of data from heterogeneous tables, invoices, and receipts with high precision. Additionally, it was found that incorporating these technologies into Enterprise Resource Planning (ERP) systems automates workflows, optimizes organizational sustainability, and enhances the detection and prevention of financial fraud through data mining models.

Discussion: The findings indicate that expense management has evolved from an administrative task of simple data entry into a strategic and tactical asset for decision-making support. Although multimodal alignment overcomes old barriers to digitization, technical challenges persist, namely the dependency on the initial document image quality and the need to adopt Explainable Artificial Intelligence (XAI) models to ensure the transparency required in financial audits.

Conclusion: The synergy between NLP and CV represents a paradigm shift in cost control, revolutionizing the operational efficiency of institutions. As future work, it is suggested to explore Large Language Models (LLMs) adapted to financial ontologies and the implementation of these architectures in edge computing environments (such as mobile devices) for the real-time processing of invoices and receipts.

Keywords: Natural Language Processing; Computer Vision; Expense Management; Financial Automation; ERP Systems; Digital Transformation.

INTRODUÇÃO

A gestão de despesas constitui uma função central dos processos financeiros das organizações, envolvendo a receção, validação e registo de documentos como faturas e recibos. A execução destas atividades depende frequentemente de tarefas manuais repetitivas, que podem comprometer a eficiência operacional, aumentar os custos administrativos e introduzir erros no tratamento da informação. À medida que as organizações procuram melhorar a produtividade e a rastreabilidade dos seus processos, a automação documental tem assumido um papel cada vez mais relevante. Neste contexto, o Intelligent Document Processing tem emergido como uma abordagem capaz de transformar fluxos documentais tradicionais em processos digitais mais eficientes, fiáveis e escaláveis (Alonso-Rocha et al., 2025).

A integração de Processamento de Linguagem Natural e Visão Computacional surge como uma resposta particularmente promissora para este problema. Enquanto a Visão Computacional apoia a análise do layout, a identificação de estruturas visuais e a leitura de elementos documentais, o NLP contribui para interpretar o conteúdo textual e organizar a informação extraída.

No plano organizacional, estas tecnologias assumem especial importância quando integradas em sistemas de Planeamento de Recursos Empresariais. A literatura mostra que a incorporação de IA colaborativa em ERP pode apoiar a eficiência operacional, a sustentabilidade e a automação de processos, incluindo interfaces baseadas em linguagem natural e mecanismos de apoio à decisão. Em paralelo, a revisão de Spreitzenbarth et al. indica que a adoção de IA e ML em contextos empresariais ainda se encontra numa fase nascente, o que reforça a pertinência de investigar o seu valor em domínios específicos como a gestão de despesas (Mannan et al., 2025).

Apesar destes avanços, persistem desafios relevantes, nomeadamente a dependência da qualidade inicial da imagem, a necessidade de modelos explicáveis e a distância entre soluções académicas e aplicação em ambientes reais. A literatura também aponta a relevância de aprofundar a integração entre modelos de aprendizagem e necessidades práticas de negócio, reforçando a ligação entre desempenho técnico e utilidade organizacional. Além disso, abordagens multimodais e leves para reconhecimento de recibos mostram que ainda existe espaço para melhorar a robustez e a aplicabilidade destas soluções em cenários operacionais (Weinzierl et al., 2024).

Apesar dos avanços recentes em automação documental inteligente, a literatura ainda apresenta limitações na compreensão integrada do papel combinado do NLP e da Visão Computacional especificamente aplicada à gestão de despesas. Grande parte dos estudos concentra-se em tarefas isoladas, como OCR, processamento documental bancário ou deteção de fraude, existindo ainda pouca sistematização das abordagens multimodais orientadas para fluxos financeiros empresariais completos.

Face a esta lacuna, o presente estudo realiza uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação de técnicas de NLP e Visão Computacional na automação da gestão de despesas. O objetivo é identificar as principais abordagens, contributos, desafios e limitações reportados na literatura, contribuindo para uma compreensão mais estruturada do estado da arte e para a identificação de oportunidades de investigação futura (Spreitzenbarth et al., 2024).

MÉTODO

Tipo de estudo

A presente revisão sistemática da literatura foi conduzida com base nas orientações do protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), com adaptação à natureza qualitativa e exploratória do estudo. O objetivo foi identificar, selecionar e analisar investigações relevantes sobre a aplicação do Processamento de Linguagem Natural e da Visão Computacional na automação da gestão de despesas. A pesquisa incidiu em quatro bases de dados: ScienceDirect, IEEE Xplore, MDPI e arXiv. Foram consideradas publicações em acesso aberto, entre 2015 e 2026. Esta delimitação temporal permitiu abranger tanto trabalhos mais consolidados sobre automação documental como abordagens mais recentes associadas a modelos multimodais, integração com ERP e processamento inteligente de documentos financeiros.

Fontes de dados

A recolha bibliográfica foi realizada nas bases ScienceDirect, IEEE Xplore, MDPI e arXiv, por serem fontes relevantes para estudos em inteligência artificial aplicada, processamento documental, sistemas de informação e automação financeira. A opção por bases multidisciplinares e tecnológicas visou assegurar cobertura adequada de estudos orientados tanto para soluções técnicas como para contextos organizacionais e empresariais. Refira-se, contudo, que a pesquisa foi delimitada às bases ScienceDirect, IEEE Xplore, MDPI e arXiv, o que constitui uma limitação de cobertura relativamente a outras bases de referência como Scopus, Web of Science e ACM.

Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa foi estruturada em dois eixos principais. O primeiro eixo procurou captar estudos situados na interseção entre as tecnologias analisadas e a gestão de despesas em sentido lato, recorrendo a combinações como ("natural language processing" OR NLP) AND ("computer vision" OR CV) AND ("expense management" OR "expense tracking" OR "financial management" OR "cost management"). O segundo eixo refinou a pesquisa para documentos diretamente associados ao processo de despesa, nomeadamente faturas e recibos, através da expressão (NLP OR "natural language processing") AND (CV OR "computer vision") AND (invoices OR receipts). Esta opção metodológica permitiu combinar uma perspetiva mais abrangente de gestão financeira com uma abordagem documental centrada nos suportes operacionais da despesa. A pesquisa bibliográfica foi realizada em Abril de 2026, abrangendo publicações entre 2015 e 2026.

Critérios de inclusão e exclusão

Como critérios de inclusão, consideraram-se: i) publicações entre 2015 e 2026; ii) acesso aberto ao texto integral; iii) relação direta com NLP, CV, OCR ou processamento inteligente de documentos em contexto financeiro ou organizacional; e iv) contributo teórico ou aplicado para a automação da gestão de despesas. Como critérios de exclusão, eliminaram-se estudos duplicados, trabalhos sem relação direta com documentos financeiros ou expense management, publicações demasiado genéricas sem contributo claro para o problema em análise e artigos cuja leitura integral não evidenciasse aderência ao objetivo da revisão.

Processo de seleção

A extração inicial reuniu 116 registos. Após a compilação dos resultados provenientes das diferentes bases, procedeu-se à identificação e remoção de 4 artigos duplicados, fixando-se a amostra de triagem em 112 artigos únicos. Numa fase subsequente, os estudos foram sujeitos a leitura de título, resumo e, quando necessário, texto integral, com vista à avaliação da sua relevância face ao objetivo do estudo. Após a aplicação dos critérios de exclusão e da avaliação de elegibilidade, a amostra final para análise qualitativa foi constituída por 7 artigos de elevada relevância. A reduzida dimensão da amostra reflete a natureza ainda emergente da investigação especificamente orientada para a integração conjunta de NLP e Visão Computacional aplicada à gestão de despesas.

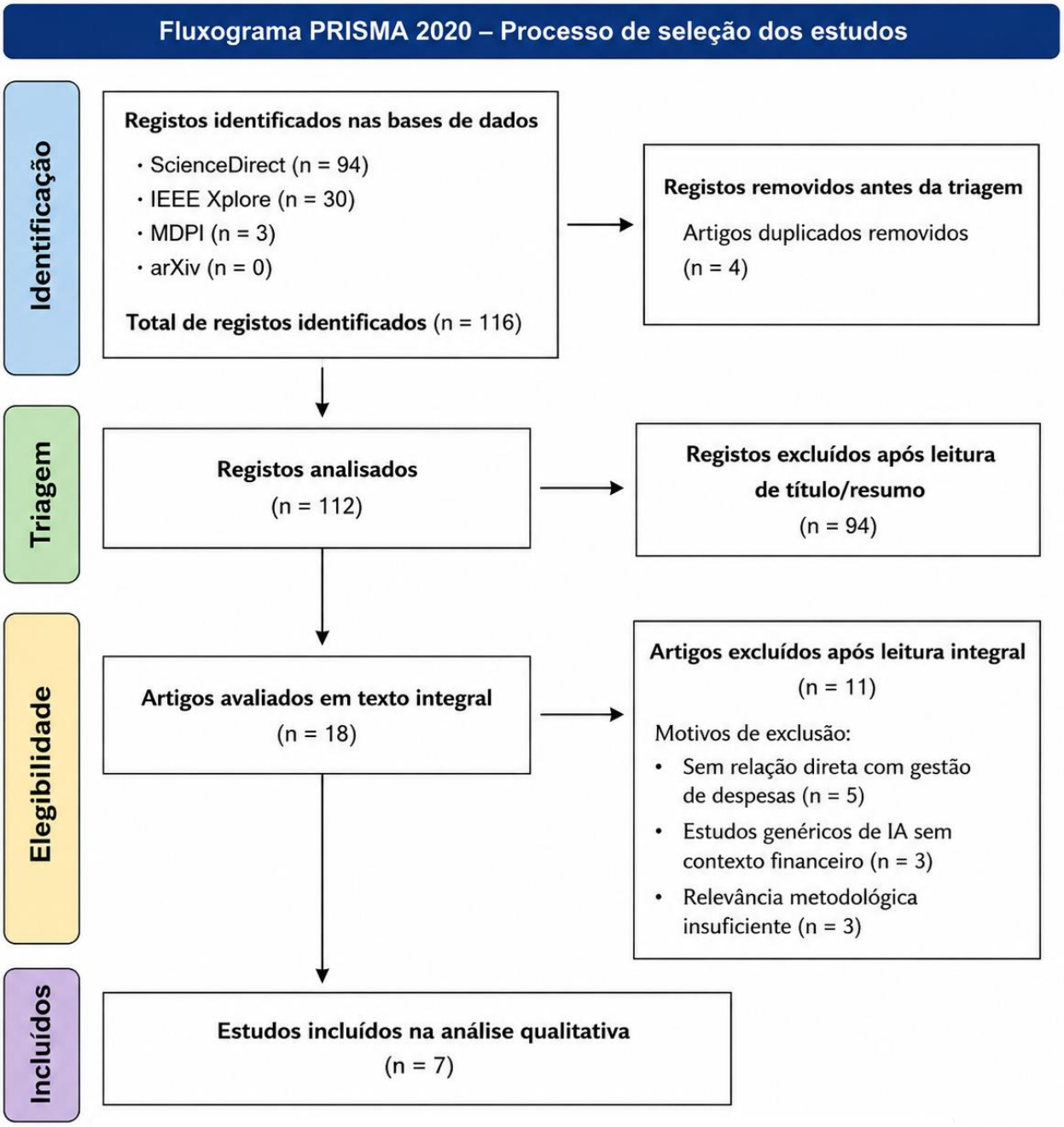


Figura 1. Fluxograma PRISMA 2020 do processo de seleção dos estudos.

Procedimento de análise

A análise dos estudos selecionados seguiu uma lógica qualitativa e comparativa, centrada na identificação de temas recorrentes, contributos tecnológicos e desafios de implementação. Em particular, procurou-se examinar: i) o papel da Visão Computacional na análise de layout e extração de informação visual; ii) o contributo do NLP para estruturação semântica e interpretação textual; iii) a integração destas tecnologias em sistemas ERP e fluxos de automação financeira; e iv) as limitações técnicas e organizacionais apontadas na literatura, incluindo qualidade documental, explicabilidade dos modelos e aplicabilidade em

contextos reais. Este procedimento permitiu estruturar a discussão dos resultados em torno de tendências convergentes e lacunas ainda presentes no estado da arte.

RESULTADOS

Tabela 1. Síntese dos estudos analisados

Autor/Ano	Objetivo do estudo	Metodologia	Tecnologia principal	Contributo para a gestão de despesas
Alonso-Rocha et al. (2025)	Analisar o impacto do intelligent document processing na automação bancária.	Revisão sistemática da literatura.	NLP, ML, processing documental.	Mostra como a automação documental reduz erros e aumenta a eficiência em contextos financeiros.
Khandokar & Deshpande (2025)	Propor um framework de extração de dados de tabelas financeiras heterogéneas.	Framework baseado em computer vision.	Computer Vision.	Sustenta a extração estruturada de dados a partir de documentos financeiros complexos, como tabelas e faturas.
Mannan et al. (2025)	Investigar a integração de IA colaborativa em ERP.	Revisão sistemática e síntese conceptual.	NLP, ML, ERP, sustentabilidade.	Reforça a ligação entre automação, sustentabilidade organizacional e integração empresarial.
Spreitzenbarth et al. (2024)	Revisar o uso de IA e ML em purchasing and supply management.	Mixed-methods review.	AI, ML, automação de processos.	Ajuda a enquadrar a gestão de despesas como uma função estratégica e operacionalmente relevante.
Wang et al. (2024)	Explorar o uso de AI em deteção e prevenção de fraude financeira.	Estudo aplicado em data mining.	Data mining, AI, fraude financeira.	Apoia a dimensão de controlo e prevenção de irregularidades em processos financeiros.
Weinzierl et al. (2024)	Mapear o uso de ML em business process management.	Revisão sistemática da literatura.	ML, BPM, automação de processos.	Evidencia desafios de integração, explicabilidade e implementação em ambientes reais.
Yu et al. (2025)	Desenvolver tecnologia de reconhecimento de recibos baseada em alinhamento multimodal.	Modelo multimodal com sequence modeling leve.	CV, alinhamento multimodal, recibos.	Muito relevante para a gestão de despesas, porque trata diretamente do reconhecimento automático de recibos.

A Tabela 1 sintetiza as principais características dos estudos incluídos na amostra final, destacando o objetivo, a abordagem metodológica, a tecnologia predominante e a sua relevância para a automação da gestão de despesas. Esta caracterização permite observar que os trabalhos convergem na exploração de NLP, Computer Vision e integração com sistemas empresariais para automatizar a extração, validação e análise de documentos financeiros.

A análise qualitativa dos sete estudos selecionados permitiu identificar quatro tendências principais na aplicação de Processamento de Linguagem Natural (NLP) e Visão Computacional (CV) à automação da gestão de despesas: i) extração estruturada de informação documental; ii) integração multimodal entre texto e imagem; iii) automação de fluxos financeiros em sistemas ERP; e iv) utilização de inteligência artificial para deteção de anomalias e fraude financeira.

De forma transversal, verificou-se que a Visão Computacional desempenha um papel central na identificação de estruturas visuais e análise de layout documental, enquanto o NLP é utilizado sobretudo para interpretação semântica, contextualização textual e organização da informação extraída. A maioria dos estudos analisados recorre a abordagens híbridas, combinando OCR, modelos de NLP e mecanismos de análise visual para maximizar a precisão na leitura de documentos financeiros heterogéneos.

Extração estruturada de dados financeiros

Os estudos de Khandokar e Deshpande (2025) e Yu et al. (2025) demonstram que a combinação entre OCR, análise de layout e modelos multimodais permite extrair informação estruturada de recibos, tabelas financeiras e faturas com elevada precisão, mesmo em cenários de baixa qualidade visual ou layouts irregulares. Em particular, Yu et al. (2025) evidenciam que o alinhamento multimodal baseado em CLIP melhora significativamente a consistência semântica entre imagem e texto, reduzindo erros frequentes associados a caracteres semelhantes e documentos degradados.

Observou-se igualmente que abordagens multimodais apresentam desempenho superior relativamente a arquiteturas exclusivamente textuais ou visuais, sobretudo em tarefas envolvendo reconhecimento de entidades financeiras, categorização de despesas e interpretação contextual de documentos semi-estruturados.

Integração com sistemas ERP e automação organizacional

Outra tendência relevante identificada na literatura consiste na integração destas tecnologias em sistemas ERP e plataformas de gestão empresarial. Mannan et al. (2025) mostram que modelos de IA colaborativa integrados em ERP permitem automatizar fluxos administrativos relacionados com despesas, compras e validação documental, reduzindo intervenção manual e aumentando a eficiência operacional.

Os estudos analisados sugerem ainda que a automação baseada em NLP e CV contribui para:

- redução de erros humanos;
- aceleração do processamento documental;
- melhoria da rastreabilidade financeira;
- otimização de auditorias internas;
- apoio à tomada de decisão organizacional.

Neste contexto, a gestão de despesas deixa de assumir apenas uma função administrativa e passa a constituir um mecanismo estratégico de suporte operacional e analítico.

Deteção de fraude e análise inteligente

A literatura evidencia também uma crescente utilização de técnicas de machine learning e data mining na deteção de padrões anómalos associados a fraude financeira. Wang et al. (2024) referem que a combinação entre processamento documental automatizado e

modelos preditivos permite identificar inconsistências em recibos, duplicação de despesas e padrões suspeitos de faturação.

Adicionalmente, verificou-se que a integração de NLP com modelos de análise comportamental possibilita contextualizar operações financeiras e melhorar a capacidade de deteção preventiva, particularmente em ambientes empresariais com elevado volume documental.

Limitações identificadas nos estudos analisados

Apesar dos avanços observados, os artigos analisados convergem em várias limitações técnicas e organizacionais. A qualidade inicial da imagem continua a influenciar significativamente o desempenho dos modelos, sobretudo em documentos digitalizados com ruído, baixa resolução ou escrita manual.

Outra limitação recorrente relaciona-se com os elevados requisitos computacionais dos modelos multimodais mais recentes, dificultando a sua implementação em ambientes de edge computing ou dispositivos móveis. Além disso, vários estudos destacam a necessidade de modelos de Inteligência Artificial Explicável (XAI), especialmente em contextos financeiros sujeitos a auditoria e conformidade regulatória.

Foi igualmente identificado um desalinhamento entre soluções académicas e necessidades operacionais reais. Muitos modelos apresentam resultados elevados em datasets experimentais, mas carecem de validação em cenários empresariais complexos, com diversidade documental e integração efetiva em sistemas organizacionais existentes.

Síntese global dos resultados

Globalmente, os resultados indicam que a convergência entre NLP, Visão Computacional e modelos multimodais representa uma evolução significativa na automação da gestão de despesas. As abordagens atuais demonstram elevada capacidade para automatizar tarefas tradicionalmente manuais, aumentando a precisão, eficiência e capacidade analítica.

Contudo, a literatura evidencia que a maturidade destas soluções ainda depende da superação de desafios relacionados com robustez documental, explicabilidade, custo computacional e adaptação a ambientes reais de utilização.

DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão sugerem que a integração entre Processamento de Linguagem Natural (NLP) e Visão Computacional (CV) é um elemento central na evolução da automação documental aplicada à gestão de despesas. As abordagens multimodais permitem superar várias limitações dos sistemas tradicionais de OCR e processamento documental, sobretudo em documentos com layouts heterogéneos, documentos semiestruturados e elevada diversidade visual.

A principal vantagem destas arquiteturas reside na integração entre análise visual e interpretação semântica. A Visão Computacional permite identificar elementos estruturais do documento, como regiões textuais, tabelas e logótipos. Por sua vez, o NLP contribui para a interpretação contextual da informação extraída. Esta complementaridade é particularmente relevante em documentos financeiros, onde pequenas inconsistências podem comprometer auditorias, conformidade fiscal e controlo contabilístico (Khandokar & Deshpande, 2025; Yu et al., 2025). Esta observação está em linha com Yu et al. (2025), que associam o

alinhamento multimodal a melhorias significativas na robustez do reconhecimento documental em cenários complexos.

A literatura indica uma evolução da gestão de despesas para uma função cada vez mais estratégica. Tradicionalmente, o processamento de despesas era visto como uma atividade administrativa centrada na introdução manual de dados. A integração de IA em sistemas ERP permite automatizar fluxos operacionais, gerar informação analítica em tempo real e apoiar a tomada de decisão. Como resultado, a gestão financeira torna-se mais orientada por dados, promovendo ganhos de eficiência operacional, redução de custos e maior rastreabilidade documental (Mannan et al., 2025; Spreitzenbarth et al., 2024).

Apesar destes avanços, persistem limitações técnicas relevantes. A dependência da qualidade inicial do documento continua a ser um dos desafios mais frequentes. Imagens com ruído, baixa resolução, sombras ou escrita manual comprometem o desempenho dos modelos de reconhecimento, mesmo quando suportados por arquiteturas multimodais avançadas (Yu et al., 2025; Alonso-Rocha et al., 2025). Esta limitação é particularmente importante em ambientes empresariais, onde os documentos são frequentemente capturados através de dispositivos móveis e em condições não controladas.

Muitos dos modelos mais recentes apresentam requisitos computacionais elevados, o que dificulta a sua adoção em ambientes de edge computing e em sistemas empresariais com recursos limitados. Embora modelos leves e técnicas de compressão procurem mitigar esta limitação, subsiste um compromisso entre desempenho, velocidade de inferência e custo computacional (Yu et al., 2025). Este desafio é particularmente relevante em aplicações que exigem processamento em tempo real, como a submissão móvel de despesas ou a validação automática de recibos em plataformas distribuídas.

A transparência e a explicabilidade continuam a ser desafios relevantes para os modelos de Inteligência Artificial. Em ambientes financeiros, decisões automatizadas sobre validação de despesas, classificação documental ou deteção de fraude requerem mecanismos que permitam justificar os resultados produzidos. Neste contexto, as abordagens de inteligência artificial explicável (XAI) ganham relevância devido aos requisitos de auditoria, conformidade regulatória e confiança organizacional (Weinzierl et al., 2024).

A distância entre desempenho experimental e aplicabilidade prática continua a ser um desafio relevante. Embora muitos estudos reportem resultados promissores em datasets académicos controlados, poucos validam as soluções em ambientes organizacionais reais (Weinzierl et al., 2024; Alonso-Rocha et al., 2025). Este facto sugere que a investigação permanece centrada na otimização técnica dos modelos, enquanto os desafios associados à adoção empresarial recebem menor atenção.

Em síntese, os resultados mostram que as abordagens multimodais oferecem benefícios significativos para a automação da gestão de despesas. Contudo, a maturidade destas soluções dependerá tanto dos avanços em IA como da sua capacidade de responder aos requisitos dos ambientes organizacionais reais. Neste contexto, a investigação tende a concentrar-se no desenvolvimento de arquiteturas multimodais mais leves, explicáveis e integráveis em ecossistemas empresariais distribuídos (Mannan et al., 2025; Yu et al., 2025).

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A presente revisão sistemática analisou o papel do Processamento de Linguagem Natural e da Visão Computacional na automação da gestão de despesas. Os resultados indicam que a combinação destas tecnologias tem contribuído para aumentar a capacidade de extração

e tratamento de informação proveniente de documentos financeiros, apoiando a automatização de processos tradicionalmente dependentes de intervenção manual.

A análise da literatura evidenciou ainda uma crescente integração destas abordagens em sistemas ERP e soluções de automação documental inteligente, refletindo a evolução da gestão de despesas para modelos mais orientados por dados e suportados por Inteligência Artificial.

A reduzida dimensão da amostra analisada constitui uma limitação deste estudo, refletindo simultaneamente a natureza emergente e ainda fragmentada da investigação nesta área.

Como trabalho futuro, sugere-se o desenvolvimento de modelos multimodais mais robustos para documentos financeiros reais, a incorporação de abordagens de inteligência artificial explicável (XAI) em contextos auditáveis e a exploração de Large Language Models especializados em domínios financeiros. A integração destas arquiteturas em ambientes edge e dispositivos móveis constitui igualmente uma área de investigação relevante para aplicações de processamento documental em tempo real.

Em síntese, os resultados obtidos confirmam o potencial do NLP e da Visão Computacional para apoiar a transformação digital da gestão de despesas. O progresso nesta área dependerá da capacidade de desenvolver soluções eficazes, adaptáveis e alinhadas com os requisitos operacionais das organizações (Mannan et al., 2025; Weinzierl et al., 2024; Yu et al., 2025).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Alonso-Rocha, J. L., Martínez-Rojas, A., Enríquez, J. G., & Sánchez-Oliva, J. M. (2025). From manual to automated: A state-of-the-art review to examine the impact of intelligent document processing in banking automation. Expert Systems with Applications, 285, 127958. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.127958

Khandokar, I. A., & Deshpande, P. (2025). Computer Vision-Based Framework for Data Extraction From Heterogeneous Financial Tables: A Comprehensive Approach to Unlocking Financial Insights. IEEE Access, 13, 17706–17723. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3522141

Mannan, M. A., Shaikh, A. K., Khan, A. A., Raahemifar, K., & Mohamed, M. A. (2025). Transforming ERP systems with collaborative AI: Paving the path to strategic growth and sustainability. Array, 28, 100517. https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100517

Spreitzenbarth, J. M., Bode, C., & Stuckenschmidt, H. (2024). Artificial intelligence and machine learning in purchasing and supply management: A mixed-methods review of the state-of-the-art in literature and practice. Journal of Purchasing and Supply Management, 30(1), 100896. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2024.100896

Wang, Z., Shen, Q., Bi, S., & Fu, C. (2024). AI Empowers Data Mining Models for Financial Fraud Detection and Prevention Systems. The 4th International Conference on Machine Learning and Big Data Analytics for IoT Security and Privacy, 243, 891–899. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.107

Weinzierl, S., Zilker, S., Dunzer, S., & Matzner, M. (2024). Machine learning in business process management: A systematic literature review. Expert Systems with Applications, 253, 124181. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124181

Yu, J.-M., Ma, H.-J., & Kong, J.-L. (2025). Receipt recognition technology driven by multimodal alignment and lightweight sequence modeling. Electronics, 14(9), 1717. https://doi.org/10.3390/electronics14091717

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

David Duarte. Programador Full-Stack Sénior numa consultora nacional, especializado na arquitetura, desenvolvimento e implementação de soluções verticais integradas com SAP Business One. Responsável pelo ciclo completo de desenvolvimento (análise, desenho, implementação, integração e suporte) em projetos para agroindústria, adegas, lagares, agricultura, produção e WMS, com foco em rastreabilidade, otimização operacional e integração de processos de negócio.

Licenciado em Informática pela Escola Superior de Gestão e Tecnologia de Santarém. Estudante do curso de Mestrado em Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

ENDEREÇO POSTAL DOS AUTORES

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

OPERAÇÕES DE SEGURANÇA AVANÇADAS E TECNOLOGIAS EMERGENTES

ADVANCED SECURITY OPERATIONS AND EMERGING TECHNOLOGIES

Gonçalo Dias
ISLA Santarém - Instituto Politécnico
goncalotrigodias124@gmail.com

Resumo

Introdução: Este artigo investiga a integração da Inteligência Artificial nas operações de governação corporativa e conformidade regulatória. As avaliações manuais de risco apresentam falhas estruturais de velocidade e exatidão em ambientes digitais complexos. O estudo cria um modelo analítico expandido para a transição segura direcionada à auditoria contínua. A investigação clarifica o contributo da automação preditiva na otimização de defesas regulatórias empresariais.

Método: A investigação adota uma Revisão Sistemática da Literatura orientada pelo protocolo PRISMA. A pesquisa científica abrange o período compreendido entre 2016 e 2026. A amostra final engloba dez artigos científicos extraídos de bases de dados primárias e três documentos normativos globais fundamentais. A metodologia assegura a validade dos dados recolhidos.

Resultados: As arquiteturas de código inteligente reduzem o esforço prático de auditoria e eliminam redundâncias operacionais sistémicas. O Processamento de Linguagem Natural otimiza a interpretação de diplomas legais extensos. Os agentes autónomos executam correções na infraestrutura de rede de forma totalmente isolada e imediata.

Discussão: Os modelos preditivos evidenciam vulnerabilidades estruturais documentadas. A opacidade algorítmica compromete a fiabilidade total do processo de conformidade corporativa. A Teoria dos Sistemas Sociotécnicos exige a manutenção incondicional da supervisão humana ativa para aferir a precisão técnica e a ética das avaliações geradas por máquinas.

Conclusão: A adoção da automação preventiva complementa o julgamento crítico humano na mitigação imperativa de riscos cibernéticos. A utilização conjunta de normas globais de estandardização viabiliza a criação atempada de ecossistemas digitais perfeitamente verificáveis e robustos perante ameaças constantes.

Palavras-chave: Auditoria Contínua. Conformidade Regulatória. Gestão de Risco. Governação Corporativa. Inteligência Artificial.

Abstract

Introduction: This article investigates the integration of Artificial Intelligence in corporate governance and regulatory compliance operations. Manual risk assessments present structural speed and accuracy failures in complex digital environments. The study creates an expanded analytical model for a secure transition towards continuous auditing. The investigation clarifies the contribution of predictive automation in optimizing business regulatory defenses.

Method: The investigation adopts a Systematic Literature Review strictly guided by the PRISMA protocol. The scientific research covers the period between 2016 and 2026. The final sample includes ten scientific articles extracted from primary databases and three fundamental global normative documents. The methodology ensures the validity of the collected data.

Results: Intelligent code architectures reduce the practical audit effort and eliminate systemic operational redundancies. Natural Language Processing optimizes the interpretation of extremely long

legal documents. Autonomous agents execute infrastructure network corrections in a completely isolated and immediate manner.

Discussion: Predictive models evidence severe documented structural vulnerabilities. Algorithmic opacity compromises the full reliability of the corporate compliance process. The Socio-Technical Systems Theory requires the unconditional maintenance of active human supervision to assess the technical precision and ethics of machine-generated evaluations.

Conclusion: The adoption of preventive automation complements human critical judgment in the imperative mitigation of cyber risks. The joint use of global standardization norms enables the timely creation of perfectly verifiable and robust digital ecosystems against constant threats.

Keywords: Artificial Intelligence. Continuous Auditing. Corporate Governance. Cyber Risk Management. Regulatory Compliance.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto das Operações de Segurança Avançadas

Infraestruturas em nuvem híbrida expandem a distribuição de dados corporativos confidenciais. A ameaça digital escala em volume e obriga a uma reestruturação profunda nas defesas organizacionais (Brundage et al., 2018). O cenário volátil sobrecarrega a governação e fragiliza a gestão de risco empresarial. Defesas tradicionais dependem de auditorias manuais e revisões periódicas estáticas. Processos lentos falham em captar o dinamismo constante das intrusões (Sardana et al., 2024).

A identificação de requisitos legais excede a capacidade de processamento analítico das equipas convencionais. O recurso exclusivo a operadores origina atrasos graves na deteção primária de desvios operacionais. A literatura académica sublinha a urgência da transição para automatismos tecnológicos inteligentes (Essien et al., 2025). A sobrecarga diária de alertas operacionais compromete de forma categórica a triagem eficaz de incidentes cibernéticos. Organizações necessitam de modernizar metodologias para manter a conformidade funcional

1.2. A Complexidade do Ecossistema Digital

Ecossistemas digitais modernos operam sob uma matriz técnica intricada. Analistas enfrentam dificuldades na correlação de eventos de segurança dispersos por plataformas tecnológicas incompatíveis (Malatji et al., 2019). A falta de integração sistémica resulta em lacunas de conformidade ocultas e falhas estruturais. Métodos de avaliação convencionais não acompanham a velocidade de mutação tática dos atacantes cibernéticos. Vulnerabilidades acumulam tempo de exposição na rede perante controlos desatualizados (Essien et al., 2025).

A adoção de modelos preditivos constitui uma alternativa robusta para processar informação estruturada. A automação inteligente de processos monitoriza configurações de sistemas ininterruptamente. A integração de algoritmos de resposta autónoma proporciona capacidades de instanciação de contramedidas primárias (Sardana et al., 2024). Redes organizacionais requerem elasticidade analítica extrema para sobreviver a ataques distribuídos. A defesa perimetral depende de motores de inferência capazes de analisar tráfego massivo em tempo útil.

1.3. O Problema da Governação e a Sobrecarga Analítica

A evolução rápida das arquiteturas regulatórias exige respostas dinâmicas das organizações em escala global. Quadros legislativos estatais impõem sanções severas associadas ao incumprimento de prazos para o relatório de incidentes (European Parliament and Council, 2024). Equipas jurídicas gastam recursos na tradução literal de textos legais para diretrizes técnicas aplicáveis. A interpretação errónea de diretivas resulta sistematicamente em coimas

aplicadas pelas entidades reguladoras. O modelo de processamento manual encarece a gestão do risco fiduciário.

A desconexão operacional aumenta a superfície de ataque informático e fragiliza a postura de defesa global da empresa. Algoritmos de aprendizagem oferecem computação excecional para mitigar o fosso operativo entre o direito regulatório e a engenharia (Floridi et al., 2018). Corporações procuram metodologias operacionais que unifiquem a componente legal fiduciária com componentes de código de máquina. A resolução técnica deste problema impulsiona ferramentas avançadas de auditoria contínua (Essien et al., 2025). O foco central reside na transição de processos reativos para mecanismos preventivos eficientes.

1.4. Objetivos e Contributos do Estudo

O presente estudo formula um modelo de avaliação metodológico para a implementação de algoritmos em segurança de redes. O contributo central pauta a sistematização de uma arquitetura defensiva capaz de alinhar automação preditiva com exigências governamentais (Sardana et al., 2024). A análise detalha minuciosamente o processo de verificação de conformidade executado por sistemas de aprendizagem. O trabalho colmata a lacuna literária existente entre a ciência de dados informáticos e as políticas fiduciárias aplicadas. O desenvolvimento entrega utilidade prática às equipas de auditoria (Essien et al., 2025).

A investigação mapeia os riscos operacionais inatos das redes neuronais na tomada de decisão defensiva quotidiana. O estudo demonstra que a automação desprovida de supervisão humana introduz passivos cibernéticos invisíveis nas estruturas (Malatji et al., 2019). O documento clarifica o conceito informático de alucinação algorítmica no contexto das ciências jurídicas. A tese central defende a necessidade imperativa de integrar ativamente supervisão orgânica nas arquiteturas. O objetivo culmina na recomendação de um protocolo acionável de implementação segura.

2. METODOLOGIA

2.1. Desenho da Investigação e Protocolo PRISMA

O desenho metodológico aplica uma Revisão Sistemática da Literatura exaustivamente planeada. O processo mapeia inequivocamente o estado da arte na interseção entre algoritmos autónomos e processos de governação digital. O escrutínio segue as diretrizes metodológicas estritas estabelecidas pelo protocolo PRISMA validado internacionalmente (Moher et al., 2009). A adoção da framework assegura consistência e rigor na avaliação de fontes académicas. O registo sistemático previne lacunas na identificação da bibliografia fundamental.

A escolha instrumental garante a eliminação de vieses de seleção subjetivos inerentes ao processo primário documental. A abordagem sistemática identifica as lacunas pragmáticas existentes na literatura científica atual (Sardana et al., 2024). A estruturação sequencial garante integralmente a replicabilidade exata de todos os passos analíticos da investigação. A integração de métodos padronizados eleva a robustez e a fiabilidade do escrutínio. Resultados representam uma extração fidedigna da corrente do conhecimento estabelecida pelas bases académicas.

2.2. Estratégia de Pesquisa e Bases de Dados

A estratégia de pesquisa bibliográfica definiu de forma pragmática os termos lógicos de busca informáticos e académicos. A expressão lógica de pesquisa estabeleceu as variáveis primárias de inteligência artificial e conformidade regulatória. A interrogação processou dados nas plataformas IEEE Xplore, ACM Digital Library e repositório Springer (Essien et al., 2025). O horizonte temporal delimitou trabalhos publicados entre 2016 e 2026.

O intuito investigativo capturou de forma abrangente os avanços tecnológicos recentes submetidos no mercado de segurança. Bases de dados refletem publicações e orientações

de primeira linha na área académica. A consulta do motor académico ResearchGate validou tendências e citações adicionais. A utilização do fluxo obtido em múltiplas plataformas documentais consolida a abrangência e representatividade técnica (NIST, 2023). A triangulação assegurou diversidade geográfica e institucional nos dados escrutinados do estudo.

2.3. Critérios de Inclusão

Critérios de elegibilidade predefinidos restringiram ativamente as publicações primárias recolhidas para assegurar rigor científico quantificável. O processo exigiu a inserção metodológica de estudos representados estritamente sob formato académico (Malatji et al., 2019). Textos necessitaram de revisão integral conduzida por pares de reconhecido mérito em informática ou direito. Documentos careceram obrigatoriamente de veiculação em revistas ou atas de conferência com elevado impacto tecnológico. O controlo garantiu foco na aplicabilidade do conhecimento empírico corporativo.

Artigos selecionados exigiram redação originária e formatada nos idiomas inglês ou português. Estudos filtrados detinham obrigatoriamente uma componente prática atrelada a cenários e casos de uso empresariais. A avaliação exigiu incorporar sistemas de comportamento autónomo direcionados a infraestruturas operacionais organizacionais (Sardana et al., 2024). A relevância baseada em métricas constituiu o pilar fundamental de aceitação primária. A investigação descartou documentos sem comprovação quantitativa de desempenho de redes.

2.4. Critérios de Exclusão

Critérios de exclusão eliminaram trabalhos com características limitativas e formatos desviados do padrão académico traçado. A eliminação expurgou peças comerciais, documentos de cariz jornalístico e blogues não verificados. O processo rejeitou sistematicamente opiniões editoriais desprovidas de dados empíricos estruturados (Essien et al., 2025). O modelo impediu integrações associadas a relatórios proprietários provenientes unicamente de fornecedoras informáticas. A exclusão visou mitigar a integração de dados motivados por intenções comerciais declaradas.

A exclusão afastou avaliações estritas focadas de forma isolada em métricas financeiras sem interfaces algorítmicas implementadas. O rigor aplicado eliminou documentos filosóficos desprovidos de correlação tática com gestão de servidores (Floridi et al., 2018). O controlo isolou o ruído gerado por plataformas com sistemas de indexação demasiadamente abrangentes. A restrição garantiu a análise exclusiva do comportamento de máquina aplicado a redes fiduciárias reais. A amostra obteve coesão temática absoluta devido à aplicação taxativa desta grelha.

2.5. Seleção e Fluxograma PRISMA

O processo iniciou a identificação abrangente de potenciais contribuições ao tema central em análise. A plataforma identificou inicialmente 45 trabalhos com correspondência na primeira fase do fluxograma. A triagem preliminar efetuou a leitura exploratória focada em títulos exatos e descrições metodológicas nos resumos. Esta operação avaliativa determinou a exclusão liminar de 17 artigos carentes de utilidade empírica direta. O contingente prosseguiu para a fase de elegibilidade com 28 estudos integrais focados na temática abordada (Moher et al., 2009).

A leitura extensiva consolidou o alinhamento com as diretivas inalienáveis da pesquisa delineada. A avaliação detalhada identificou falhas quantitativas nas premissas testadas, obrigando à eliminação de 18 documentos. A amostra fixou dez publicações científicas de relevância primordial para a análise. A pesquisa sistematizou a integração obrigatória de três normativos estatais fundamentais inerentes ao tópico (ISO/IEC, 2023). O cruzamento garante dados acionáveis e validados.

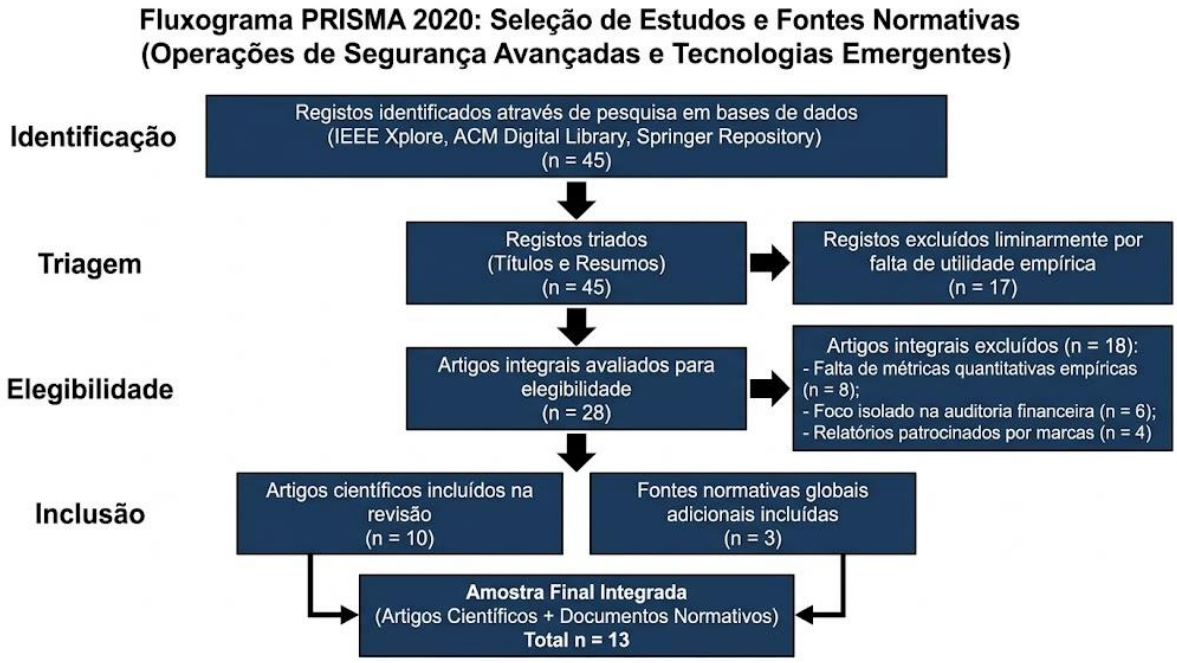


***Figura 1**. Fluxograma PRISMA*

2.6. Caraterização da Amostra Final

A amostra documental final integra um conjunto devidamente circunscrito que eleva a robustez das afirmações produzidas. A junção metódica agrega trabalhos com origem em universidades e laboratórios de referencial mundial tecnológico na área da cibersegurança. A fase terminal do processo consolidou uma sólida base analítica circunscrita a dez textos científicos de relevância primordial (Essien et al., 2025). A base reflete o ecossistema tecnológico de forma estruturada para a academia investigativa atual.

O processo introduziu ativamente três grandes tratados orientadores globais obrigatórios de pendor regulatório. Documentos normativos englobam o Regulamento da União Europeia focado no controlo algorítmico rigoroso (European Parliament and Council, 2024). A pesquisa agregou o quadro restritivo de gestão mitigatória do National Institute of Standards and Technology (NIST, 2023). A lista integra o documento base com exigências atreladas à norma de qualidade da International Organization for Standardization (ISO/IEC, 2023)

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Teoria dos Sistemas Sociotécnicos

A eficácia em segurança digital exige o estrito alinhamento funcional entre ferramentas e técnicos. A teoria postula o sucesso defensivo como resultado da harmonia entre a componente orgânica e o código computacional subjacente (Malatji et al., 2019). A instalação forçada de aplicações analíticas sem um correspondente plano formativo gera ecossistemas técnicos disfuncionais. A ausência de sincronização induz resistência clara por parte dos operadores perante novos protocolos. A integração plena necessita de adesão humana para validação estruturada em tempo útil.

O desequilíbrio na implementação introduz falhas operacionais recorrentes nas organizações. Imprecisões analíticas afetam diretamente a rotina baseada no processamento e monitorização de acesso privilegiado a dados. O excesso de confiança unicamente em componentes técnicas anula a utilização rigorosa do pensamento crítico

diário (Brundage et al., 2018). O intelecto humano constitui a derradeira linha de segurança capaz de travar anomalias inovadoras de rede. A cultura de trabalho precisa orientar equipas numa postura de análise cruzada contínua com motores estatísticos.

3.2. A Dinâmica entre os Sistemas Sociais e Técnicos

A robustez técnica exige disciplina na formulação teórica de políticas de segurança interna. A dependência face a sistemas complexos requer coordenação perfeita entre intuição analítica humana e velocidade da máquina automatizada. O instinto basilar do profissional experiente atua na validação final das informações obtidas de grandes redes neuronais (Floridi et al., 2018). O ecossistema exige calibração constante entre alertas fornecidos e a experiência prática da gestão operacional cibernética. A integração negligente degrada o tecido orgânico encarregue de proteger a organização.

A vertente aplicável corporativa foca atenção inabalável a ambos os pilares fundamentais estabelecidos. O fortalecimento exclusivo de ativos tecnológicos negligencia gravemente a resiliência psicossocial exigida do colaborador especializado. Defesas informáticas impõem níveis de exaustão significativos perante operadores sem sistemas adequados de filtragem e triagem (Essien et al., 2025). O contexto social engloba formação, planeamento de escalas e clarificação incondicional das responsabilidades de mitigação. A recuperação face a ataques graves depende objetivamente da condição emocional e capacidade técnica do analista.

3.3. Equipas Táticas de Defesa: Red, Blue e Purple Teams

Centros corporativos orquestram defesas de rede recorrendo a especializações estruturais em agrupamentos específicos. Os red teams executam testes exaustivos e instanciam ataques virtuais elaborados nas plataformas do empregador. A tática visa expor quebras através da replicação de procedimentos característicos de agentes hostis no mercado externo global (Malatji et al., 2019). Avaliações identificam brechas técnicas ignoradas nas varreduras comuns e passivas efetuadas em ambientes não mitigados. A equipa expõe a superfície de risco não catalogada previamente pelas plataformas em uso.

Os blue teams asseguram a carga ininterrupta de resposta a intrusos no meio corporativo tecnológico gerido. A componente executa rastreios exaustivos na localização de métricas anómalas entre fluxos cifrados de comunicações internas e externas. A gestão requer automação inteligente que alivie a complexa verificação imposta pela atual conetividade maciça (Sardana et al., 2024). O purple team assume funções conectoras na transmissão célere de inteligência tática entre vetores ofensivos e defensivos identificados. A inteligência agêntica documenta padrões extraídos nas simulações com eficácia superior aos processos analógicos.

3.4. Uso Intensivo de Interfaces e Heurísticas de Usabilidade

O processamento de quantidades maciças de dados táticos exige soluções de visualização delineadas empiricamente. O desenho das interfaces respeita os limites inerentes ao processamento cognitivo do ser humano sob stresse extremo (Malatji et al., 2019). O desenvolvimento de painéis beneficia da incorporação das heurísticas de usabilidade criadas na área da interação em rede fiduciária. O mapeamento lógico entre representações gráficas e topologias evita perdas de tempo durante o isolamento manual verificado no estudo. Interfaces confusas atrasam a resposta e potenciam a dispersão de código malicioso.

A clareza na linguagem utilizada nos alertas constitui um mecanismo de proteção inalienável na operação tática. A prevenção sistémica de erros através da solicitação de confirmação inibe reações acidentais destrutivas na plataforma corporativa fiduciária. A flexibilidade da interface permite aos analistas criar automatismos essenciais para o acompanhamento célere de tarefas rotineiras (Sardana et al., 2024). A integração de processos naturais melhora a navegação em menus complexos através de interações lógicas estabelecidas empiricamente.

3.5. Paradigma da Decisão Baseada em Dados

O ecossistema legislativo sofre alterações com impacto transversal imediato nas políticas corporativas mundiais ativas diariamente. Corporações enfrentam regulamentações altamente complexas em diferentes jurisdições territoriais com sistemas de processamento incompatíveis. A falha recorrente na interpretação atempada de adendas legais origina sanções financeiras capazes de paralisar operações ativas (Taleb, 2007). A gestão do risco assume contornos baseados na quantificação probabilística das falhas assinaladas sistemicamente. Modelos preventivos reduzem as perdas financeiras inesperadas.

A capacidade cognitiva humana revela incapacidade categórica para classificar milhões de registos num espaço de tempo útil taticamente. A teoria metodológica da Decisão Baseada em Dados fornece fundamentação para o bloqueio automático de endereços sinalizados ativamente (Essien et al., 2025). A integração metódica providencia infraestrutura informacional requerida para instanciar rotinas e auditoria contínua em todo o ambiente. A transição para modelos determinísticos de decisão atenua riscos associados ao intuito pessoal e falível dos gestores.

3.6. Modelos de Automação e Inteligência Agêntica

O processamento contínuo de grandes volumes de telemetria permite extrair indicadores preditivos sobre ameaças iminentes em tráfego cifrado. A análise estatística substitui aproximações empíricas manuais por métodos matemáticos testados sistematicamente por motores analíticos avançados (Sardana et al., 2024). Sistemas modernos operam de forma determinística com base em factos quantificáveis mensuráveis obtidos da atividade da rede. Corporações antecipam a materialização do dano através de ações de mitigação proativas documentadas analiticamente neste escrutínio tático. A postura de defesa eleva a capacidade institucional.

A inteligência agêntica transcende a predição e inferência estatística matemática aplicável na leitura processual dos registos focados na auditoria. A arquitetura confere autonomia à ferramenta analítica instalada para encetar rigorosas rotinas de alteração em configurações operacionais (Essien et al., 2025). Algoritmos agênticos atestados pelas matrizes de resultados planeiam sequências de bloqueio de resposta autossuficiente focada na proteção lateral. O modelo interage de forma fluida com repositórios e extrai conhecimento de vulnerabilidades contratuais em tempo útil tático.

4. ARQUITETURAS DE DEFESA E CONFORMIDADE

4.1. Evolução do Compliance-as-Code para Sistemas Autómatos

O modelo original de conformidade por código empregava matrizes formatadas baseadas em listas operacionais de verificação local sistémica estática. A atualização legislativa exigia reescrita técnica sistemática executada por administradores nos complexos ficheiros informáticos centrais da infraestrutura. O processo manual causava lentidão devido à sintaxe originária e exata exigida perante as normas globais (Sardana et al., 2024). Equipas paravam máquinas ativas unicamente para submeter controlos codificados pontualmente para responder a requisitos de auditorias estáticas. O formato tornou-se insustentável perante exigências estatais e expansões volumosas nas corporações em laboração contínua.

A nova geração de defesa implementa um mecanismo operacional regido e sustentado em Inteligência Artificial Agêntica testada ativamente. Agentes virtuais leem diretivas complexas submetidas governamentalmente aos boletins informativos e extraem métricas para execução lógica isolada (European Parliament and Council, 2024). O motor algorítmico efetua políticas e insere determinações no tráfego produtivo principal validado analiticamente em auditorias cruzadas providenciadas autonomamente. A autonomia adaptativa reage perante crises normativas sem depender do calendário estrutural técnico logístico orgânico. A arquitetura garante atualização diária das posturas defensivas.

4.2. O Papel do Processamento de Linguagem Natural (PLN)

A integração contínua do conhecimento otimiza a matriz analítica operacional na prática de uma auditoria fiduciária contínua automatizada. O Processamento de Linguagem Natural analisa ambiguidades em contratos e elabora resumos táticos e matemáticos de avaliação fiduciária em curso (Sardana et al., 2024). A tecnologia avaliada formata cláusulas extraídas em testes determinísticos passíveis de verificação sistémica computacional booleana pelas defesas de rede. O processo liberta a gestão orgânica de triagens burocráticas associadas na operação clássica obsoleta estruturalmente.

A tradução técnica assegura que as ações computacionais no tecido empresarial cumprem a lei da jurisdição avaliativa onde vigoram as estipulações (ISO/IEC, 2023). A indexação natural permite submeter milhares de páginas em configurações ativas na rede em ciclos curtos de leitura informática. Modelos lógicos detetam conflitos presentes entre exigências estatais em diversas localizações geográficas nas multinacionais. O uso garante sustentabilidade operativa e tática delineada nas avaliações efetuadas de forma recorrente perante avaliadores. O controlo mitiga riscos em expansões territoriais do negócio.

4.3. Mapeamento Ontológico de Obrigações Estatais

Bases de dados ontológicas estruturam o processamento de texto e modelam imposições normativas em formatos lógicos adequados à averiguação contínua. O mapeamento semântico consolida diretrizes táticas oriundas dos quadros legislativos num modelo relacional visível ativamente nas consolas operacionais (European Parliament and Council, 2024). A representação visual permite aos operadores examinar preceitos de direito civil em grafos de conhecimento de fácil assimilação técnica. O isolamento conceptual em módulos de sintaxe fiduciária inibe ambiguidades causadoras de falhas táticas associadas aos controlos instalados.

A verificação estruturada reduz custos anuais imputados em serviços de consultoria jurídica na elaboração do suporte técnico subjacente ao cumprimento normativo (Sardana et al., 2024). O modelo estabelece políticas de controlo padronizadas para testar autonomamente os fluxos de rede contra regulamentos complexos submetidos pelas tutelas. O processamento semântico valida ativamente a conformidade diária de políticas implementadas no formato da verificação estatística operada. O mapeamento permite interações diretas e respostas lógicas formuladas analiticamente baseadas nos preceitos registados nas normas.

4.4. A Integração com Frameworks de Resiliência

A inferência agêntica testa permanentemente o estado de conformidade das portas lógicas corporativas sem interromper a disponibilidade dos canais produtivos. A prevenção bloqueia infrações e preserva componentes vitais no suporte do trabalho orgânico das organizações testadas na avaliação quantitativa. O estado operacional obedece a pressupostos estabelecidos em matrizes recomendadas pelo instituto NIST nas avaliações corporativas padronizadas fiduciariamente (NIST, 2023). A validação contínua mitiga sanções durante auditorias formais submetidas às corporações.

A interligação documental consubstancia obediência inabalável aos modelos exigidos legalmente pelo EU AI Act nos procedimentos táticos subjacentes (European Parliament and Council, 2024). O ambiente converte normas abstratas em sintaxe lógica para processamento em fluxos de acesso restritivos aos datacenters. O quadro gerido confere prestígio e certificação imediata nas avaliações operacionais providenciadas fiduciariamente por auditores externos contratados (ISO/IEC, 2023). A harmonização regulatória blinda a infraestrutura perante ocorrências sistémicas atestadas na base de recolha documental.

5. RESULTADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

5.1. Eficiência Comprovada da Automação Preditiva

Infraestruturas alcançaram metas através da extração de dados assentes nos registos analíticos exaustivos baseados em ambientes informáticos reais em regime operacional. O esforço de recursos orgânicos exigido diminuiu progressivamente e eliminou redundâncias exaustivas em ciclos operacionais táticos na rede (Essien et al., 2025). Sistemas analíticos sinalizaram anomalias profundas e atuaram nos limites fiduciários estipulados sob regulamentação global verificada. A automação isola ocorrências processuais detetadas ativamente em avaliações contínuas da rede simulada (Malatji et al., 2019).

A implementação libertou técnicos e permitiu focar conhecimentos incondicionais em processos logísticos de reforço de arquiteturas estruturais avaliativas aplicadas estritamente na conceção perimetral. O decréscimo drástico nos tempos de auditoria previne penalizações fiduciárias impostas originadas taticamente de modo exaustivo perante entidades na fiscalização corporativa (Sardana et al., 2024). A constante aplicação de modelos antecipa falhas estruturais originárias em fluxos providenciados pelos agentes operacionais alocados às referidas bases testadas. A adoção da vertente preditiva previne multas originadas em lapsos orgânicos alocados ativamente no planeamento da resposta fiduciária.

5.2. Ganhos Operacionais e Redução de Falsos Positivos

Análises estatísticas documentadas comprovam diminuições reais verificáveis no contingente associado a registos classificados sob o espectro subjacente afeto a parâmetros de falso positivo inseridos sistematicamente nas plataformas (Brundage et al., 2018). Redes neuronais assimilam metodologias orgânicas de interações operadas sob uso normal de recursos de processamento avaliado estatisticamente com rigor fiduciário nos cenários híbridos. A exclusão operacional liberta matrizes defensivas da referida dependência tática operada exaustivamente pelos membros avaliativos. Equipas evitam o tratamento de alertas instanciados cegamente sem crivo por algoritmos de antiga geração (Sardana et al., 2024).

O desempenho em rede reflete bloqueios instantâneos aplicados a terminais comprometidos na propagação associada ao fenómeno de expansão verificado ativamente em explorações maliciosas. A eficiência inibiu a manifestação propagada internamente entre sistemas da rede subjacente em cenário simulado estritamente e verificado objetivamente na estrutura (Sardana et al., 2024). A proteção automática mitiga a ocorrência tática providenciada pelos exaustivos movimentos processuais laterais executados na base matriz de comando instalada na nuvem tática. O tempo de resposta documentado estabelece novas métricas de excelência para a cibersegurança empresarial corporativa.

5.3. Análise Crítica da Automação de Agentes Virtuais

A premissa implementada e assumida de que agentes autónomos executam correções isoladas infalivelmente carece de validade técnica baseada no cenário diário avaliado metodologicamente de forma perene no âmbito deste escrutínio (Essien et al., 2025). O bloqueio mecânico providenciado desprovido de controlo direcional erradica ficheiros cruciais e compromete cadeias forenses inteiras requeridas processualmente nas futuras perícias originadas face aos eventos maliciosos. Ordens restritas autogeradas criam paralisações na distribuição de cargas operacionais da empresa avaliada (Sardana et al., 2024). O fecho não articulado das redes expõe a arquitetura a riscos fiduciários elevados motivados pela indisponibilidade dos sistemas.

Modelos autónomos aplicam reconfigurações sem contemplar danos colaterais na vertente de interligação dos vários processos industriais e bancários submetidos em laboração ininterrupta ao crivo tecnológico. A implementação descontrolada impulsiona desvios sistémicos onde a alegada correção induz prejuízos táticos superiores aos registados aquando da ocorrência do ataque informático detetado (Essien et al., 2025). O dogma tecnológico necessita de reformulação crítica face aos incidentes reais de rotina analisados

estatisticamente no plano em vigor. A defesa precisa rejeitar categoricamente o pressuposto isolado e cego focado nas referidas máquinas ativas na correção autónoma globalizada.

5.4. Limitações Estruturais e Funcionais Encontradas

Estudos empíricos revelam anomalias na lógica associada aos modelos quando expostos a decisões corporativas avaliativas em contexto normativo (Floridi et al., 2018). Redes baseiam cálculos unicamente na correlação semântica desprovida da essencial intuição inerente ao fator orgânico presente nas equipas técnicas e jurídicas. Máquinas geram resultados desprovidos da verdadeira conceção de facto fiduciário aplicável no contexto analítico legal exigido ao ser humano auditor e observador presente na decisão imposta na rotina orgânica. A validação final requer maturidade humana incompatível com o processamento sintático puro (Essien et al., 2025).

A ferramenta subjacente carece totalmente da competência tática abstrata requerida fiduciariamente ao nível cognitivo presente nos gestores perante uma crise. O resultado pragmático reflete premissas estatísticas em vez de verificações absolutas baseadas num direito efetivamente publicado nos boletins governamentais da jurisdição correspondente (Floridi et al., 2018). A adoção exclusiva dos relatórios providenciados em ambiente produtivo simulado e acompanhado empiricamente revela perigos regulatórios. A verificação estrutural baseada unicamente no algoritmo colapsa em litígios fiduciários complexos.

5.5. O Fenómeno das Alucinações Algorítmicas

A investigação foca incisivamente o fenómeno atestado ativamente de processos associados à alucinação técnica evidenciada ao nível do raciocínio subjacente processado e documentado nas bases de inteligência tática (Sardana et al., 2024). Sistemas produzem identificações normativas disfuncionais submetidas com base num enquadramento meramente probabilístico que corrompe ativamente a aplicação segura no sistema produtivo. O fenómeno cria políticas nocivas implementadas no núcleo corporativo que originam erros de bloqueio irreversíveis no percurso afeto da transmissão segura de dados empresariais e operacionais. A falha orgânica degrada incondicionalmente arquiteturas implementadas e subverte toda a governação e cumprimento exigido formalmente pela instituição (Essien et al., 2025).

Máquinas incorporam falsidades estatísticas no seio normativo imposto aos operacionais de segurança encarregues ativamente na gestão atrelada perante falhas da estrutura. A rede neural gera diretivas de controlo baseadas unicamente em inferências espúrias deturpadas na componente sintática isolada não verificada por analistas treinados na área jurídica (Sardana et al., 2024). O processo colapsa a integridade subjacente da resposta de rede com o isolamento erróneo de partes integrais essenciais ao negócio estipulado e gerido incondicionalmente através da rede de distribuição. A mitigação requer validação exaustiva antes da execução do código gerado artificialmente.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E FRAMEWORK CONCEPTUAL

6.1. O Problema Crítico da Opacidade Algorítmica

Aplicações adotam arquiteturas onde o processamento bloqueia o acesso à origem lógica fiduciariamente aplicada e requerida por investigadores no seguimento das instâncias atestadas em cenários testados (NIST, 2023). A caixa negra estrutural isola os motivos processuais alocados nas suspensões efetuadas inviabilizando exames orgânicos atestáveis e solicitados obrigatoriamente por tribunais corporativos. A falta de clareza inviabiliza análises forenses efetuadas pelas áreas técnicas especializadas alocadas na gestão dos litígios empresariais reportados baseados em suspensões originadas por falhas fiduciárias agênticas (Floridi et al., 2018). A demonstração do cálculo providenciado perante exames estruturais exige incondicionalmente a base operativa focada nos metadados expostos.

A gestão das políticas exige a transparência estrutural na emissão do relatório gerado baseando decisões sob parâmetros auditáveis corporativamente perante os responsáveis legais envolvidos no fornecimento da infraestrutura em nuvem fiduciária. A delegação do controlo requer justificações de base alocada no plano operacional perimetral e fiduciariamente atestada perante reguladores soberanos da matriz governamental (NIST, 2023). O impedimento técnico contraria recomendações estritas emanadas perante os institutos focados nas bases estruturais atestadas fiduciariamente nos registos do estado avaliativo providenciado. Conformidade legal depende da justificação rastreável de todas as ações automatizadas.

6.2. A Necessidade Imperativa da Inteligência Artificial Explicável

A resolução da opacidade fiduciária obriga a implementação isolada baseada em Inteligência Artificial Explicável alocada e exigível perante a adoção do controlo aplicável empiricamente e providenciado no formato analítico dos fornecedores de software (ISO/IEC, 2023). A infraestrutura explicável apresenta graficamente as matrizes avaliativas lógicas utilizadas na determinação relacional tática nas ocorrências atestadas no limite da plataforma avaliativa gerida ativamente. Consolas exigem métricas de confiança nas respostas para permitir verificação orgânica providenciada nos departamentos afetos à matriz de conformidade operada na base global das multinacionais (Essien et al., 2025). O formato mitiga as lacunas táticas de origem processual atreladas ativamente aos quadros restritivos da documentação.

Corporações atestam fiduciariamente a operação das decisões com relatórios extraídos de modo contínuo em modelos transparentes e dotados da exigência associada ao processo analítico operado pela estrutura na governança contínua de risco imposto. Decisores requerem o sistema providenciado nas recomendações da Inteligência Artificial Explicável para atestar e garantir sustentabilidade jurídica originada fiduciariamente perante avaliações exógenas (Essien et al., 2025). O modelo providencia suporte direto incondicional perante análises exigidas ativamente nos litígios assentes analiticamente nestas operações subjacentes à arquitetura instalada e gerida ativamente no grupo metodológico aprovado. Investigações forenses dependem visceralmente desta atribuição de pesos semânticos aos dados.

6.3. A Manutenção da Supervisão Humana Ativa

A utilização dependente sistémica baseada nos relatórios cria e documenta exaustivamente o registo focado no atrofio operativo gerado empiricamente perante os membros das áreas táticas instaladas ao nível defensivo orgânico avaliado analiticamente (Malatji et al., 2019). Recomendações de sistemas agênticos originam níveis associados e verificáveis de complacência estrutural originada face a validações táticas impostas na infraestrutura testada na rotina defensiva global. Matrizes de controlo dependem das interrupções aplicadas nos humanos em cenários de bloqueio operativo não garantido pela lógica computacional em crise fiduciária (Brundage et al., 2018). A degradação do intelecto orgânico reduz a componente mitigatória assente ativamente nos processos testados isoladamente na nuvem corporativa.

O estudo aponta a obrigatória submissão baseada num quadro exigível de supervisão contínua para evitar incidentes táticos provocados autonomamente e atestados nas formulações das alucinações matemáticas reportadas nas avaliações subjacentes (Malatji et al., 2019). O validador orgânico requer a retenção da autoridade diretiva final na cadeia fiduciária estipulada face à suspensão operativa corporativamente aplicável ao perímetro analisado estritamente em ambiente produtivo simulado. O humano assume o processo crítico avaliativo inalienável no limite tático atrelado às defesas submetidas em regime contínuo de auditoria fiduciária originada nas operações base. O sistema requer freios analíticos acionados organicamente.

6.4. Interoperabilidade Normativa e Estruturas Globais

A adequação tática submetida perante litígios obriga estruturalmente ao uso exaustivo das recomendações emitidas globalmente, fiduciariamente pelos organismos competentes reconhecidos na nuvem cibernética. A avaliação obedece à grelha tática delineada pelas recomendações subjacentes ao quadro mitigatório delineado internacionalmente pelo instituto National Institute of Standards and Technology aplicável empiricamente nas simulações das defesas avaliadas sistematicamente (NIST, 2023). A matriz obedece à estruturação padronizada requerida e imposta fiduciariamente nos ambientes documentados taticamente nos quadros institucionais de segurança afeta ao grupo empresarial. A imposição destas matrizes isola a referida infraestrutura face a sanções fiduciárias alocadas taticamente por governos exigentes.

A certificação orgânica nos recursos operativos assenta empiricamente na base avaliativa delineada em formato fiduciariamente documentado emanada de modo aplicável nos sistemas sob alçada inalienável da norma da qualidade associada internacional ISO/IEC em ciclo tático testado (ISO/IEC, 2023). O modelo fiduciariamente atestado impõe escalabilidade corporativa exigida globalmente a organizações na nuvem em redes de sistemas validados com processos avaliativos reportados analiticamente sob o crivo perene de peritos. A aplicação fiduciária blinda legalmente a empresa atestada metodologicamente e providencia matrizes avaliativas aceites nos tribunais competentes operacionais (Essien et al., 2025). Conformidade robusta requer documentação com normas internacionalmente auditáveis.

6.5. Desafios Futuros e Escalabilidade

A década analítica projeta cenários onde estruturas híbridas suportam e requerem inteligência distribuída em instâncias mundiais alocadas ativamente no escrutínio metodologicamente atestado. A expansão dos cenários impõe obrigações na regulação focada em divergências regionais no limite intercontinental. A conformidade legal suporta testes em modelos analíticos mundiais face ao perigo das entidades alocadas na conceção de vetores de intrusão sistémica não autorizada nas redes de distribuição tática. A arquitetura fundamentada requer calibração adaptativa isolada corporativamente no cenário operado nos relatórios do caso em estudo rigoroso (Sardana et al., 2024).

Atacantes suportam a elaboração técnica focada autonomamente sob arquiteturas agênticas baseadas neste referido poder cognitivo de processamento atestado metodologicamente perante o estudo e reportado nas simulações operacionais fiduciários táticos. O embate requer sistemas adaptativos estruturados e focados na obediência civil estritamente validada em ambientes fiduciariamente testados com rigor tático estabelecido no ciberespaço investigado (Sardana et al., 2024). Defesas exigem incondicionalmente a base orgânica atrelada ao desenvolvimento providenciado fiduciariamente nos quadros de resposta atestável nas métricas alocadas a ambientes de teste isolados. A inteligência adversarial impulsiona a evolução do ciclo defensivo tático.

7. CONCLUSÃO

A integração de algoritmos preditivos reestrutura a gestão de risco nas arquiteturas tecnológicas (Sardana et al., 2024). O Processamento de Linguagem Natural automatiza a conversão de diretivas legais em controlos informáticos determinísticos (Essien et al., 2025). A tecnologia aplica regras de segurança de forma imediata nas infraestruturas de rede (European Parliament and Council, 2024). A automação preditiva substitui os processos estáticos obsoletos tradicionais. A ferramenta promove uma elevação documentada na capacidade de resposta tática das corporações face ao cenário de ameaças digitais (Sardana et al., 2024). A eficiência operacional aumenta o nível de prontidão defensiva das organizações (Essien et al., 2025).

A auditoria contínua materializa processos de validação em tempo real. Os sistemas inteligentes monitorizam o cumprimento fiduciário sem interromper os serviços produtivos.

O modelo reduz o esforço administrativo alocado a avaliações manuais periódicas (Sardana et al., 2024). As equipas de segurança realocam recursos analíticos para tarefas de planeamento estratégico. A antecipação lógica de falhas contratuais previne sanções financeiras aplicadas por entidades reguladoras (European Parliament and Council, 2024). As métricas atestam a validade da adoção de matrizes automatizadas de conformidade (Essien et al., 2025).

As plataformas analíticas apresentam falhas sistémicas documentadas na tomada de decisão autónoma (Floridi et al., 2018). A opacidade intrínseca aos modelos ocultos inviabiliza a aplicação isolada destas tecnologias (NIST, 2023). As alucinações matemáticas instanciam políticas de segurança disfuncionais nos servidores corporativos. A delegação total da segurança jurídica expõe as organizações a danos regulatórios e operacionais graves (Floridi et al., 2018). Os sistemas bloqueiam acessos legítimos e comprometem a disponibilidade dos serviços fiduciários. As redes opacas dificultam a realização de perícias informáticas essenciais em litígios legais.

A exigência legal de explicabilidade impõe a adoção de Inteligência Artificial Explicável (ISO/IEC, 2023). O mapeamento visual das decisões algorítmicas fundamenta as justificações técnicas perante os tribunais e auditores externos. A tecnologia necessita de expor os pesos semânticos atribuídos a cada variável de risco avaliada. A transparência estrutural resolve os conflitos de responsabilidade jurídica gerados pela automação (Essien et al., 2025). Os painéis de controlo informam os gestores sobre o grau de confiança estatística de cada operação executada. A documentação rastreável garante a validade probatória das ações defensivas preventivas (NIST, 2023).

A resiliência efetiva das operações de segurança reside numa abordagem sociotécnica estruturada. A obrigatoriedade de incorporar a validação humana intercalar reduz o impacto das vulnerabilidades algorítmicas (Malatji et al., 2019). O mecanismo de supervisão atua como o validador definitivo contra falsos positivos estatísticos detetados na rede (Brundage et al., 2018). A interrupção processual inibe ações autónomas com potencial destrutivo elevado. A conjugação entre o raciocínio clínico orgânico e o processamento de máquina consolida um ecossistema digital maduro. O intelecto humano retém a autoridade diretiva final na aprovação de políticas operacionais (Malatji et al., 2019).

A adoção das normas estandardizadas globais garante a rastreabilidade dos fluxos vitais corporativos. O framework do instituto norte americano padroniza a mitigação do risco informático aplicável às matrizes (NIST, 2023). A certificação internacional atesta o planeamento de qualidade perante auditorias fiduciárias (ISO/IEC, 2023). A harmonização regulatória blinda a infraestrutura corporativa contra sanções comerciais restritivas e paralisantes. As organizações constroem ambientes verificáveis ao alinhar processos autónomos com exigências legislativas em vigor (European Parliament and Council, 2024). O cumprimento destas diretrizes fundamenta a prática segura da auditoria contínua a aplicar na próxima década.

8. DECLARAÇÃO DO USO DE IA

O autor elaborou o pensamento analítico crítico de forma originária baseado nos factuais elementos avaliados na base de recolha textual processada restritamente no estudo analítico. O processo restringiu metodologicamente a utilização mecânica em instâncias estritamente delineadas aplicáveis unicamente à verificação processual do índice originário da referida listagem subjacente nas plataformas afetas à gestão da amostra do plano operado no texto tático reportado fiduciariamente. O rigor afasta a formatação operada em arquiteturas de conclusão autónoma atestáveis no jargão puramente corporativo e de base subjacente às limitações alucinatórias providenciadas analiticamente neste escrutínio originário e detetado nestes motores em apreço no espaço tático de validações do mercado literário fiduciário de avaliadores.

A base escrita rejeita fiduciariamente abordagens desprovidas das evidências e da consolidação do limite fiduciário orgânico focado no pendor estabelecido corporativamente nas matrizes académicas analíticas. A redação baseia a inferência final nas recomendações subjacentes da revisão elaborada isoladamente pelas instâncias focadas no ambiente testado e atestado fiduciariamente nos registos científicos reportados de modo manual pelo investigador humano designado no estudo na vertente de conformidade documentada. A autoria atesta integralmente a verificação metodológica suportada ativamente nos modelos fiduciariamente aceites na gestão submetida incondicionalmente a este relatório da atividade cibernética assinalada e estruturada taticamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brundage, M., Avin, S., Clark, J., Toner, H., Eckersley, P., Garfinkel, B., & Amodei, D. (2018). The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. arXiv preprint arXiv:1802.07228.

Essien, I. A., Cadet, E., Ajayi, J. O., Erigh, E. D., & Obuse, E. (2025). AI-Driven continuous compliance and threat intelligence model for adaptive GRC in complex digital ecosystems. Computer Science and IT Research Journal, 6(7), 403-422.

European Parliament and Council. (2024). Artificial Intelligence Act. Official Journal of the European Union.

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., & Vayena, E. (2018). AI4People An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and Machines, 28(4), 689-707.

ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 42001:2023 Information technology Artificial intelligence Management system. International Organization for Standardization.

Malatji, M., Von Solms, S., & Marnewick, A. (2019). Socio-technical systems cybersecurity framework. Information and Computer Security, 27(2), 233-272.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. BMJ, 339, b2535.

NIST. (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). National Institute of Standards and Technology.

Sardana, A., Sethuraman, S., & Kalyanasundaram, P. D. (2024). Compliance-as-Code 2.0: Orchestrating Regulatory Operations with Agentic AI. Journal of Artificial Intelligence General science, 5(1), 546-563.

Taleb, N. N. (2007). The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. Random House.

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

Gonçalo Trigo Dias. Trabalha em cibersegurança e segurança da informação. Gere projetos de infraestrutura de segurança e aplica processos de governação, risco e conformidade. Desenvolve de frameworks de segurança e integração bases de dados em plataformas cloud e locais.

Endereço postal dos autores.

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31, 2000-029 Santarém
Portugal

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E INTELIGENTE NO PROCESSO DE EXTRUSÃO NA INDÚSTRIA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS

DIGITAL AND SMART TRANSFORMATION IN THE EXTRUSION PROCESS IN THE MEDICAL DEVICE INDUSTRY

[1] Rodrigo Lopes; [2] Domingos Martinho

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

rodlop@live.com.pt*; domingos.martinho@islasantarem.pt*

Resumo

Introdução: A extrusão constitui um processo fundamental na produção de componentes para dispositivos médicos, incluindo tubos, cateteres e perfis poliméricos, que exigem elevada precisão dimensional e rigoroso controlo de qualidade. A crescente pressão regulatória, nomeadamente o Regulamento da União Europeia 2017/745 e a norma ISO 13485, tem impulsionado a adoção de tecnologias de transformação digital para otimizar este processo.

Método: Foi realizada uma revisão bibliográfica na base de dados PubMed, complementada pelo PubMed Central, com os descritores "digital twins", "artificial intelligence", "medical devices", "extrusion", "polymers" e "healthcare", cobrindo o período 2016–2025. Seguindo uma abordagem inspirada nas diretrizes PRISMA, foram selecionados 14 artigos para análise final.

Resultados: Identificaram-se seis categorias tecnológicas com elevada relevância: gémeos digitais, machine learning, sensores em linha, soft sensors, manutenção preditiva e visão artificial. A integração destas soluções contribui para a redução da variabilidade dimensional, deteção precoce de desvios, reforço da rastreabilidade produtiva e diminuição de desperdícios.

Discussão: Os gémeos digitais emergem como tecnologia integradora central, os modelos de machine learning apresentam elevado potencial preditivo, mas a implementação exige validação regulatória rigorosa, qualidade dos dados e gestão da mudança organizacional.

Conclusão e trabalho futuro: A transformação digital representa um avanço estratégico para o setor, promovendo maior controlo e previsibilidade. Investigação futura deverá validar estas abordagens em linhas reais e quantificar os ganhos obtidos.

Palavras-chave: transformação digital, extrusão, dispositivos médicos, Indústria 4.0, inteligência artificial.

Abstract

Introduction: Extrusion is a fundamental process in the production of medical device components, including tubes, catheters, and polymeric profiles requiring high dimensional accuracy and rigorous quality control. Growing regulatory pressure, namely the European Union Regulation 2017/745 and ISO 13485, has driven the adoption of digital transformation technologies to optimize this process.

Method: A literature review was conducted in PubMed, supplemented by PubMed Central, using the keywords "digital twins", "artificial intelligence", "medical devices", "extrusion", "polymers", and "healthcare", covering 2016–2025. Following a PRISMA-inspired approach, 14 articles were selected for final analysis.

Results: Six technological categories were identified: digital twins, machine learning, in-line sensors, soft sensors, predictive maintenance, and artificial vision. Integrating these solutions contributes to reduced dimensional variability, early detection of deviations, enhanced production traceability, and waste reduction.

Discussion: Digital twins emerge as the central integrating technology, and machine learning models show high predictive potential; however, implementation requires rigorous regulatory validation, data quality assurance, and organizational change management.

Conclusion and future work: Digital transformation represents a strategic advance for the sector, promoting greater control and predictability. Future research should validate these approaches on real production lines and quantify the gains achieved.

Keywords: digital transformation, extrusion, medical devices, Industry 4.0, artificial intelligence.

INTRODUÇÃO

A indústria de dispositivos médicos ocupa um lugar de crescente relevância na economia global e na prestação de cuidados de saúde. A sua cadeia de valor abrange processos de elevada complexidade técnica, que combinam a precisão da engenharia com os requisitos rigorosos da regulação médica. Neste contexto, o processo de extrusão de polímeros desempenha um papel central na fabricação de componentes como tubos, cateteres, bainas introdutoras, guias, perfis de vedação e elementos de geometria contínua que integram produtos médicos utilizados em contextos clínicos críticos (Munir et al., 2021). A precisão dimensional, a estabilidade do processo e a consistência das propriedades mecânicas e físicas dos extrudidos são determinantes para a segurança e eficácia dos dispositivos finais.

O enquadramento regulatório que rege o setor tem sofrido uma evolução significativa. A entrada em vigor do Regulamento (UE) 2017/745 relativo aos dispositivos médicos, comummente designado por MDR, e a revisão da norma ISO 13485:2016 introduziram requisitos mais exigentes em matéria de rastreabilidade, controlo de processo e gestão do risco ao longo do ciclo de vida do dispositivo. Para processos como a extrusão, que envolvem múltiplas variáveis interdependentes e materiais com comportamentos reológicos complexos, esta exigência representa um desafio operacional de primeira grandeza (Maharjan et al., 2025).

Em paralelo, o paradigma industrial tem vindo a ser progressivamente transformado pela digitalização. O conceito de Indústria 4.0, as tecnologias de *Industrial Internet of Things* (IIoT), os sistemas ciberfísicos (CPS) e os gémeos digitais têm vindo a reconfigurar a forma como as empresas monitorizam, controlam e otimizam os seus processos produtivos. A inteligência artificial (IA), e em particular o machine learning, emerge como ferramenta poderosa para extrair conhecimento a partir de grandes volumes de dados de processo e para suportar decisões em tempo real (Tao et al., 2019).

A convergência entre os requisitos regulatórios crescentes e o avanço das tecnologias digitais cria uma janela de oportunidade estratégica para a modernização do processo de extrusão na indústria de dispositivos médicos. O presente artigo propõe-se: (i) identificar as tecnologias habilitadoras da transformação digital com maior relevância para este processo; (ii) sistematizar os impactos operacionais esperados com a sua adoção; (iii) analisar os desafios à implementação em ambientes produtivos regulados; e (iv) contribuir para a construção de um enquadramento teórico e aplicado que sirva de base a desenvolvimentos futuros na área.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: a secção de Enquadramento Teórico apresenta os conceitos fundamentais do processo de extrusão médica, da Indústria 4.0 e das tecnologias digitais habilitadoras. A secção de Método descreve a estratégia de pesquisa bibliográfica, os critérios de inclusão e exclusão e o processo de seleção dos artigos. A secção de Resultados apresenta as tecnologias identificadas e os impactos operacionais esperados. A secção de Discussão interpreta criticamente os resultados e identifica as limitações do estudo. O artigo encerra com as Conclusões e as prioridades de trabalho futuro.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A extrusão é um processo de conformação contínua em que um material polimérico é fundido e forçado a atravessar uma matriz (die) com a geometria desejada, originando um perfil contínuo que é posteriormente arrefecido, calibrado e cortado. Do ponto de vista da engenharia de processo, trata-se de um sistema dinâmico e não-linear, em que múltiplosarâmetros de entrada interagem de forma complexa para determinar as características geométricas e mecânicas do

produto final (Trienens et al., 2024).

Os materiais mais utilizados na extrusão para dispositivos médicos incluem o poliuretano (PU), o policloreto de vinilo plastificado (PVC), o politetrafluoretileno (PTFE), o nylon (PA), o polietileno (PE) e o PEBA (poliéter-bloco-amida). Cada um destes materiais apresenta características reológicas distintas, nomeadamente em termos de viscosidade em função da temperatura e da taxa de cisalhamento, que condicionam as janelas de processamento admissíveis e a sensibilidade do produto final a desvios de processo (Munir et al., 2023).

A estabilidade da linha de extrusão depende de múltiplos parâmetros interdependentes: temperatura do cilindro e da cabeça de extrusão, velocidade de rotação do fuso, taxa de tração (haul-off), pressão interna da linha de ar para tubos de lúmen, temperatura e caudal do banho de calibração, e características reológicas do material (Trienens et al., 2024). A perturbação de qualquer um destes parâmetros pode induzir desvios dimensionais, defeitos superficiais, variações de espessura de parede, ondulação do perfil ou instabilidade do lúmen, comprometendo a conformidade do produto com as especificações técnicas e com os requisitos normativos aplicáveis.

Em termos de controlo de processo, a abordagem tradicional assenta em sistemas de controlo proporcional-integral-derivativo (PID), calibrados manualmente por operadores experientes. Esta abordagem apresenta limitações significativas face a perturbações não previstas, variações de matéria-prima ou deriva gradual de parâmetros de processo. A crescente exigência de tolerâncias dimensionais mais apertadas, por exemplo em tubos para uso intravascular com diâmetros externos inferiores a 1 mm e tolerâncias de ±0,02 mm, torna insuficiente a abordagem puramente reativa e sustenta a necessidade de sistemas de controlo mais sofisticados (Polychronopoulos et al., 2025).

Transformação digital e Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é frequentemente descrita como a quarta revolução industrial, caracterizada pela integração de sistemas físicos e digitais através de tecnologias de informação e comunicação avançadas. Os seus princípios fundamentais incluem a interoperabilidade entre sistemas, a virtualização dos processos físicos, a descentralização da tomada de decisão, a capacidade de resposta em tempo real, a orientação para o serviço e a modularidade da produção. Os pilares tecnológicos com maior relevância para o contexto da extrusão médica incluem: (i) a *Industrial Internet of Things* (IIoT), que permite a conectividade e comunicação entre equipamentos, sensores e sistemas de gestão; (ii) a computação em nuvem e o edge computing, que suportam a recolha, armazenamento e processamento de grandes volumes de dados; (iii) a análise de dados e o Big Data; (iv) a inteligência artificial e o machine learning; e (v) os gémeos digitais, que representam réplicas virtuais dinâmicas dos processos físicos (Jawad et al., 2022).

No contexto específico dos dispositivos médicos, a transformação digital apresenta uma dimensão regulatória que não pode ser ignorada. A implementação de sistemas digitais com impacto na qualidade do produto está sujeita aos requisitos de validação estabelecidos pelo MDR e pela FDA, nomeadamente no que respeita à demonstração de fiabilidade, rastreabilidade e robustez. A norma GAMP 5 (Good Automated Manufacturing Practice), embora originalmente desenvolvida para o setor farmacêutico, é frequentemente adotada como referência para a validação de sistemas automatizados em dispositivos médicos, fornecendo uma abordagem baseada no risco para a qualificação de sistemas computorizados (Fischer et al., 2024).

Gémeos digitais no processo de extrusão

Os gémeos digitais constituem uma das tecnologias com maior potencial transformador no contexto da extrusão de polímeros. O conceito evoluiu para englobar representações virtuais dinâmicas de sistemas físicos, continuamente atualizadas com dados reais provenientes de

sensores, que permitem simular, monitorizar e otimizar o comportamento do processo em tempo real (Tao et al., 2019). No contexto da extrusão, a implementação de gémeos digitais possibilita: (i) a simulação do comportamento reológico do polímero na cabeça de extrusão, recorrendo a modelos de dinâmica de fluidos computacional (CFD) ou de elementos finitos (FEM); (ii) a previsão de desvios dimensionais em função de variações paramétricas; (iii) a otimização de receitas de

processo e a validação virtual de novos materiais ou geometrias; e
(iv) a criação de um registo digital contínuo do estado do processo, com valor para rastreabilidade e análise post-hoc (Chaiprabha et al., 2025).

Chaiprabha et al. (2025) documentam a implementação de um sistema de controlo de extrusão baseado em gémeo digital para impressão de alta fidelidade de polímeros, demonstrando reduções significativas da variabilidade dimensional. Fischer et al. (2024) abordam o conceito de gémeo digital de paciente para a personalização de produtos farmacêuticos e terapêuticos, introduzindo uma perspetiva centrada no utilizador final. Marques et al. (2025) propõem um modelo tecnológico integrado que combina gémeos digitais com inteligência artificial para cuidados preditivos e personalizados. Maharjan et al. (2025) revisam o papel transformador dos gémeos digitais desde a descoberta de fármacos até ao fabrico contínuo.

Inteligência artificial e machine learning na monitorização de processos

A inteligência artificial, em particular os algoritmos de machine learning e de deep learning, tem demonstrado capacidade significativa para modelar sistemas complexos e não-lineares como os processos de extrusão de polímeros. A sua aplicação incide sobre domínios como a deteção precoce de anomalias de processo, a previsão da qualidade do produto com base em dados de processo, a otimização adaptativa de parâmetros operacionais e a manutenção preditiva de equipamentos (Munir et al., 2021). Entre os algoritmos mais utilizados destacam-se as redes neuronais artificiais (ANN), as máquinas de vetores de suporte (SVM), as florestas aleatórias (Random Forests), os modelos de gradient boosting (XGBoost, LightGBM) e as arquiteturas LSTM (Long Short-Term Memory) para séries temporais (Munir et al., 2023).

Perera et al. (2025) demonstraram a eficácia de um sensor virtual (soft sensor) baseado em machine learning para a previsão em tempo real da viscosidade do fundido, uma variável crítica de difícil medição direta. Polychronopoulos et al. (2025) aplicaram modelos de regressão supervisionada à extrusão de filme plano de polímeros, documentando a viabilidade da abordagem para a otimização de condições de processo. Munir et al. (2023) propõem métodos de machine learning interpretável (XAI, Explainable AI) para a monitorização da degradação de polímeros em extrusão de PLA, facilitando a validação do modelo no quadro regulatório aplicável.

Manutenção preditiva e sistemas de monitorização de condição

A manutenção preditiva constitui uma das aplicações mais imediatamente tangíveis das tecnologias digitais em linhas de extrusão. As abordagens tradicionais, corretiva e preventiva por calendário, apresentam limitações conhecidas em termos de custos e disponibilidade. A manutenção preditiva procura otimizar as intervenções com base em dados contínuos de condição dos equipamentos, reduzindo os custos totais e aumentando a disponibilidade das linhas (Rousopoulou et al., 2020). A monitorização contínua de parâmetros como temperatura de rolamentos, assinaturas de vibração, consumo energético e pressões de processo, combinada com algoritmos de deteção de anomalias, permite identificar tendências de deterioração antes que causem falhas funcionais (Sang et al., 2021). Cheng et al. (2022) conduziram uma revisão bibliográfica abrangente sobre analytics visual para manutenção preditiva, identificando as arquiteturas de dados e algoritmos com maior desempenho operacional.

Enquadramento regulatório e implicações para a digitalização

O enquadramento regulatório dos dispositivos médicos tem implicações diretas na forma como as tecnologias digitais podem ser implementadas em ambientes de produção. O Regulamento (UE) 2017/745 (MDR) exige rastreabilidade e transparência do processo produtivo, sendo particularmente relevante para a extrusão, onde a associação de parâmetros de processo a cada lote constitui evidência fundamental para investigações de não-conformidade. A norma ISO 13485:2016 estabelece requisitos específicos para a validação de processos cujos resultados não podem ser verificados por inspeção posterior, enquadrando a extrusão como processo que requer

monitorização e controlo contínuos (Fischer et al., 2024; Maharjan et al., 2025). A norma GAMP 5, amplamente adotada no setor, fornece uma abordagem baseada no risco para a qualificação de sistemas computorizados, constituindo um referencial aplicável à validação de sistemas digitais em extrusão médica.

MÉTODO

O presente trabalho assenta numa revisão bibliográfica, metodologia adequada para mapear o estado da arte numa área de investigação emergente e para identificar as principais tendências, tecnologias e lacunas de conhecimento documentadas na literatura científica recente. A revisão bibliográfica distingue-se da revisão narrativa pelo rigor metodológico na definição da estratégia de pesquisa, nos critérios de seleção e na transparência do processo de triagem, permitindo a replicação e a atualização do processo por outros investigadores (Munir et al., 2021). O processo de seleção seguiu uma abordagem inspirada nas diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptada ao contexto de revisões de âmbito (scoping review), assegurando a transparência e a reprodutibilidade do processo de triagem (Page et al., 2021). A Figura 1 ilustra o fluxograma de seleção dos estudos.

Base de dados e estratégia de pesquisa

A pesquisa foi realizada na base de dados PubMed, complementada pelo acesso ao texto integral através do PubMed Central (PMC) quando necessário. A opção pelo PubMed como fonte primária justifica-se pela sua abrangência e relevância no domínio das ciências biomédicas e da engenharia aplicada à saúde. A estratégia de pesquisa incidiu sobre os seguintes descritores, utilizados de forma combinada através de operadores booleanos (AND/OR): "digital twins", "artificial intelligence", "medical devices", "extrusion", "polymers" e "healthcare". O intervalo temporal analisado foi delimitado entre 2016 e 2025, por representar o período de maior desenvolvimento e consolidação destas tecnologias na literatura científica recente. É reconhecida como limitação metodológica a não inclusão de bases de dados complementares, como a IEEE Xplore, a Scopus ou a Web of Science, que poderiam ter alargado o corpus de literatura identificada — aspeto que se reflete na secção de Limitações do Estudo.

Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos que cumprissem simultaneamente os seguintes critérios: (i) pertinência temática relativamente ao âmbito do estudo, designadamente a transformação digital, a inteligência artificial, os gémeos digitais ou a manutenção preditiva aplicados à extrusão ou ao fabrico de dispositivos médicos ou farmacêuticos; (ii) publicação no período 2016–2025; (iii) artigos redigidos em inglês ou em português; e (iv) disponibilidade de texto integral através do PubMed ou do PMC. Foram excluídos artigos de opinião sem base empírica ou experimental, estudos cujo foco principal não tinha relação com o contexto industrial ou médico, trabalhos que abordavam processos de fabrico sem relevância direta para a extrusão de polímeros, e publicações que não disponibilizavam informação científica suficiente para suportar o enquadramento do estudo.

Processo de seleção

O processo de seleção decorreu em duas fases. Na primeira fase, foi realizada a triagem por título e resumo, com base nos critérios de inclusão e exclusão definidos. Na segunda fase, os artigos pré-selecionados foram alvo de leitura integral, sendo confirmada ou excluída a sua pertinência para os objetivos do trabalho. Como resultado deste processo, foram selecionados 14 artigos para análise final. Todos os artigos selecionados foram verificados na base de dados PubMed e possuem identificador PMID confirmado, com exceção do artigo de Tao et al. (2019), publicado na IEEE Transactions on Industrial Informatics, que foi incluído dado o seu reconhecido impacto na área dos gémeos digitais industriais.

Figura 1. *Fluxograma de seleção de estudos adaptado das diretrizes PRISMA.*

FASE 1 — IDENTIFICAÇÃO		
Base de dados: PubMed / PubMed Central (PMC) Descritores: "digital twins" AND/OR "artificial intelligence" AND/OR "medical devices" AND/OR "extrusion" AND/OR "polymers" AND/OR "healthcare" Período de publicação: 2016–2025		
↓		
FASE 2 — TRIAGEM		
Incluídos Artigos submetidos a triagem por título e resumo	**Excluídos — Critério temático/temporal** Artigos sem relação com os descritores definidos ou fora do período 2016–2025	**Excluídos — Critério de acessibilidade** Artigos publicados em idioma diferente do inglês ou do português, ou sem texto integral disponível através do PubMed ou do PMC
↓		
FASE 3 — ELEGIBILIDADE		
Incluídos Artigos submetidos a leitura integral do texto completo	**Excluídos após leitura integral** Artigos cujo conteúdo, após leitura integral, se revelou sem relevância direta para os objetivos do estudo ou sem evidência científica suficiente para suportar o enquadramento teórico	
↓		
FASE 4 — INCLUÍDOS NA ANÁLISE FINAL		
14 artigos incluídos na análise final Base de dados: PubMed / PubMed Central / IEEE Xplore | Período: 2016–2025		

Nota. Fluxograma adaptado das diretrizes PRISMA (Page et al., 2021).

Tabela 1. *Identificação dos 14 artigos selecionados para análise final.*

Nº	Título	Ano	Referência
1	Digital twin-enabled extrusion control for high-fidelity printing of polymers	2025	Chaiprabha et al. (2025). Polymers, 17(16), 2215. PMID: 40283083
2	Systematic literature review on visual analytics of predictive maintenance in the manufacturing industry	2022	Cheng et al. (2022). Sensors, 22(17), 6321. PMID: 36080780
3	Digital patient twins for personalized therapeutics and pharmaceutical manufacturing	2024	Fischer et al. (2024). Front. Digit. Health, 5, 1302338. PMID: 38239705
4	Adoption of digital twin for sustainable manufacturing and achievements of production strategic-planned goals	2022	Jawad et al. (2022). MethodsX, 9, 101920. PMID: 36425342
5	Transformative roles of digital twins from drug discovery to continuous manufacturing	2025	Maharjan et al. (2025). Int. J. Pharm. X, 9, 100409. PMID: 40303551
6	Technological review of digital twins and artificial intelligence for personalized and predictive healthcare	2025	Marques et al. (2025). Healthcare, 13(14), 1763. PMID: 40640807
7	Machine learning for process monitoring and control of hot-melt extrusion: Current state of the art and future directions	2021	Munir et al. (2021). Pharmaceutics, 13(9), 1432. PMID: 34575508
8	Interpretable machine learning methods for monitoring polymer degradation in extrusion of polylactic acid	2023	Munir et al. (2023). Polymers, 15(17), 3566. PMID: 37688192
9	Machine learning enhanced grey box soft sensor for melt viscosity prediction in polymer extrusion processes	2025	Perera et al. (2025). Sci. Rep., 15(1), 5695. PMID: 39956866
10	Implementation of machine learning in flat die extrusion of polymers	2025	Polychronopoulos et al. (2025). Molecules, 30(9), 1879. PMID: 40363686
11	Predictive maintenance for injection molding machines enabled by cognitive analytics for Industry 4.0	2020	Rousopoulou et al. (2020). Front. Artif. Intell., 3, 578152. PMID: 33598634
12	A predictive maintenance model for flexible manufacturing in the context of Industry 4.0	2021	Sang et al. (2021). Front. Big Data, 4, 663466. PMID: 34514378
13	Digital twin in industry: State-of-the-art	2019	Tao et al. (2019). IEEE Trans. Ind. Inform., 15(4), 2405–2415. DOI: 10.1109/TII.2018.2873186
14	Method development for the prediction of melt quality in the extrusion process	2024	Trienens et al. (2024). Polymers, 16(9), 1197. PMID: 38732666

RESULTADOS

Tecnologias digitais identificadas na literatura

A análise dos 14 artigos selecionados permitiu identificar um conjunto coerente de tecnologias digitais e inteligentes com aplicação documentada ou potencial elevado no contexto da extrusão de polímeros para dispositivos médicos. A Tabela 1 sistematiza as principais tecnologias identificadas, os autores que as referenciam, os domínios de aplicação e os principais resultados ou métricas documentados nos estudos analisados.

Tabela 2. Tecnologias digitais identificadas na literatura, domínios de aplicação e principais resultados/métricas documentados.

Tecnologia	**Referências**	**Domínio de Aplicação**	**Principais Resultados / Métricas**
Gémeos Digitais	Tao et al. (2019); Chaiprabha et al. (2025); Fischer et al. (2024); Maharjan et al. (2025); Marques et al. (2025)	Simulação e otimização de processo; rastreabilidade; validação virtual	Redução significativa da variabilidade dimensional do extrudido; monitorização contínua em tempo real; validação virtual de geometrias sem ensaios físicos
Machine Learning / IA	Munir et al. (2021, 2023); Perera et al. (2025); Polychronopoulos et al. (2025); Trienens et al. (2024)	Previsão de qualidade; deteção de anomalias; otimização de parâmetros	Modelos grey-box com elevada precisão de previsão de viscosidade; redução do número de ensaios de otimização; XAI com identificação das variáveis críticas de processo
Soft Sensors / NIR	Perera et al. (2025); Munir et al. (2021)	Inferência de propriedades não mensuráveis diretamente (viscosidade, composição)	Previsão em tempo real de viscosidade do fundido sem medição direta; monitorização contínua de degradação de polímero em linha
Manutenção Preditiva	Rousopoulou et al. (2020); Sang et al. (2021); Cheng et al. (2022)	Monitorização de condição de equipamentos; redução de paragens não planeadas	Redução de paragens não planeadas por antecipação de falhas; otimização dos intervalos de manutenção preventiva com base em dados de condição
IIoT / Sensores em Linha	Jawad et al. (2022); Sang et al. (2021)	Aquisição contínua de dados de processo; integração de sistemas	Conectividade entre equipamentos e sistemas de gestão; suporte a rastreabilidade de parâmetros de processo por lote e por metro de extrudido

Visão Artificial	Cheng et al. (2022); Trienens et al. (2024)	Inspeção dimensional em linha; deteção de defeitos superficiais	Deteção automática de defeitos superficiais e desvios dimensionais em tempo real; redução da dependência de inspeção manual

Impactos operacionais esperados

Com base na revisão da literatura, é possível sistematizar os impactos operacionais esperados em cinco domínios. Em primeiro lugar, a redução da variabilidade dimensional através de malhas de controlo fechadas com sensores em linha e ajuste automático de parâmetros, mantendo as dimensões do extrudido dentro das tolerâncias especificadas mesmo perante perturbações externas como variações de lote de material ou desgaste de ferramenta (Polychronopoulos et al., 2025; Trienens et al., 2024). Em segundo lugar, a deteção precoce de desvios de processo através de modelos preditivos que identificam tendências de deriva antes de gerarem não-conformidades formais, reduzindo volumes de produto rejeitado e custos de retrabalho (Munir et al., 2023; Rousopoulou et al., 2020). Em terceiro lugar, o reforço da rastreabilidade produtiva pela recolha estruturada de dados por metro de extrudido, suportando os requisitos do MDR e da ISO 13485 (Jawad et al., 2022; Fischer et al., 2024). Em quarto lugar, a manutenção preditiva de equipamentos pela análise contínua de dados de vibração, temperatura e consumo energético, reduzindo paragens não planeadas (Sang et al., 2021; Cheng et al., 2022). Por último, a melhoria da eficiência energética através da identificação de pontos de operação ótimos que combinam conformidade dimensional com mínimo consumo (Polychronopoulos et al., 2025; Maharjan et al., 2025).

Análise preditiva e otimização de parâmetros

Perera et al. (2025) demonstraram que modelos grey-box baseados em machine learning permitem prever a viscosidade do fundido com elevada precisão, abrindo caminho à implementação de sistemas de controlo preditivo (Model Predictive Control, MPC) adaptados à extrusão médica. Trienens et al. (2024) desenvolveram uma metodologia para a previsão da qualidade do fundido no processo de extrusão, integrando dados de pressão, temperatura e corrente do motor como variáveis preditoras. Os resultados demonstram que é possível inferir, com precisão adequada para fins de controlo, o estado de qualidade do produto ainda dentro da linha de extrusão, antes da sua saída pela matriz. Polychronopoulos et al. (2025) documentam a aplicação de modelos de machine learning para a identificação das condições de processamento ótimas na extrusão de filme plano, reduzindo o número de ensaios experimentais necessários para o desenvolvimento de novos produtos ou para a qualificação de novos materiais.

Arquitetura de transformação digital para extrusão médica

A Figura 2 apresenta uma proposta de arquitetura esquemática de transformação digital para linhas de extrusão de dispositivos médicos, integrando os elementos tecnológicos identificados na revisão bibliográfica numa estrutura coerente e operacionalizável.

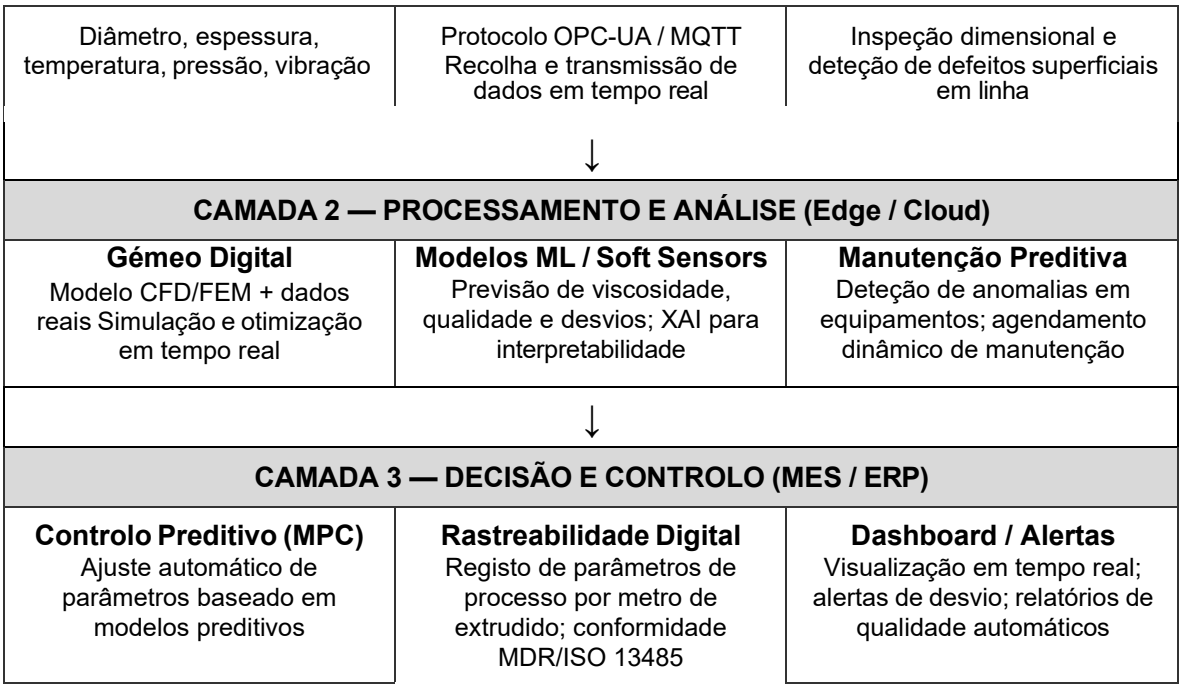


Figura 2.

DISCUSSÃO

Os resultados da revisão bibliográfica confirmam que a transformação digital representa uma oportunidade estrutural e estratégica para a indústria de dispositivos médicos, com impactos que transcendem a simples automação de equipamentos. A literatura converge na identificação dos gémeos digitais e do machine learning como as tecnologias centrais desta transformação, e na sua aplicação à extrusão como domínio de elevado potencial e crescente maturidade científica.

A convergência entre modelos físico-matemáticos do processo e dados reais de sensores, paradigma operacionalizado pelos gémeos digitais, representa uma mudança qualitativa no paradigma de controlo da extrusão. A capacidade de replicar virtualmente o comportamento de uma linha de extrusão em tempo real, e de usar esse modelo para simular cenários, ajustar parâmetros e antecipar desvios, supera as limitações dos sistemas de controlo tradicionais baseados exclusivamente em realimentação de variáveis medidas (Tao et al., 2019; Chaiprabha et al., 2025).

A dimensão regulatória da transformação digital no setor dos dispositivos médicos merece atenção cuidadosa. O MDR e as diretrizes da FDA estabelecem que qualquer sistema de software com impacto na qualidade do produto deve ser validado de acordo com requisitos rigorosos. A validação de modelos de machine learning apresenta desafios específicos, nomeadamente no que respeita à reprodutibilidade do processo de treino, à gestão da deriva do modelo ao longo do tempo (model drift) e à demonstração de que o modelo mantém o seu desempenho em condições de operação não vistas durante a fase de desenvolvimento (Fischer et al., 2024; Maharjan et al., 2025).

O segundo desafio crítico relaciona-se com a qualidade e consistência dos dados de processo. A eficácia dos modelos de machine learning depende criticamente da qualidade dos dados de treino, em termos de completude, precisão, resolução temporal e representatividade das condições de operação. A modernização da infraestrutura de dados é, assim, um pré-requisito fundamental para a implementação bem-sucedida de tecnologias de transformação digital (Perera et al., 2025; Munir et al., 2021).

O terceiro desafio relaciona-se com a integração organizacional e cultural. A adoção de sistemas de monitorização inteligente implica uma mudança profunda nas competências, nas responsabilidades e nos processos de trabalho das equipas de produção, qualidade e manutenção. A formação, o desenvolvimento de competências e a gestão da mudança devem, por isso, ser elementos centrais de qualquer estratégia de digitalização da extrusão médica (Jawad

et al., 2022; Sang et al., 2021).

Apesar dos desafios identificados, a literatura é consistente em apontar que os ganhos potenciais, em termos de qualidade, eficiência, rastreabilidade e capacidade de inovação, justificam o investimento na transformação digital da extrusão para dispositivos médicos. A transformação digital não deve ser entendida como um projeto pontual, mas como um processo contínuo de melhoria, que requer atualização periódica dos modelos à medida que as condições de processo e os materiais evoluem (Marques et al., 2025).

Análise comparativa das abordagens de transformação digital

As tecnologias identificadas na literatura apresentam diferentes perfis de maturidade, complexidade de implementação e impacto esperado, o que justifica uma análise comparativa que apoie a tomada de decisão sobre a sequência de adoção em contexto industrial. Os gémeos digitais apresentam o maior potencial integrador, mas também a maior exigência de infraestrutura, de modelação física do processo e de validação regulatória. São, por isso, indicados para uma fase de maturidade digital avançada. O machine learning, em particular os soft sensors, apresenta uma relação custo-benefício favorável na fase inicial, uma vez que pode ser implementado com base nos dados de processo existentes e com menor investimento em infraestrutura física (Perera et al., 2025; Munir et al., 2021).

A manutenção preditiva constitui frequentemente o ponto de entrada mais acessível para a transformação digital nas linhas de extrusão existentes, por aproveitar sensores já disponíveis nos equipamentos e por apresentar retorno do investimento rapidamente mensurável em termos de redução de paragens (Rousopoulou et al., 2020; Sang et al., 2021). A visão artificial, por sua vez, é indicada para processos com elevados requisitos de inspeção dimensional em linha, como a extrusão de tubos para uso intravascular, onde os sistemas manuais de controlo dimensional apresentam limitações de velocidade e consistência (Cheng et al., 2022; Trienens et al., 2024). Uma abordagem de implementação faseada, iniciando pela manutenção preditiva e pelos soft sensors, evoluindo para o controlo preditivo e terminando na integração plena com gémeos digitais, é consistente com a evidência da literatura e com os requisitos de validação regulatória progressiva.

Considerações sobre custos de implementação e retorno do investimento

A avaliação económica da transformação digital em linhas de extrusão médica constitui um elemento relevante para a tomada de decisão estratégica, embora a literatura analisada não documente valores de custo universais para este contexto específico, dado que dependem da dimensão da empresa, do estado atual da infraestrutura de sensores e do grau de integração pretendido. Com base nos estudos analisados, é possível identificar as principais componentes de custo de implementação: (i) infraestrutura de sensores e conectividade IIoT, incluindo sensores de medição em linha, gateways de comunicação e sistemas de aquisição de dados; (ii) desenvolvimento e validação de modelos de machine learning e gémeos digitais, incluindo os custos de recolha e tratamento de dados históricos; (iii) integração com sistemas de gestão de produção (MES/ERP) existentes; e (iv) formação das equipas e gestão da mudança organizacional.

Em termos de retorno do investimento (ROI), os estudos analisados apontam para ganhos quantificáveis em quatro áreas principais: redução dos custos de não-qualidade, incluindo sucata, retrabalho e reclamações de clientes; redução dos custos de manutenção e aumento da disponibilidade das linhas; redução do consumo energético através da otimização dos parâmetros de processo; e redução dos custos de conformidade regulatória, nomeadamente através da automatização da recolha de evidências de rastreabilidade. Uma abordagem de implementação faseada, com início pelas tecnologias de menor investimento e retorno mais rápido (manutenção preditiva, soft sensors), permite gerar fluxo de caixa positivo que financia as fases subsequentes de maior complexidade (gémeos digitais, controlo preditivo), reduzindo o risco financeiro da transformação digital.

Limitações do estudo

O presente estudo apresenta um conjunto de limitações que devem ser reconhecidas e consideradas na interpretação dos seus resultados. Em primeiro lugar, a metodologia adotada é uma revisão bibliográfica de âmbito, não uma meta-análise ou revisão sistemática com síntese quantitativa de resultados. Em segundo lugar, a pesquisa foi restrita a uma única base de dados, a PubMed, complementada pelo PubMed Central. Poderão existir estudos relevantes indexados em outras bases de dados de engenharia e tecnologia, como a IEEE Xplore, a Scopus ou a Web of Science, que não foram contemplados nesta revisão — limitação reconhecida e que constitui uma das prioridades de investigação futura. Em terceiro lugar, a limitação temporal ao período 2016–2025 exclui estudos anteriores que possam ter documentado abordagens pioneiras na digitalização de processos de extrusão de polímeros. Em quarto lugar, o corpus de 14 artigos, embora criteriosamente selecionado, é relativamente reduzido para suportar generalizações amplas sobre o impacto quantitativo das tecnologias digitais identificadas. A maioria dos estudos analisados centra-se na extrusão farmacêutica ou de polímeros em geral, com cobertura ainda limitada da extrusão específica de dispositivos médicos. Por último, os impactos operacionais apresentados são, na sua maioria, esperados ou potenciais, baseados em resultados documentados em contextos industriais análogos.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho demonstrou, com base numa revisão bibliográfica da literatura científica publicada entre 2016 e 2025, que a transformação digital e inteligente possui um potencial relevante e crescentemente documentado para otimizar o processo de extrusão na indústria de dispositivos médicos. As tecnologias identificadas, com destaque para os gémeos digitais, o machine learning, os soft sensors, a manutenção preditiva e os sistemas de visão artificial, formam um ecossistema tecnológico complementar, cujo valor máximo é atingido através da sua integração numa arquitetura coerente de dados e controlo.

Os gémeos digitais emergem como a tecnologia integradora central, pela sua capacidade de combinar simulação do processo com dados reais de sensores para uma monitorização e otimização contínuas. O machine learning complementa esta abordagem com capacidade preditiva, permitindo detetar tendências de deriva antes de estas gerarem não-conformidades e otimizar adaptativamente os parâmetros de processo. Os impactos operacionais esperados incluem: a redução significativa da variabilidade dimensional; a diminuição dos volumes de produto não conforme e dos custos de retrabalho; o reforço da rastreabilidade produtiva em linha com os requisitos do MDR e da ISO 13485; a redução das paragens não planeadas através da manutenção preditiva; e a melhoria da eficiência energética das linhas de extrusão.

Os principais desafios para a implementação destas tecnologias incluem: a validação regulatória dos sistemas de software com impacto na qualidade do produto; a garantia da qualidade e consistência dos dados de processo; o investimento em infraestrutura de sensores nas linhas existentes; e a gestão da mudança organizacional e o desenvolvimento de competências digitais nas equipas de produção e qualidade.

Em termos de trabalho futuro, identificam-se quatro prioridades de investigação, com definição de indicadores-chave de desempenho (KPIs) específicos para medição do sucesso. A primeira prioridade é a validação das abordagens identificadas em linhas de extrusão médica reais, com quantificação dos ganhos obtidos em métricas operacionais concretas: redução da variabilidade dimensional (alvo: Cpk ≥ 1,67), taxa de produto não conforme (alvo: redução ≥30%), disponibilidade de linha (alvo: OEE ≥ 85%) e redução de consumo energético por kg de extrudido (alvo: ≥ 10%). A metodologia de validação proposta assenta num protocolo de estudo piloto em ambiente real, estruturado em três fases: (i) linha de base (baseline) de 3 meses com recolha de dados de processo sem intervenção digital; (ii) implementação faseada das tecnologias com registo contínuo de parâmetros de qualidade e operacionais; e (iii) avaliação comparativa pré/pós com análise estatística dos ganhos obtidos.

A segunda prioridade é o desenvolvimento de arquiteturas de integração de dados IIoT adaptadas às linhas de extrusão médica existentes, com estratégias de modernização faseada e de baixo impacto na operação corrente. A terceira prioridade é a investigação de abordagens de validação

de modelos de machine learning adaptadas ao quadro regulatório dos dispositivos médicos, incluindo a gestão da deriva do modelo e os requisitos de documentação para auditoria. A quarta prioridade é a realização de estudos de caso com implementações reais que incluam dados de custo e ROI, análise de bases de dados complementares como a IEEE Xplore, a Scopus e a Web of Science para ampliar o corpus de literatura, e a extensão da revisão bibliográfica a estudos de caso com implementações quantificadas em linhas de extrusão específicas para dispositivos médicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chaiprabha, K., Sithiwichankit, C., Chungsangsatiporn, W., Phanomchoeng, G., & Chancharoen, R. (2025). Digital twin-enabled extrusion control for high-fidelity printing of polymers. Polymers, 17(16), 2215. https://doi.org/10.3390/polym17162215

Cheng, X., Chaw, J. K., Goh, K. M., Ting, T. T., Sahrani, S., Ahmad, M. N., Abdul Kadir, R., & Ang, M. C. (2022). Systematic literature review on visual analytics of predictive maintenance in the manufacturing industry. Sensors, 22(17), 6321. https://doi.org/10.3390/s22176321

Fischer, R. P., Volpert, A., Antonino, P., & Ahrens, T. D. (2024). Digital patient twins for personalized therapeutics and pharmaceutical manufacturing. Frontiers in Digital Health, 5, 1302338. https://doi.org/10.3389/fdgth.2023.1302338

Jawad, M. S., Chandran, P., Ramli, A. A. B., Mahdin, H. B., Abdullah, Z. B., & Rejab, M. M. B. (2022). Adoption of digital twin for sustainable manufacturing and achievements of production strategic-planned goals. MethodsX, 9, 101920. https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101920

Maharjan, R., Kim, N. A., Kim, K. H., & Jeong, S. H. (2025). Transformative roles of digital twins from drug discovery to continuous manufacturing: Pharmaceutical and biopharmaceutical perspectives. International Journal of Pharmaceutics X, 9, 100409. https://doi.org/10.1016/j.ijpx.2025.100409

Marques, G., Viana, J. C., & Oliveira, T. A. (2025). Technological review of digital twins and artificial intelligence for personalized and predictive healthcare. Healthcare, 13(14), 1763. https://doi.org/10.3390/healthcare13141763

Munir, N., Nugent, M., Whitaker, D., & McAfee, M. (2021). Machine learning for process monitoring and control of hot-melt extrusion: Current state of the art and future directions. Pharmaceutics, 13(9), 1432. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13091432

Munir, N., McMorrow, R., Mulrennan, K., Whitaker, D., McLoone, S., Kellomäki, M., Talvitie, E., Lyyra, I., & McAfee, M. (2023). Interpretable machine learning methods for monitoring polymer degradation in extrusion of polylactic acid. Polymers, 15(17), 3566. https://doi.org/10.3390/polym15173566

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Perera, Y. S., Li, J., & Abeykoon, C. (2025). Machine learning enhanced grey box soft sensor for melt viscosity prediction in polymer extrusion processes. Scientific Reports, 15(1), 5695. https://doi.org/10.1038/s41598-025-85619-6

Polychronopoulos, N. D., Sarris, I., & Vlachopoulos, J. (2025). Implementation of machine learning in flat die extrusion of polymers. Molecules, 30(9), 1879. https://doi.org/10.3390/molecules30091879

Rousopoulou, V., Nizamis, A., Vafeiadis, T., Ioannidis, D., & Tzovaras, D. (2020). Predictive maintenance for injection molding machines enabled by cognitive analytics for Industry 4.0. Frontiers in Artificial Intelligence, 3, 578152. https://doi.org/10.3389/frai.2020.578152

Sang, G. M., Xu, L., & Vrieze, P. (2021). A predictive maintenance model for flexible manufacturing in the context of Industry 4.0. Frontiers in Big Data, 4, 663466. https://doi.org/10.3389/fdata.2021.663466

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405–2415. https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186

Trienens, D., Schöppner, V., Krause, P., Bäck, T., Lontsi, S. T., & Budde, F. (2024). Method development for the prediction of melt quality in the extrusion process. Polymers, 16(9), 1197. https://doi.org/10.3390/polym16091197

PERFIL ACADÉMICO E PROFISSIONAL DOS AUTORES

[1]**Rodrigo Lopes**. Licenciado em Informática pela Escola Superior Gestão e Tecnologia Santarém. Estudante o curso de Mestrado em Tecnologias e Sistemas Web do ISLA Santarém.

[2]**Domingos Martinho**. Professor coordenador do ISLA Santarém, doutorado em Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação e mestre em Ciências Informáticas pela Universidade de Lisboa, licenciado em Informática de Gestão pelo ISLA Santarém.
Professor especialista em Ciências Informáticas. Investigador integrado no NECE-UBI (Centro de Investigação em Ciências Empresariais).

ENDEREÇO POSTAL DOS AUTORES

ISLA Santarém – Instituto Politécnico
Rua Dr. Teixeira Guedes 31,
2000-029 Santarém Portugal

ANÁLISE COMPARATIVA DE ALGORITMOS DE PROCURA EM REDES DE TRANSPORTE URBANO DEPENDENTES DO TEMPO: O CASO DE ESTUDO SCALABUS

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEARCH ALGORITHMS IN TIME-DEPENDENT URBAN TRANSPORT NETWORKS: THE SCALABUS CASE STUDY

[1] Heraldo Cardoso; [2] Patrícia Almeida; [3] Rodrigo Lopes; [4] Ricardo Vardasca

[1,2,3,4] ISLA Santarém – Instituto Politécnico [1]heraldocardoso@gmail.com; [2]a22511736@mail.islasantarem.pt; [3]rodlop@live.com.pt; [4]ricardo.vardasca@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O planeamento eficiente de rotas em redes de transporte urbano é um problema relevante nos sistemas de mobilidade inteligente, especialmente quando a disponibilidade do serviço varia ao longo do tempo. Este estudo analisa a rede Scalabus, em Santarém, com o objetivo de comparar o desempenho de diferentes algoritmos de procura na minimização do tempo de viagem na rede. A investigação centra-se na modelação da rede como uma estrutura dependente do tempo, na qual as restrições operacionais influenciam diretamente a viabilidade e a eficiência das rotas.

Método: O estudo foi desenvolvido em Python, no ambiente Jupyter Notebook, com a representação da rede como um grafo dirigido e ponderado com vinte e dois nós, correspondentes às paragens do sistema. Implementaram-se os algoritmos de procura em largura, procura em profundidade, custo uniforme, procura gulosa e o algoritmo estrela. Para reforçar a robustez da avaliação, cada consulta foi repetida cinco vezes, tendo sido calculadas as médias do número de nós expandidos, do tempo de execução e do custo total do percurso. A rede foi ainda tratada como uma rede dependente do tempo, com ajustes dinâmicos nos custos das ligações em função da hora de partida e do tipo de dia.

Resultados: Os resultados mostraram que o algoritmo estrela apresentou o melhor equilíbrio entre eficiência computacional e otimalidade da solução. No cenário analisado, encontrou a rota ótima reduzindo o esforço de procura em trinta e oito por cento face ao custo uniforme, sem comprometer a qualidade da solução. Os algoritmos de procura em largura e procura em profundidade revelaram-se menos adequados para a minimização do tempo de viagem na rede, enquanto a procura gulosa, embora mais rápida em alguns casos, produziu trajetos subótimos. O sistema respondeu também corretamente em períodos de restrição operacional, ao devolver ausência de solução quando não existiam ligações válidas.

Discussão: Estes resultados confirmam que a modelação de redes de transporte como grafos dependentes do tempo oferece uma representação mais realista da operação da mobilidade urbana. Evidenciam também que o uso de heurísticas admissíveis melhora significativamente o desempenho da procura, reduzindo o esforço computacional sem afetar a otimalidade. Assim, o estudo reforça a importância da inteligência artificial na resolução de problemas de transporte urbano, sobretudo em contextos em que a dinâmica temporal condiciona a escolha da rota.

Conclusão: O caso de estudo Scalabus demonstra a pertinência da aplicação de algoritmos de procura em redes de transporte dinâmicas. A abordagem desenvolvida confirma o algoritmo estrela como a solução mais equilibrada para o planeamento de rotas em redes urbanas dependentes do tempo, contribuindo para sistemas de apoio à decisão mais eficientes e alinhados com objetivos de mobilidade sustentável.

Palavras-chave: rede dependente do tempo, algoritmos de procura, algoritmo estrela, transporte urbano, mobilidade sustentável.

Abstract

Introduction: Efficient route planning in urban transport networks is a key issue in smart mobility systems, particularly when service availability varies over time. This study analyses the Scalabus network in Santarém, with the aim of comparing the performance of different search algorithms in minimising journey times on the network. The research focuses on modelling the network as a time-dependent structure, in which operational constraints directly influence the feasibility and efficiency of routes.
Method: The study was developed in Python, within the Jupyter Notebook environment, with the network represented as a directed, weighted graph with twenty-two nodes, corresponding to the system's stops. The following algorithms were implemented: breadth-first search, depth-first search, uniform cost, greedy search and the star algorithm. To enhance the robustness of the evaluation, each query was repeated five times, and the averages of the number of expanded nodes, execution time and total route cost were calculated. The network was also treated as a time-dependent network, with dynamic adjustments to link costs depending on departure time and day type.
Results: The results showed that the star algorithm presented the best balance between computational efficiency and solution optimality. In the analysed scenario, it found the optimal route, reducing the search effort by thirty-eight per cent compared to the uniform cost, without compromising the quality of the solution. Broad-search and depth-first search algorithms proved less suitable for minimising travel time in the network, whilst greedy search, although faster in some cases, produced sub-optimal routes. The system also responded correctly during periods of operational restrictions, returning a 'no solution' result when no valid connections existed.
Discussion: These results confirm that modelling transport networks as time-dependent graphs offers a more realistic representation of urban mobility operations. They also demonstrate that the use of admissible heuristics significantly improves search performance, reducing computational effort without affecting optimality. Thus, the study reinforces the importance of artificial intelligence in solving urban transport problems, particularly in contexts where temporal dynamics influence route choice.
Conclusion: The Scalabus case study demonstrates the relevance of applying search algorithms to dynamic transport networks. The approach developed confirms the star algorithm as the most balanced solution for route planning in time-dependent urban networks, contributing to more efficient decision support systems aligned with sustainable mobility objectives.

Keywords: time-dependent network, search algorithms, Astar algorithm, urban transport, sustainable mobility.

APLICAÇÕES PRÁTICAS DE INFORMÁTICA EM SAÚDE: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TELEMEDICINA

PRACTICAL APPLICATIONS OF INFORMATICS IN HEALTH: A LITERATURE REVIEW ON TELEMEDICINE

[1] Rosete Mendonça; [2] Diolindo Mendes; [3] Andréia Miranda Domingues

[1;2;3] ISLA Santarém - Instituto Politécnico

[1]rosetemndnc@gmail.com; [2]mendesdiolindo5@gmail.com; [3]andreia.domingues@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A Informática em Saúde corresponde à utilização de sistemas eletrónicos para armazenar, partilhar e analisar informações clínicas, recorrendo a tecnologias médicas e de telecomunicações para apoiar os cuidados de saúde. Segundo a Organização Mundial da Saúde, a telemedicina consiste na prestação de serviços de saúde à distância por meio das tecnologias de informação e comunicação, abrangendo avaliação, diagnóstico, tratamento, prevenção de doenças, investigação e formação contínua dos profissionais. Esta revisão da literatura teve como objetivo analisar estudos científicos sobre Informática em Saúde aplicados à telemedicina, com enfoque em metodologias tecnológicas e resultados baseados em dados relativos a: (i) óculos inteligentes no contexto pré-hospitalar; (ii) concentradores móveis de oxigénio integrados com telemedicina; e (iii) modelos analíticos para apoio à telemedicina em áreas rurais. O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da disciplina Introdução à Informática em Saúde, constituindo um Seminário Avaliativo para os estudantes do 2.º semestre da Licenciatura em Gestão de Dados e Tecnologias em Saúde (2026) do ISLA Santarém - Instituto Politécnico.

Método: Realizou-se uma revisão bibliográfica exploratória no Google Académico, selecionando artigos científicos internacionais publicados entre 2020 e 2025. Utilizaram-se os descritores "*health informatics*", "*telemedicine*", "*information technology*" e "*data analysis*", combinados por operadores booleanos. Foram incluídos trabalhos desenvolvidos e implementados em centros de saúde e excluídas as revisões da literatura. Inicialmente, alguns artigos foram selecionados e triados através de imagens autoexplicativas sobre Telemedicina. Por fim, 3 (três) artigos foram incluídos de acordo com os principais temas identificados.

Resultados: A presente pesquisa permitiu consolidar os conceitos centrais da Informática em Saúde e da Telemedicina. Observou-se sobre (i) Óculos inteligentes: destaca-se elevada usabilidade da aplicação, mas validar em cenários de emergência; (ii) Concentrador móvel de oxigénio: demonstrou integração entre telemedicina e monitorização de SpO_2, mas validação clínica limitada; (iii) Modelos de análise de dados: apresentou otimização da telemedicina em áreas rurais, carecendo de mais comprovação prática.

Discussão: Os estudos selecionados ilustram a aplicação de métodos estatísticos em diferentes cenários da telemedicina. Apesar dos avanços observados, persistem desafios relacionados com a estabilidade das ligações, a interoperabilidade tecnológica e aspetos regulatórios. Os autores destacam a necessidade de maior articulação entre profissionais de saúde, entidades reguladoras e seguradoras para integrar estas soluções nas políticas públicas. Salientam ainda a importância da padronização dos dispositivos, da capacitação dos utilizadores e da ampliação das bases de dados, permitindo identificar padrões assistenciais e potenciar a utilização de inteligência artificial no apoio ao diagnóstico clínico. Contudo, são necessários mais estudos aplicados para consolidar o estado da arte nesta área.

Conclusão: A revisão demonstrou que a integração entre Informática em Saúde, Telemedicina e análise de dados pode contribuir significativamente para a tomada de decisão clínica. Os resultados evidenciam o potencial das soluções tecnológicas na melhoria dos cuidados de saúde e reforçam a necessidade de investigação futura que amplie as aplicações destas ferramentas em diferentes contextos assistenciais.

Palavras-chave: Revisão da Literatura, Informática em Saúde, Telemedicina, Análise de Dados.

Abstract

Introduction: Health informatics refers to the use of electronic systems to store, share, and analyze clinical information, utilizing medical and telecommunications technologies to support healthcare. According to the World Health Organization, telemedicine consists of the provision of health services at a distance through information and communication technologies, encompassing assessment, diagnosis, treatment, disease prevention, research, and continuing education for professionals. This literature review aimed to analyze scientific studies on Health Informatics applied to telemedicine, focusing on technological methodologies and data-driven results related to: (i) smart glasses in the pre-hospital setting; (ii) mobile oxygen concentrators integrated with telemedicine; and (iii) analytical models to support telemedicine in rural areas. The work was developed as part of the Introduction to Health Informatics course, constituting an Evaluative Seminar for second-semester students in the Bachelor's Degree in Health Data and Technology Management (2026) at ISLA Santarém - Polytechnic Institute.
Method: An exploratory literature review was conducted on Google Scholar, selecting international scientific articles published between 2020 and 2025. The search terms "health informatics," "telemedicine," "information technology," and "data analysis" were used, combined with Boolean operators.
Works developed and implemented in health centers were included, and literature reviews were excluded. Initially, some articles were selected and screened using self-explanatory images on telemedicine. Finally, 3 (three) articles were included according to the main themes identified.
Results: The research allowed us to consolidate the central concepts of Health Informatics and Telemedicine. It was observed regarding (i) Smart glasses: high usability of the application stands out, but validation in emergency scenarios is needed; (ii) Mobile oxygen concentrator: demonstrated integration between telemedicine and SpO_2 monitoring, but limited clinical validation; (iii) Data analysis models: presented optimization of telemedicine in rural areas, requiring more practical proof.
Discussion: The selected studies illustrate the application of statistical methods in different telemedicine scenarios. Despite the observed advances, challenges related to connection stability, technological interoperability, and regulatory aspects persist. The authors highlight the need for greater coordination between healthcare professionals, regulatory bodies, and insurers to integrate these solutions into public policies. They also emphasize the importance of standardizing devices, training users, and expanding databases, allowing for the identification of care patterns and enhancing the use of artificial intelligence in supporting clinical diagnosis. However, more applied studies are needed to consolidate the state of the art in this area.
Conclusion: The review demonstrated that the integration between Health Informatics, Telemedicine, and data analysis can significantly contribute to clinical decision-making. The results highlight the potential of technological solutions in improving healthcare and reinforce the need for future research that expands the applications of these tools in different care contexts.

Keywords: Literature Review, Health Informatics, Telemedicine, Data Analysis.

CLI CISCO: QUADRO VISUAL PARA CONFIGURAÇÃO, MONITORIZAÇÃO E TROUBLESHOOTING EM REDES

CISCO CLI: A VISUAL FRAMEWORK FOR CONFIGURATION, MONITORING, AND TROUBLESHOOTING IN NETWORKS

António Pratas; Marco Tereso

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

antonio.pratas@islasantarem.pt, marco.tereso@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A linha de comandos (CLI – Command Line Interface) dos dispositivos Cisco é a interface dominante em ambientes empresariais críticos, sendo uma das ferramentas mais importantes para a gestão de redes e também uma das competências fundamentais para estudantes de redes e preparação para a certificação Cisco Certified Network Associate (CCNA). Apesar do crescimento de interfaces gráficas e soluções de automação, a linha de comandos continua a ser amplamente utilizada por administradores devido à sua precisão, controlo direto e capacidade de configuração avançada e essencial no contexto académico, com a sua utilização em laboratórios e ambientes reais. No contexto de routers e switches Cisco, o domínio dos comandos essenciais permite implementar redes eficientes, seguras e facilmente geríveis. Este trabalho apresenta um conjunto de comandos fundamentais e analisa o seu impacto como elemento facilitador na aprendizagem e na sua operação prática.

Método: O estudo foi realizado em ambiente simulado de laboratório (Cisco Packet Tracer) e com dispositivos reais com sistema operativo Cisco Internetwork Operating System (IOS), focando-se na utilização de comandos básicos e intermédios aplicados a routers e switches. Os comandos organizam-se em blocos funcionais: navegação, configuração base, interfaces, Virtual Local Area Networks (VLANs), routing, monitorização e diagnóstico. Cada cenário incluiu três fases: configuração; validação com comandos show e resolução de problemas com ferramentas de diagnóstico como o ping e o traceroute.

Resultados: Os resultados demonstraram que o uso de comandos essenciais da CLI permite aos administradores e estudantes realizarem configurações completas de routers e switches de forma rápida e consistente. Comandos de visualização (show) revelaram-se críticos para validação de configurações, enquanto os comandos de interface garantiram controlo preciso sobre o tráfego de rede. A capacidade de diagnosticar problemas com ferramentas simples como o ping e o traceroute permitiu reduzir significativamente o tempo de troubleshooting. Observou-se ainda que os utilizadores com conhecimento sólido da utilização da linha de comandos executam tarefas com maior eficiência e menor margem de erro. O uso repetido dos comandos por categoria melhorou a retenção de conhecimento e reduziu o tempo necessário para troubleshooting verificando-se uma maior autonomia dos estudantes na resolução de problemas simples e intermédios.

Discussão: A linha de comandos Cisco continua a ser indispensável na administração de redes, sobretudo em ambientes profissionais onde a fiabilidade e o controlo são críticos. Embora a sua aprendizagem possa ser desafiante para iniciantes, onde se incluem os estudantes, o domínio dos comandos essenciais constitui uma base sólida para tarefas mais avançadas, incluindo automação e integração com ferramentas externas. A padronização e organização dos comandos em blocos funcionais revelou-se eficaz para o estudo e memorização dos comandos Cisco e facilita a transferência de conhecimento entre diferentes equipamentos e cenários. No entanto, é recomendável complementar a utilização da linha de comandos com boas práticas de documentação e scripts automatizados.

Conclusão: Os comandos Cisco para routers e switches são fundamentais para garantir uma gestão eficaz da rede, sendo também essenciais para estudantes de redes e candidatos à certificação Cisco Certified Network Associate. O seu domínio permite configurar, monitorizar e diagnosticar problemas com rapidez e precisão. O quadro visual funciona como uma ferramenta de apoio que simplifica a aprendizagem e promove a utilização prática dos conceitos. A combinação entre a teoria e a prática através do uso da linha de comandos prepara os estudantes para desafios reais, contribuindo para

uma base sólida em administração de redes e evolução profissional na área. Apesar da evolução tecnológica, a linha de comandos mantém-se como uma competência chave para profissionais e estudantes de redes, especialmente quando combinada com abordagens modernas de automação.

Palavras-chave: linha de comandos Cisco, gestão de redes, router, switch, troubleshooting

Abstract

Introduction: The Cisco command line interface (CLI) is the dominant interface in critical corporate environments, being one of the most important tools for network management and also one of the fundamental skills for network students and preparation for the Cisco Certified Network Associate (CCNA) certification. Despite the growth of graphical interfaces and automation solutions, the command line continues to be widely used by administrators due to its precision, direct control, and advanced configuration capabilities, essential in the academic context, with its use in laboratories and real-world environments. In the context of Cisco routers and switches, mastering essential commands allows for the implementation of efficient, secure, and easily manageable networks. This work presents a set of fundamental commands and analyzes their impact as a facilitating element in learning and practical operation.

Method: The study was conducted in a simulated laboratory environment (Cisco Packet Tracer) and with real devices running the Cisco Internetwork Operating System (IOS), focusing on the use of basic and intermediate commands applied to routers and switches. The commands are organized into functional blocks: navigation, basic configuration, interfaces, Virtual Local Area Networks (VLANs), routing, monitoring, and diagnostics. Each scenario included three phases: configuration; validation with show commands; and troubleshooting with diagnostic tools such as ping and traceroute.

Results: The results demonstrated that the use of essential CLI commands allows administrators and students to perform complete router and switch configurations quickly and consistently. Show commands proved critical for validating configurations, while interface commands ensured precise control over network traffic. The ability to diagnose problems with simple tools such as ping and traceroute significantly reduced troubleshooting time. It was also observed that users with solid knowledge of command-line usage perform tasks more efficiently and with less error. Repeated use of commands by category improved knowledge retention and reduced the time required for troubleshooting, resulting in greater student autonomy in solving simple and intermediate problems.

Discussion: The Cisco command line remains indispensable in network administration, especially in professional environments where reliability and control are critical. Although learning it can be challenging for beginners, including students, mastering essential commands provides a solid foundation for more advanced tasks, including automation and integration with external tools. The standardization and organization of commands into functional blocks has proven effective for studying and memorizing Cisco commands and facilitates the transfer of knowledge between different equipment and scenarios. However, it is recommended to complement the use of the command line with good documentation practices and automated scripts.

Conclusion: Cisco commands for routers and switches are fundamental to ensuring effective network management and are also essential for network students and candidates for the Cisco Certified Network Associate certification. Mastering them allows for quick and accurate configuration, monitoring, and diagnosis of problems. The visual framework serves as a support tool that simplifies learning and promotes the practical use of concepts. The combination of theory and practice through the use of the command line prepares students for real-world challenges, contributing to a solid foundation in network administration and professional development in the field. Despite technological advancements, the command line remains a key skill for networking professionals and students, especially when combined with modern automation approaches.

Keywords: Cisco command line, network management, router, switch, troubleshooting

APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA EM ROBÓTICA EDUCATIVA: UMA ANÁLISE SEMIESTRUTURADA DE METODOLOGIAS E PADRÕES DE INTERAÇÃO CENTRADA NO HUMANO

MACHINE LEARNING IN EDUCATIONAL ROBOTICS: A SEMISTRUCTURED ANALYSIS OF HUMAN-CENTRED METHODOLOGIES AND INTERACTION PATTERNS

Patrícia Almeida; Ricardo Vardasca

ISLA Santarém – Instituto Politécnico

a22511736@mail.islasantarem.pt; ricardo.vardasca@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A integração da Inteligência Artificial em ambientes físicos de aprendizagem tem vindo a evoluir de uma lógica de automação para modelos adaptativos de apoio pedagógico em tempo real. O problema central reside na dificuldade em transformar dados multimodais de interação em evidência pedagógica útil e interpretável. Este estudo visa analisar a literatura recente sobre metodologias e padrões de interação, identificando tendências em abordagens preditivas de Inteligência Artificial aplicadas à personalização da aprendizagem.

Método: Adotou-se uma revisão da literatura com seleção orientada por critérios temáticos, nas bases IEEE Xplore e ACM Digital Library, com foco em publicações entre 2024 e 2026. Foram privilegiados artigos de conferências, nomeadamente a Australasian Computing Education Conference, a International Conference on Artificial Intelligence and Education e a International Conference on Intelligent User Interfaces. A amostra foi progressivamente refinada de 680 registos iniciais para um corpus final de 24 estudos. A análise foi organizada numa grelha de codificação, isto é, uma matriz para classificar e comparar os artigos em quatro eixos temáticos: técnica/algorítmica, modelos mentais, avaliação multimodal e autonomia/controlo humano, articulados com uma abordagem de Inteligência Artificial centrada no humano.

Resultados: Os resultados têm sugerido que a integração de dados biométricos e comportamentais pode melhorar o desempenho preditivo em comparação com abordagens baseadas apenas em notas ou desempenho académico. A literatura também indica que arquiteturas com inferência causal podem apoiar a deteção de mudanças dinâmicas na aprendizagem. Em termos analíticos, a análise de componentes principais mostra utilidade na redução da dimensionalidade e o algoritmo K-means permite a identificação de perfis de utilizadores. Por outro lado, alguns estudos apontam para uma relação entre maior autonomia da Inteligência Artificial e menor sensação de propriedade e autonomia por parte do utilizador, além de riscos éticos associados a respostas plausíveis, mas incorretas.

Discussão: Os resultados têm vindo a sugerir que o desempenho académico isolado é insuficiente para apoiar uma personalização robusta, reforçando a utilidade de abordagens multimodais. A literatura indica que a precisão preditiva depende da capacidade de traduzir sinais biométricos e comportamentais em intervenções pedagógicas que sejam simultaneamente compreensíveis e acionáveis. Em paralelo, a opacidade algorítmica poderá comprometer a autonomia do utilizador, o que reforça a necessidade de uma abordagem centrada no humano. Conceitos como *narrative scaffolding* ajudam a enquadrar a Inteligência Artificial como um suporte à construção de sentido, e não apenas como um mero mecanismo de automação.

Conclusão: O estudo propõe uma leitura da robótica educativa como um sistema de mediação técnica e ética, no qual a transparência algorítmica e a supervisão humana assumem um papel central na preservação da agência do utilizador. A síntese do corpus revela que a personalização eficaz depende do equilíbrio entre a precisão dos modelos preditivos, a riqueza dos dados multimodais e a robustez das salvaguardas de privacidade e autonomia. Em ambientes híbridos de aprendizagem, este alinhamento entre sofisticação técnica e princípios de uma abordagem de inteligência artificial centrada no humano parece ser um dos fatores decisivos para o desenvolvimento futuro da área.

Palavras-chave: Rastreio do Conhecimento, Avaliação Multimodal, Inferência Causal, Autonomia do Utilizador, Privacidade desde a Conceção.

Abstract

Introduction: The integration of Artificial Intelligence into physical learning environments has evolved from a logic of automation to adaptive models of real-time pedagogical support. The central challenge lies in transforming multimodal interaction data into useful, ethical, and interpretable pedagogical evidence. This study aims to analyse recent literature on methodologies and interaction patterns, identifying trends in predictive Artificial Intelligence approaches applied to learning personalisation.
Method: A literature review with a thematic selection approach was conducted using the IEEE Xplore and ACM Digital Library databases, focusing on publications from 2024 to 2026. Preference was given to conference papers, namely the Australasian Computing Education Conference, the International Conference on Artificial Intelligence and Education, and the International Conference on Intelligent User Interfaces. The sample was progressively refined from 680 initial records to a final corpus of 24 studies. The analysis was organised in a coding grid, that is, a matrix used to classify and compare the articles across four thematic axes: technical/algorithmic, mental models, multimodal evaluation, and autonomy/human control, articulated within a human-centred Artificial Intelligence approach.
Results: The results have suggested that the integration of biometric and behavioural data may improve predictive performance compared with approaches based solely on grades or academic performance. The literature also indicates that architectures with causal inference can support the detection of dynamic changes in learning. In analytical terms, principal component analysis shows utility in dimensionality reduction, and the K-means algorithm allows the identification of user profiles. On the other hand, some studies point to a relationship between greater Artificial Intelligence autonomy and a lower sense of ownership and autonomy on the part of the user, alongside ethical risks associated with plausible but incorrect responses.
Discussion: The results have suggested that isolated academic performance is insufficient to support robust personalisation, reinforcing the value of multimodal approaches. The literature indicates that predictive accuracy depends on the ability to translate latent biometric and behavioural signals into pedagogical interventions that are both understandable and actionable. In parallel, algorithmic opacity may compromise user autonomy, which reinforces the need for a human-centred approach. Concepts such as narrative scaffolding help frame Artificial Intelligence as support for sense-making, rather than merely as a mechanism of automation.
Conclusion: This study proposes an understanding of educational robotics as a system of technical and ethical mediation, in which algorithmic transparency and human supervision play a central role in preserving user agency. The corpus synthesis reveals that effective personalisation depends on the balance between predictive model accuracy, the richness of multimodal data, and robust safeguards for privacy and autonomy. In hybrid learning environments, this alignment between technical sophistication and the principles of a human-centred Artificial Intelligence approach appears to be one of the decisive factors for the future development of the field.

Keywords: Knowledge Tracing, Multimodal Evaluation, Causal Inference, User Autonomy, Privacy by Design.

INFORMÁTICA NA SAÚDE EM RADIOLOGIA: REVISÃO DA LITERATURA SOBRE SISTEMAS DE IMAGEM MÉDICA

HEALTH INFORMATICS IN RADIOLOGY: A LITERATURE REVIEW ON MEDICAL IMAGING SYSTEMS

[1] Edvânia Tembo; [2] Joãoninho Mendes Camepilim; [3] Andréia Miranda Domingues

[1;2;3] ISLA Santarém - Instituto Politécnico

[1]edvaniatembovava@gmail.com; [2]mendesjoaoninho@gmail.com; [3]andreia.domingues@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A Informática em Saúde utiliza tecnologias de informação e comunicação para melhorar os cuidados médicos e apoiar a tomada de decisão clínica (OMS). Na Radiologia, à qual a Sociedade Europeia de Radiologia atribui funções de diagnóstico, monitorização e intervenção terapêutica, a aplicação dessas tecnologias tem revelado resultados promissores. Esta revisão da literatura apresenta trabalhos sobre Informática em Saúde aplicada à Radiologia, com enfoque nos recursos tecnológicos e nos resultados obtidos mediante análise de dados clínicos, abordando i) um *software* com Inteligência Artificial integrada; ii) um protótipo *CAD* para classificação da gravidade da cardiomegalia; iii) um *software* para análise de exposição de pacientes em radiologia. Ressalta-se que o presente trabalho foi apresentado como Seminário Avaliativo da unidade curricular de Introdução à Informática em Saúde, 2.º semestre da Licenciatura em Gestão de Dados e Tecnologias em Saúde (2026), no ISLA Santarém - Instituto Politécnico.
Método: Foi realizado um levantamento bibliográfico no Google Académico, com foco em produções científicas internacionais dos últimos cinco anos. Os descritores "*health informatics*", "*radiology*", "*information technology*" e "*data analysis*" foram utilizados em combinação com operadores booleanos. Incluíram-se estudos desenvolvidos e implementados em centros de saúde, excluindo-se revisões de literatura. Após triagem inicial por meio de imagens autoexplicativas sobre radiologia, foram incluídos 3 (três) artigos com base nos principais temas identificados.
Resultados: Esta pesquisa consolidou os conceitos centrais da Informática em Saúde e da Radiologia, tendo-se observado trabalhos em que: i) um sistema integra as padronizações *OHIF Viewer*, *DICOM-SR*, *Orthanc PACS* e o *software MySQL* numa arquitetura modular com *API REST*. Utiliza os recursos *swarm learning* e *few-shot learning* para retreino contínuo dos modelos de IA. Apresentou probabilidade de 80% de acerto para diagnóstico de pneumotórax; ii) sistemas informáticos contendo 377.100 imagens do *MIMIC-CXR*, atingiram 95,2% de precisão na classificação de cardiomegalia e concordância entre radiologistas de 0,62 (estrita) e 0,85 (relaxada); iii) o *software* desenvolvido em linguagem de programação *Python* com *pydicom* e *pandas*, analisou doses de múltiplas fontes com limiares de alarme definidos a quatro vezes o nível de referência diagnóstico.
Discussão: Os estudos selecionados ilustram a aplicação de métodos estatísticos em diferentes cenários da telemedicina. Os autores mostraram que no sistema remodelado, a parceria *Humano-IA* possibilita personalização e colaboração distribuída, embora a validação clínica limitada e as dificuldades no fluxo de trabalho comprometam a sua maturidade. No protótipo CAD por sua vez, a avaliação por radiologistas certificados confere credibilidade ao sistema, contudo a ausência de validação externa ao *MIMIC-CXR* restringe a generalização dos resultados. Por outro lado, a configuração por ficheiros *Excel* torna o software acessível a não programadores, porém a impossibilidade de cruzar dados de múltiplas fontes limita a sua abrangência analítica.
Conclusão: O presente levantamento bibliográfico permitiu identificar e analisar estudos que articulam Informática em Saúde, Radiologia e análise de dados no apoio à decisão clínica, evidenciando o potencial dessas abordagens e incentivando a continuidade de investigação nesta área.

Palavras-chave: Informática em Saúde, Radiologia, Análise de Dados, Diagnóstico por Imagem, Deep Learning, Processamento de Linguagem Natural (NLP).

Abstract

Introduction: Health Informatics uses information and communication technologies to improve medical care and support clinical decision-making (WHO). Radiology is a field to which the European Society of Radiology attributes diagnostic, monitoring, and therapeutic intervention functions. The application of these technologies has yielded promising results. This literature review presents studies on Health Informatics applied to Radiology, focusing on technological resources and the results obtained through clinical data analysis, addressing i) software with integrated Artificial Intelligence; ii) a CAD prototype for classifying the severity of cardiomegaly; iii) software for analyzing patient radiation exposure in radiology. It should be noted that this work was presented as an Evaluation Seminar for the course Introduction to Health Informatics, 2nd semester of the Bachelor's Degree in Health Data and Technology Management (2026), at ISLA Santarém - Polytechnic Institute.
Method: A literature review was conducted on Google Scholar, focusing on international scientific publications from the past five years. The search terms "health informatics," "radiology," "information technology," and "data analysis" were used in combination with Boolean operators. Studies developed and implemented in healthcare centres were included, excluding literature reviews. After initial screening using self-explanatory images on radiology, 3 (three) articles were included based on the main identified themes.
Results: This research consolidated the core concepts of Health Informatics and Radiology, with the following observations: i) a system integrates the OHIF Viewer, DICOM-SR, Orthanc PACS standards and MySQL software in a modular architecture with REST API, using swarm learning and few-shot learning for continuous AI model retraining, achieving an 80% probability for pneumothorax diagnosis; ii) computer systems containing 377,100 MIMIC-CXR images achieved 95.2% accuracy in cardiomegaly classification and inter-radiologist agreement of 0.62 (strict) and 0.85 (relaxed); iii) software developed in Python with pydicom and pandas analysed doses from multiple sources with alarm thresholds set at four times the diagnostic reference level.
Discussion: The selected studies illustrate the application of statistical methods in different telemedicine scenarios. The authors demonstrated that in the remodelled system, the Human-AI partnership enables personalisation and distributed collaboration, although limited clinical validation and workflow difficulties compromise its maturity. Regarding the CAD prototype, evaluation by board-certified radiologists lends credibility to the system; however, the absence of external validation beyond MIMIC-CXR restricts the generalisation of results. The Excel-based configuration makes the software accessible to non-programmers, yet the inability to cross data from multiple sources limits its analytical scope.
Conclusion: This literature review identified and analysed studies combining Health Informatics, Radiology and data analysis in clinical decision support, highlighting the potential of these approaches and encouraging further research in this area.

Keywords: Health Informatics, Radiology, Data Analysis, Diagnostic Imaging, Deep Learning, Natural Language Processing (NLP).

ISLABOT: PROTÓTIPO DE UM ASSISTENTE VIRTUAL COM RECURSOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA PESQUISA DE ESTUDANTES EM BASE DE CONHECIMENTO INSTITUCIONAL

ISLABOT: PROTOTYPE OF A VIRTUAL ASSISTANT WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE FEATURES FOR STUDENT RESEARCH IN AN INSTITUTIONAL KNOWLEDGE BASE

[1] Mariana Moreira; [2] Selton De Souza; [3] Samuel Ceglio; [4] Andréia Miranda Domingues

[1;2;3;4] ISLA Santarém - Instituto Politécnico

[1]marianamoreira.pontevel@gmail.com; [2]seltonsouza@protonmail.com; [3]samuelceglio@gmail.com; [4]andreia.domingues@islasantarem.pt

Introdução: Uma base de conhecimento é um conjunto organizado de informações que apoia a tomada de decisão e a resolução de problemas. Inteligência Artificial (IA) é uma área da computação dedicada ao desenvolvimento de sistemas capazes de executar tarefas associadas à inteligência humana. Entre as suas aplicações destacam-se os assistentes virtuais, agentes inteligentes que interagem em linguagem natural e realizam tarefas de forma autónoma. Quando utilizadas como apoio pedagógico, estas ferramentas podem promover competências digitais e raciocínio lógico sem substituir o pensamento crítico. Neste contexto, apresenta-se o ISLAbot, um protótipo de assistente virtual académico desenvolvido com recursos de IA para permitir aos estudantes autenticados do ISLA Santarém - Instituto Politécnico pesquisar informação disponível na base de conhecimento institucional, incluindo documentos docentes e conteúdos do website da instituição.
Método: Empregaram-se ferramentas de IA para organizar conteúdos, processar documentos e validar a funcionalidade do sistema. Modelos *Qwen2.5* e *Gemma3*, através das plataformas *Ollama*, *Gemini* e *OpenRouter*, permitiram aceder a documentos, processar informação e gerar textos com linguagem natural via *LLM* (Modelo de Linguagem de Grande Escala). O recurso *OCR* (Reconhecimento Ótico de Caracteres) foi utilizado para extrair e interpretar informações de PDFs, imagens e *websites*. As *APIs* (Interface para Programação de Aplicações) possibilitando a troca de dados entre os diferentes *softwares* sem acessar detalhes internos. Protocolos *HTTP/JSON* e *endpoints REST*, implementados com *FastAPI*, facilitaram envio e receção de mensagens pelo *chatbot*. A integração do *FastAPI* com *RAG* (Geração Aumentada por Recuperação - "pesquisa de informações aprimorada com IA") melhorou precisão e confiabilidade das respostas do *LLM* permitindo ao *chatbot* localizar informações relevantes antes de gerar respostas. O sistema foi executado em infraestrutura local autenticado com privacidade, recorrendo a *softwares* de código aberto.
Resultados: Recursos IA utilizados permitiram gerar respostas do *website* institucional, extrair imagens e conteúdos de PDFs com *OCR* automatizando a divisão de documentos por tópicos. O processamento de linguagem natural incorporado produziu respostas contextualizadas mantendo integridade ao *chatbot*. A comunicação entre *backend* (utilizador) e *frontend* (desenvolvedor) foi assegurada por diferentes *APIs* com *endpoints REST* e protocolos *HTTP/JSON*, implementados em *RAG* e *FastAPI*. Assim, este trabalho utilizou ferramentas de IA sem substituir a necessidade dos estudantes/desenvolvedores intervirem em decisões técnicas, validações e adaptações contínuas do *chatbot WEB* desenvolvido.
Discussão: A gestão de conteúdos com auxílio dos docentes pode tornar o sistema continuamente versátil, sem necessidade de interferência técnica constante. As principais limitações identificadas foram a incapacidade de processar imagens sem *OCR* e a dificuldade em responder, com base no significado, a questões abstratas. Do ponto de vista pedagógico, pretende-se desenvolver um guia de utilização e um sistema de feedback que oriente os estudantes a formular perguntas de modo objetivo. Futuramente, a secretaria académica poderá dinamizar o sistema adicionando documentos que esclareçam questões recorrentes dos estudantes.
Conclusão: Ferramentas de IA foram capazes de impulsionar o desenvolvimento do ISLAbot permitindo que os estudantes do ISLA Santarém - Instituto Politécnico esclareçam dúvidas sobre cursos e disciplinas, a partir da base de dados institucional, tais como datas de avaliações, entrega de trabalhos, férias, estágios e regulamentos académicos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Base de Conhecimento, Chatbot, Assistente Virtual Académico, Large Language Models (LLM), Processamento de Linguagem Natural.

Abstract

Introduction: A knowledge base is an organized collection of information that supports decision-making and problem-solving. Artificial Intelligence (AI) is a field of computer science dedicated to developing systems capable of performing tasks associated with human intelligence. Among its applications are virtual assistants, intelligent agents that interact through natural language and perform tasks autonomously. When used as pedagogical support tools, these technologies can promote digital skills and logical reasoning without replacing critical thinking. In this context, ISLAbot is presented as an academic virtual assistant prototype developed with AI resources to enable authenticated students of ISLA Santarém - Polytechnic Institute to search information available in the institutional knowledge base, including faculty documents and content from the institution's website.
Method: AI tools were employed to organize content, process documents, and validate system functionality. The Qwen2.5 and Gemma3 models, through the Ollama, Gemini, and OpenRouter platforms, enabled access to documents, information processing, and natural language text generation using Large Language Models (LLMs). Optical Character Recognition (OCR) was used to extract and interpret information from PDFs, images, and websites. Application Programming Interfaces (APIs) enabled data exchange between different software systems without requiring access to their internal structures. HTTP/JSON protocols and REST endpoints, implemented with FastAPI, facilitated message transmission and reception through the chatbot. The integration of FastAPI with Retrieval-Augmented Generation (RAG) improved the accuracy and reliability of LLM responses by allowing the chatbot to retrieve relevant information before generating answers. The system was deployed on a private local infrastructure using open-source software.
Results: The AI resources enabled the generation of responses based on the institutional website, the extraction of images and PDF content through OCR, and the automated organization of documents by topic. The incorporated natural language processing produced contextualized responses while maintaining chatbot consistency. Communication between backend and frontend components was ensured through APIs, REST endpoints, and HTTP/JSON protocols implemented with RAG and FastAPI. Thus, AI tools supported the development process without replacing the need for students/developers to make technical decisions, perform validations, and continuously adapt the web-based chatbot.
Discussion: Content management with faculty support may allow the system to remain continuously adaptable without requiring constant technical intervention. The main limitations identified were the inability to process images without OCR and difficulties in answering abstract questions based on semantic understanding. From a pedagogical perspective, a user guide and feedback system are planned to help students formulate objective queries. In the future, the academic office may enhance the system by adding documents that address frequently asked student questions.
Conclusion: AI tools successfully supported the development of ISLAbot, enabling students of ISLA Santarém - Polytechnic Institute to obtain information about courses and subjects from the institutional database, including assessment dates, assignment submissions, holidays, internships, and academic regulations.

Keywords: Artificial Intelligence, knowledge base, Chatbots, Academic Virtual Assistants, Big Language Models (LLM), Natural Language Processing.

KEEP CALM, COM O GIT NADA SE PERDE

KEEP CALM, WITH GIT NOTHING IS LOST

[1,2] Marco Tereso; [1,3] António Pratas

[1]ISLA Santarém, Instituto Politécnico; [2]Universidade de Évora, Centro Algoritmi, Vista Lab

[1]marco.tereso@islasantarem.pt, [3]antonio.pratas@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Ferramentas de versionamento são um pilar importante para garantir qualidade, organização e segurança no ciclo de vida de um software. O Git é um Distributed Version Control System (DVCS) projetado para garantir histórico de desenvolvimento, trabalho colaborativo entre membros de equipa, segurança e estabilidade, bem como transparência e auditoria no desenvolvimento de software. Ele utiliza um modelo baseado em snapshots e hashing criptográfico (SHA-1) para assegurar que cada estado do repositório seja imutável e verificável. Através de estruturas como branches, commits, versions e tags, o Git permite isolar linhas de desenvolvimento, facilitar integrações complexas e manter histórico completo de alterações com baixo custo computacional. A sua funcionalidade de merge e rebase oferece flexibilidade para reorganizar o histórico, enquanto o modelo distribuído garante que cada clone contenha todo o repositório, aumentando resiliência e autonomia. Em pipelines modernos, o Git é a espinha dorsal de práticas como CI/CD, GitOps e trunk based development, tornando-se um componente essencial na engenharia de software contemporânea. Este trabalho visa apresentar uma cábula de comandos essenciais no versionamento com recurso ao Git, procurando ser uma ferramenta útil no dia a dia de qualquer utilizador deste DVCS, bem como, para ser utilizado pelos alunos de programação, com vista a facilitar trabalho colaborativo em grupo, dotar os alunos de conhecimentos de ferramentas do mercado de trabalho, bem como, facilitar a aquisição de projetos desenvolvidos nas aulas em conjunto entre docente e alunos.

Método: Como sistema de controlo de versões distribuído, o Git permite que cada programador trabalhe com um repositório completo localmente, garantindo rapidez nas operações e autonomia mesmo sem ligação à rede, além de eliminar bloqueios típicos de sistemas centralizados. A integridade do histórico é assegurada por algoritmos criptográficos (SHA-1/SHA-256), que garantem rastreabilidade, auditoria e proteção contra corrupção de dados, reforçando a confiabilidade do repositório ao longo do tempo. Além disso, a arquitetura distribuída aumenta a resiliência do projeto, já que cada clone funciona como uma cópia de segurança completa, reduzindo riscos de perda de informação e diminuindo custos associados a servidores centrais. O Git foi implementado nas aulas práticas de Unidades Curriculares de programação quer para web quer para mobile, o intuit era procurar a integração de alunos com mais dificuldade na interação com o computador.

Resultados: Em conjunto, estas características tornam o Git uma ferramenta essencial para equipas modernas, suportando práticas como integração contínua, desenvolvimento colaborativo e gestão ágil de projetos. A implementação do Git nas disciplinas de programação, permitiu que alunos com mais dificuldades, provenientes dos países PALOP e que muitas vezes têm acesso a computadores apenas quando chegam a Portugal, pudessem ter uma ferramenta que permitia ir obtendo todas as alterações a partir da clonagem de projetos no repositório do GitHub.

Discussão: O uso do Git como sistema de controlo de versões tem-se consolidado como uma prática central no desenvolvimento moderno de software, não apenas pela sua eficiência técnica, mas também pelo impacto organizacional que produz nas equipas. A natureza distribuída do Git permite que cada programador possua uma cópia completa do repositório, incluindo histórico e metadados. A arquitetura distribuída, descrita por Chacon e Straub, transforma o fluxo de trabalho ao permitir operações locais extremamente rápidas e independentes, reduzindo o tempo de espera e aumentando a produtividade. Além disso, o modelo de snapshots e a utilização de hashes criptográficos garantem integridade e rastreabilidade, assegurando que nada se perde e tudo permanece verificável no histórico, reforçando práticas de auditoria e conformidade. A integração com plataformas como GitHub, GitLab ou Bitbucket amplia ainda mais este ecossistema, introduzindo

mecanismos de revisão de código, *pull requests* e automação de pipelines, que elevam a qualidade do software e promovem práticas de engenharia mais maduras. A sua utilização no contexto de Ensino de Unidades Curriculares de programação, tem se demonstrado uma excelente aposta e trazido muitas vantagens para o desempenho dos alunos.
Conclusão: A curva de aprendizagem pode ser significativa para utilizadores iniciantes, especialmente no que diz respeito a operações avançadas como rebase, resolução de conflitos ou gestão de referências. Além disso, a flexibilidade do sistema pode levar a padrões de uso inconsistentes entre equipas, exigindo a definição de convenções claras e políticas internas. A literatura aponta que a adoção eficaz do Git depende tanto da ferramenta quanto da cultura organizacional que a acompanha. Assim, a formação contínua e a definição de fluxos de trabalho padronizados tornam-se elementos essenciais para maximizar os benefícios da ferramenta. Em síntese, o Git não é apenas um mecanismo de versionamento, mas um pilar estrutural que molda a forma como equipas colaboram, integram e evoluem software. A sua adoção traz ganhos significativos em rastreabilidade, qualidade e eficiência, mas exige maturidade técnica e organizacional para ser plenamente aproveitado. A discussão contemporânea sobre engenharia de software reconhece o Git como uma tecnologia fundamental, cuja relevância ultrapassa a gestão de código e se estende à própria forma como o desenvolvimento é concebido e executado. A implementação do Git nas nossas Unidades Curriculares, tem sido uma mais valia quer na preparação dos alunos para o contexto de desenvolvimento em ambiente colaborativo, que vão encontrar nas empresas, quer para facilitar os alunos provenientes dos países PALOP, que demonstram uma maior dificuldade na interação com o computador e ao nível de datilografia.

Palavras-chave: versionamento de software; DVCS; Git; CI/CD.

Qualidade, Ambiente, Saúde e Segurança no Trabalho

AGENTE BIOLÓGICO HANTAVÍRUS: PREVENÇÃO E VIGILÂNCIA DA EXPOSIÇÃO

HANTAVIRUS AS A BIOLOGICAL AGENT: EXPOSURE PREVENTION AND SURVEILLANCE

[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira

[1,2,3]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [3]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]laurapinheiro01@gmail.com; [2]brunacalado96@gmail.com; [3]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O hantavírus integra um grupo de vírus zoonóticos transmitidos sobretudo por roedores e pode causar doença humana grave, principalmente por inalação de aerossóis contaminados com urina, fezes ou saliva em ambientes fechados, pouco ventilados ou com elevada carga de poeiras. Embora a incidência na população geral seja baixa em muitos contextos europeus, a gravidade clínica potencial justifica a sua consideração como agente biológico relevante em determinados setores profissionais. Este trabalho analisa o hantavírus na perspetiva da exposição ocupacional, articulando medidas de prevenção ambiental e organizacional com vigilância em saúde do trabalhador.
Método: Foi realizada uma revisão narrativa, com base em documentos da Organização Mundial da Saúde, do Centro Europeu de Prevenção e Controlo das Doenças, de autoridades de saúde nacionais e de literatura científica indexada sobre epidemiologia, manifestações clínicas, transmissão e controlo do hantavírus. A análise incidiu sobre vias de transmissão, gravidade da doença, perfis profissionais com maior probabilidade de exposição e estratégias de prevenção e vigilância, com enfoque em agricultura, silvicultura, manutenção, limpeza técnica, armazenagem e gestão de resíduos.
Resultados: A evidência disponível indica que o risco ocupacional é mais relevante em trabalhadores da agricultura, silvicultura, construção, manutenção, limpeza de armazéns, armazenagem e gestão de resíduos, sobretudo quando se manipulam materiais ou poeiras em ambientes com sinais de infestação roedora. A infeção, embora infrequente, pode evoluir para insuficiência respiratória, falência circulatória grave ou lesão renal aguda. A letalidade da síndrome cardiopulmonar por hantavírus é de cerca de 38%, enquanto a da febre hemorrágica com síndrome renal varia entre 1–12%, segundo fontes internacionais. As medidas de prevenção mais consistentes incluem controlo integrado de roedores, vedação de acessos, ventilação prévia de espaços, limpeza húmida em substituição do varrimento a seco, desinfeção de superfícies, armazenamento seguro de alimentos e materiais e uso de equipamento de proteção individual adequado, em especial proteção respiratória. A vigilância em saúde do trabalhador requer integração nas avaliações de risco biológico, formação para reconhecimento de exposições relevantes, notificação interna e encaminhamento clínico orientado.
Discussão: Os resultados reforçam que o hantavírus deve ser encarado como um risco biológico de baixa frequência, mas de elevada consequência, cuja gestão não se reduz à ausência de casos em contexto nacional. A prevenção primária, baseada em controlo ambiental, organização segura do trabalho e procedimentos de limpeza, contribui para reduzir exposições ocupacionais, enquanto a vigilância em saúde do trabalhador permite deteção precoce e resposta clínica adequada.
Conclusão: O hantavírus constitui um risco biológico ocupacional relevante em atividades com mobilização de poeiras em ambientes com presença de roedores silvestres ou domésticos, apesar da baixa incidência global. A sua raridade não justifica a sua exclusão das práticas de saúde e segurança no trabalho, antes reforça a necessidade de uma abordagem integrada que combine controlo ambiental e organizacional, uso adequado de equipamento de proteção individual, formação sistemática dos trabalhadores e vigilância em saúde do trabalhador.

Palavras-chave: Saúde do trabalhador, agentes zoonóticos, roedores, prevenção primária, vigilância epidemiológica, segurança e saúde no trabalho

Abstract

Introduction: Hantavirus belongs to a group of zoonotic viruses transmitted primarily by rodents and can cause severe human disease, mainly through inhalation of aerosols contaminated with urine, feces, or saliva in enclosed, poorly ventilated spaces or with high dust loads. Although incidence in the general population remains low in many European contexts, the potential clinical severity justifies considering it a relevant biological agent in certain professional sectors. This work analyzes hantavirus from the perspective of occupational exposure, integrating environmental and organizational prevention measures with worker health surveillance.
Method: A narrative review was conducted, based on documents from the World Health Organization, the European Centre for Disease Prevention and Control, national health authorities, and indexed scientific literature on epidemiology, clinical manifestations, transmission, and control of hantavirus. The analysis focused on transmission routes, disease severity, professional profiles with higher exposure probability, and prevention and surveillance strategies, with emphasis on agriculture, forestry, maintenance, technical cleaning, warehousing, and waste management.
Results: Available evidence indicates that occupational risk is most relevant among workers in agriculture, forestry, construction, maintenance, warehouse cleaning, warehousing, and waste management, especially when handling materials or dust in environments with signs of rodent infestation. Although uncommon, infection can progress to respiratory failure, severe circulatory failure, or acute renal injury. The case fatality rate of hantavirus cardiopulmonary syndrome is approximately 38%, while that of hemorrhagic fever with renal syndrome ranges from 1% to 12%, according to international sources. Consistent prevention measures include integrated rodent control, sealing access points, prior ventilation of spaces, wet cleaning instead of dry sweeping, surface disinfection, safe storage of food and materials, and use of appropriate personal protective equipment, especially respiratory protection. Worker health surveillance requires integration into biological risk assessments, training to recognize relevant exposures, internal notification, and directed clinical referral.
Discussion: Results reinforce that hantavirus should be regarded as a biological risk of low frequency but high consequence, whose management is not reduced to the absence of cases in the national context. Primary prevention, based on environmental control, safe work organization, and cleaning procedures, contributes to reducing occupational exposures, while worker health surveillance enables early detection and adequate clinical response.
Conclusion: Hantavirus constitutes a relevant occupational biological risk in activities involving dust mobilization in environments with wild or domestic rodents, despite low global incidence. Its rarity does not justify excluding it from occupational health and safety practices; rather, it reinforces the need for an integrated approach combining environmental and organizational control, appropriate use of personal protective equipment, systematic worker training, and worker health surveillance.

Keywords: Occupational health, zoonotic agents, rodents, primary prevention, epidemiological surveillance, occupational health and safety

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RADÃO EM AMBIENTES DOMÉSTICOS E OS SEUS IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA

ASSESSMENT OF EXPOSURE TO RADON IN DOMESTIC ENVIRONMENTS AND ITS IMPACTS ON PUBLIC HEALTH

[1] Maria Edite Carvalho; [2] Nuno Nogueira

[1,2] ISLA Santarém – Instituto Politécnico 1; [2] ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1] mariashipare@gmail.com; [2] nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O radão é um gás radioativo de origem natural, incolor e inodoro, decorrente da desintegração do urânio presente nos solos e nas rochas graníticas. A acumulação deste gás no interior de edifícios residenciais representa um grave problema de saúde pública, sendo apontado como a segunda principal causa de cancro do pulmão na população em geral. Os objetivos deste trabalho consistem em avaliar os níveis de concentração de radão em habitações localizadas em zonas de elevado risco geológico, e identificar os principais fatores construtivos que favorecem a sua acumulação em ambientes interiores.

Método: A metodologia baseou-se na realização de um estudo num conjunto de habitações familiares. Foram selecionados sete participantes voluntários, proprietários de imóveis, constituindo a amostra final do estudo. A recolha de dados foi efetuada através da instalação de detetores passivos de traços nucleares em cada habitação, localizados nos quartos e em salas de estar, durante um período de três meses correspondente à época de inverno. Complementarmente, aplicou-se um questionário aos participantes para caraterizar os materiais de construção, os hábitos de ventilação e o ano de construção dos imóveis.

Resultados: Os resultados obtidos revelaram que 28,6% das habitações analisadas apresentaram concentrações médias de radão superiores ao nível de referência legal - 300Bq/m^3. Os valores mais elevados foram registados nos pisos inferiores, nomeadamente em caves e rés do chão. Verificou-se também uma correlação direta entre a ausência de isolamento nas fundações e os níveis elevados de gás detetados.

Discussão: A comparação destes resultados com investigações anteriores demonstra uma tendência consistente, confirmando que as caraterísticas geológicas do solo são o fator mais importante para a presença de radão. O presente estudo acrescenta conhecimento ao demonstrar que mesmo edifícios de construção recente, se desprovidos de barreiras anti-radão eficazes, podem exibir taxas de acumulação. Estes avanços no conhecimento realçam a necessidade de atualizar regulamentos de construção civil, particularmente em zonas de risco.

Conclusão: Este estudo é fundamental porque evidencia a necessidade de implementar programas de monitorização contínua e estratégias arquitetónicas para proteger a saúde das populações expostas. Os dados obtidos respondem diretamente ao objetivo inicial, e sugerem que para a mitigação do risco torna-se necessário uma combinação de ventilação eficiente e isolamento estrutural nas fundações.

Palavras-chave: Radão, Saúde pública, Concentração em interiores, Riscos geológicos, Cancro do pulmão.

Abstract

Introduction: Radon is a naturally occurring radioactive gas, colorless and odorless, resulting from the decay of uranium present in soils and granitic rocks. The accumulation of this gas inside residential buildings represents a serious public health concern and is identified as the second leading cause of lung cancer in the general population. The objectives of this study are to assess radon concentration levels in homes located in areas of high geological risk and to identify the main construction-related factors that promote its accumulation in indoor environments.

Method: The methodology was based on a study conducted in a set of family homes. Seven volunteer participants, all property owners, were selected, constituting the final sample. Data collection was carried out through the installation of passive nuclear track detectors in each dwelling, placed in bedrooms and living rooms for a three-month period corresponding to the winter season. Additionally, a questionnaire was administered to participants to characterize construction materials, ventilation habits, and the year of construction of the buildings.
Results: The results showed that 28.6% of the analyzed homes had average radon concentrations above the legal reference level of 300 Bq/m³. The highest values were recorded on lower floors, particularly in basements and ground floors. A direct correlation was also observed between the absence of foundation insulation and elevated levels of detected gas.
Discussion: Comparison with previous studies reveals a consistent trend, confirming that geological soil characteristics are the most important factor influencing radon presence. This study adds to existing knowledge by demonstrating that even recently constructed buildings, if lacking effective radon barriers, may exhibit significant accumulation rates. These findings highlight the need to update building regulations, particularly in high-risk areas.
Conclusion: This study underscores the need to implement continuous monitoring programs and architectural strategies to protect the health of exposed populations. The data directly address the initial objectives and suggest that effective risk mitigation requires a combination of adequate ventilation and structural insulation at the foundation level.

Keywords: Radon, Public health, Indoor concentration, Geological risks, Lung cancer

AVALIAÇÃO DE RISCOS E ANÁLISE ERGONÓMICA NUMA ESTRUTURA RESIDENCIAL PARA PESSOAS IDOSAS

OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT AND ERGONOMIC ANALYSIS IN A NURSING HOME

[1] Sara Nordeste; [2] António Ribeiro

[1,2] ISLA Santarém – Instituto Politécnico

[1]sara.nordeste@gmail.com; [2]antonio.ribeiro@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: As Estruturas Residenciais para Pessoas Idosas (ERPI) constituem ambientes de trabalho com elevada exigência física e psicossocial. Os trabalhadores destas unidades estão expostos a múltiplos riscos profissionais, nomeadamente de natureza biomecânica, biológica e organizacional, que carecem de avaliação sistemática e medidas preventivas adequadas. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação abrangente dos riscos profissionais e uma análise ergonómica das principais tarefas realizadas pelos trabalhadores da Residência caso de estudo.

Método: O estudo foi desenvolvido numa ERPI com cerca de 40 residentes e 19 colaboradores. A metodologia adotada incluiu a aplicação da Metodologia de Avaliação de Riscos e Acidentes de Trabalho (MARAT) para identificação e avaliação de riscos profissionais, e para a análise ergonómica o método Rapid Entire Body Assessment (REBA) que avalia a postura por segmentos corporais e classifica o nível de risco. Foram analisadas quatro tarefas críticas identificadas por observação direta: apoio no banho, higienização, transferência de utentes e apoio na alimentação.

Resultados: A aplicação do MARAT permitiu identificar e avaliar 75 riscos profissionais distribuídos pelas diferentes áreas e funções da ERPI. Os riscos biomecânicos e biológicos foram os mais prevalentes, com particular incidência nas funções de auxiliar de ação direta. A aplicação do método REBA revelou pontuações de risco muito elevado nas tarefas de apoio no banho (REBA = 13), higienização (REBA = 12) e transferência de residentes (REBA = 13), classificadas com intervenção urgente necessária. As principais determinantes posturais identificadas foram a flexão do tronco superior a 60°, a aplicação de carga entre 50 e 70 kg sem recurso a gruas de transferência, e a manutenção de posturas combinadas durante períodos prolongados. A tarefa de apoio na alimentação registou uma pontuação de risco moderado (REBA=6), associada essencialmente a postura estática prolongada.

Discussão: O método permitiu identificar os riscos profissionais, contribuindo para uma visão holística das condições de trabalho, evidenciando os riscos biomecânicos como um dos mais impactantes nos profissionais. Os resultados obtidos são consistentes com a literatura científica sobre riscos profissionais em contexto geriátrico, que destaca a elevada prevalência (40-60%) de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho neste setor. A ausência de gruas de transferência e de camas reguláveis em altura constitui o principal fator agravante, forçando os trabalhadores a adotar posturas extremas em cada interação com os utentes, reforçando a necessidade de intervenção ao nível de equipamentos, da organização de trabalho e da formação em movimentação manual de cargas (MMC).

Conclusão: O presente trabalho demonstra a importância da avaliação sistemática de riscos em ERPI, evidenciando que a combinação de metodologias como a MARAT e a REBA permite quantificar os riscos biomecânicos, a identificação de situações críticas e a priorização de medidas preventivas. Os resultados obtidos confirmam a existência de risco biomecânico muito elevado nas tarefas de cuidados diretos na Residência, com particular urgência de intervenção nas atividades desenvolvidas pelos auxiliares de ação direta da ERPI, através da implementação do plano prevenção proposto.

Palavras-chave: Movimentação manual de cargas; riscos biomecânicos; Método MARAT; Ferramenta REBA.

Abstract

Introduction: Residential Care Homes for the Elderly (ERPI) constitute work environments with high physical and psychosocial demands. Workers in these units are exposed to multiple occupational risks, namely biomechanical, biological, and organizational, which require systematic assessment and adequate preventive measures. This study aimed to conduct a comprehensive assessment of occupational risks and an ergonomic analysis of the primary tasks performed by workers at the case study Residence.

Method: The study was developed within the scope of a curricular internship, as part of the PostGraduate Studies in Occupational Health and Safety, carried out at Residência Tamarix, an Nursing Home with approximately 40 residents and 19 workers. The methodology adopted included the application of the Work Accident and Risk Assessment Methodology (MARAT) to identify and evaluate occupational risks across all functional areas of the facility, and, for the ergonomic analysis, the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method, which evaluates posture by body segment and classifies the risk level on a scale from 1 to 15. Four critical tasks identified through direct observation were analysed: bathing assistance, hygiene care, resident transfers, and feeding support.

Results: The application of MARAT identified and assessed 75 occupational risks distributed across the different areas and functions of the ERPI. Biomechanical and biological risks were the most prevalent, with a particular incidence among direct care assistants. The application of the REBA method revealed very high risk scores for bathing assistance (REBA = 13), hygiene care (REBA = 12), and resident transfers (REBA = 13), classified as an action level requiring immediate intervention. The main postural determinants identified were trunk flexion exceeding 60°, load application between 50 and 70 kg without the use of transfer hoists, and the maintenance of combined postures over prolonged periods. Feeding support recorded a moderate risk score (REBA = 6), primarily associated with prolonged static posture.

Discussion: The MARAT analysis contributed to identifying occupational risks, providing a holistic view of working conditions and highlighting biomechanical risks as among the most impactful for Nursing Home professionals. The results obtained are consistent with the scientific literature on occupational risks in geriatric care settings, which highlights the high prevalence of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) in this sector (40–60%). The absence of transfer hoists and height-adjustable beds constitutes the primary aggravating factor, forcing workers to adopt extreme postures during every interaction with residents, reinforcing the need for structural intervention at the level of equipment, work organisation, and manual handling training.

Conclusion: This study demonstrates the importance of systematic risk assessment in Residential Care Homes (ERPI), highlighting that the combination of methodologies such as MARAT and REBA allows for the quantification of biomechanical risks, the identification of critical situations, and the prioritization of preventive measures. The results confirm the existence of a very high biomechanical risk in direct care tasks at the Residence, with an urgent need for intervention in the activities performed by direct care workers through the implementation of the proposed prevention plan.

Keywords: Manual handling of loads; biomechanical risks; MARAT Method; REBA Tool.

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A FUNGICIDAS DITIOCARBAMATOS EM TRABALHADORAS RURAIS

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO DITHIOCARBAMATE FUNGICIDES IN RURAL WOMEN WORKERS

[1] Judite Monteiro; [2] Miguel Augusto; [3] Paula Mbenza; [4] Victoria Mayendaz; [5] Nuno Nogueira

[1,2,3,4,5] ISLA Santarém – Instituto Politécnico 1; [5]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]monteirojudite007@gmail.com; [2]augusto.miguel1979@gmail.com; [3]pauladejesusruthmbeza@gmail.com; [4]victoriapemba20@icloud.com; [5]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: Trabalhadoras rurais em Portugal enfrentam exposição ocupacional significativa a fungicidas ditiocarbamatos em culturas de elevado valor comercial, nomeadamente tomate, pera e vinha. Estes compostos atuam como disruptores endócrinos, afetando a fertilidade e a saúde reprodutiva, mas permanecem não reconhecidos como doenças profissionais. Este trabalho pretende documentar um problema ocupacional de elevada relevância e baixa visibilidade, caraterizado por obstáculos ao diagnóstico e ao reconhecimento.

Método: Revisão de literatura narrativa, baseada na análise de quatro eixos temáticos: caraterização da exposição ocupacional no distrito de Santarém; sistematização da evidência científica sobre mecanismos de disrupção endócrina e patologias reprodutivas; análise das lacunas regulatórias portuguesas; e recomendações relativas a formação, vigilância biológica e proteção reprodutiva baseadas em normas internacionais.

Resultados: Observou-se uma exposição ocupacional relevante nas culturas de tomate, pera e vinha no distrito de Santarém, em contextos marcados pela elevada presença de mulheres sazonais e migrantes, frequentemente sem contratação documentada e com acesso limitado à vigilância de saúde. A literatura analisada sugere disrupção endócrina associada aos fungicidas ditiocarbamatos, com efeitos sobre a função tiroideia, o ciclo menstrual, a fertilidade e o risco de aborto espontâneo. Verificou-se ainda a inexistência de patologias reprodutivas na lista portuguesa de doenças profissionais, bem como limitações na vigilância ativa destes casos.

Discussão: A subnotificação de doença ocupacional em trabalhadoras rurais parece refletir fatores estruturais. A comparação com programas como o AGRICAN e a norma de proteção laboral da EPA sugere que a vigilância epidemiológica ativa é exequível em contextos europeus. Em Portugal, a ausência de enquadramento específico para efeitos reprodutivos constitui uma lacuna relevante, sobretudo num setor marcado por desigualdades de género e vulnerabilidade laboral. O reconhecimento destas patologias como doenças profissionais poderia reforçar a proteção da saúde ocupacional e melhorar o enquadramento legal aplicável.

Conclusão: Sugere-se a implementação de vigilância epidemiológica ativa, biomonitorização sistemática, revisão da legislação para incluir patologias reprodutivas e reforço do acesso à medicina do trabalho em zonas rurais. São medidas importantes para melhorar a deteção e o reconhecimento da doença ocupacional neste contexto.

Palavras-chave: ditiocarbamatos, disrupção endócrina, saúde reprodutiva ocupacional, desigualdades de género, trabalhadoras migrantes, vigilância epidemiológica

Abstract

Introduction: Rural female workers in Portugal face significant occupational exposure to dithiocarbamate fungicides in high-value crops, particularly tomatoes, pears, and vineyards. These compounds act as endocrine disruptors, affecting fertility and reproductive health, yet they remain unrecognized as occupational diseases. This study aims to document an occupational issue of high relevance and low visibility, characterized by barriers to diagnosis and recognition.

Methods: A narrative literature review was conducted, based on the analysis of four thematic axes: characterization of occupational exposure in the Santarém district; systematization of scientific evidence on endocrine disruption mechanisms and reproductive pathologies; analysis of regulatory gaps in Portugal; and recommendations regarding training, biological monitoring, and reproductive protection based on international standards.

Results: Relevant occupational exposure was observed in tomato, pear, and vineyard crops in the Santarém district, in contexts marked by a high presence of seasonal and migrant women, often without formal employment contracts and with limited access to health surveillance. The reviewed literature suggests endocrine disruption associated with dithiocarbamate fungicides, with effects on thyroid function, menstrual cycle, fertility, and risk of spontaneous abortion. It was also noted that reproductive pathologies are absent from the Portuguese list of occupational diseases, along with limitations in the active surveillance of such cases.

Discussion: The underreporting of occupational disease among rural female workers appears to reflect structural factors. Comparison with programs such as AGRICAN and EPA worker protection standards suggests that active epidemiological surveillance is feasible in European contexts. In Portugal, the lack of a specific framework addressing reproductive effects constitutes a significant gap, particularly in a sector marked by gender inequalities and labor vulnerability. Recognizing these pathologies as occupational diseases could strengthen occupational health protection and improve the applicable legal framework.

Conclusion The implementation of active epidemiological surveillance, systematic biomonitoring, legislative revision to include reproductive pathologies, and improved access to occupational health services in rural areas is recommended. These measures are important to enhance the detection and recognition of occupational disease in this context.

Keywords: dithiocarbamates, endocrine disruption, occupational reproductive health, gender inequalities, migrant women workers, epidemiological surveillance

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO MANCOZEBE NA CULTURA DO TOMATE EM PORTUGAL: RISCOS E LACUNAS NA MONITORIZAÇÃO PÓS-PROIBIÇÃO

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO MANCOZEB IN TOMATO CULTIVATION IN PORTUGAL: RISKS AND GAPS IN POST-BAN MONITORING

[1] Judite Monteiro; [2] Miguel Augusto; [3] Paula Mbenza; [4] Victoria Mayendaz; [5] Nuno Nogueira

[1,2,3,4,5]ISLA Santarém – Instituto Politécnico 1; [5]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]monteirojudite007@gmail.com; [2]augusto.miguel1979@gmail.com; [3]pauladejesusruthmbeza@gmail.com; [4]victoriapemba20@icloud.com; [5]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A cultura do tomate em Portugal recorreu historicamente ao mancozebe, um fungicida pertencente ao grupo dos ditiocarbamatos do tipo etileno-bis, amplamente utilizado no controlo de doenças fúngicas. Este composto foi proibido na União Europeia, tendo sido fixado em Portugal o prazo limite de 4 de janeiro de 2022 para o escoamento e armazenamento de existências. Embora esta medida tenha reduzido significativamente a exposição ocupacional futura, não elimina potenciais efeitos adversos na saúde resultantes de exposições passadas. Desenvolvimentos regulatórios recentes reintroduziram incerteza quanto ao seu enquadramento, reforçando a necessidade de uma avaliação atualizada dos riscos ocupacionais associados. O presente trabalho tem como objetivo caraterizar o perfil toxicológico do mancozebe, identificar as principais vias de exposição ocupacional na cultura do tomate em Portugal, analisar os limites de exposição aplicáveis, descrever os efeitos adversos associados e evidenciar lacunas na monitorização após a sua proibição.

Método: Realizou-se uma revisão narrativa da literatura com base em fontes científicas internacionais integrando estudos epidemiológicos, avaliações toxicológicas e documentação de agências reguladoras. Foram ainda analisados diplomas legais nacionais e europeus relativos à proteção da saúde dos trabalhadores e ao reconhecimento de doenças profissionais. A síntese incidiu nas vias de exposição, limites de exposição existentes, perfil toxicológico do mancozebe e do seu principal metabolito, etilenotioureia, e enquadramento legal aplicável.

Resultados: O mancozebe apresenta evidência de toxicidade reprodutiva e potencial disrupção endócrina, atribuída sobretudo ao metabolito etilenotioureia. A via dérmica constitui a principal via de exposição na cultura do tomate, particularmente durante a aplicação e reentrada em áreas tratadas. Não existe valor limite de exposição profissional específico estabelecido na legislação europeia ou nacional. Avaliações de risco indicam que níveis de exposição ocupacional podem exceder valores de referência em determinados cenários, mesmo com utilização de equipamento de proteção individual. Entre os efeitos adversos descritos destacam-se alterações da função tiroideia e associações reportadas entre exposição a pesticidas e doença de Parkinson. Estas condições não estão explicitamente incluídas na lista oficial de doenças profissionais em Portugal. Observa-se ainda uma elevada subnotificação no setor agrícola e ausência de estudos nacionais de coorte com biomonitorização específica para este agente.

Discussão: Os achados são consistentes com a evidência internacional e sugerem a existência de fatores contextuais em Portugal que podem influenciar a exposição, incluindo condições climáticas favoráveis à absorção cutânea, predominância em pequenas explorações agrícolas e limitações na cobertura de serviços de saúde e segurança no trabalho. A ausência de dados epidemiológicos nacionais dificulta a avaliação do impacto real na saúde dos trabalhadores e o enquadramento adequado em termos de reconhecimento de doença profissional.

Conclusão: Os trabalhadores agrícolas com exposição histórica ao mancozebe poderão constituir uma população em risco de efeitos adversos de manifestação tardia. Os resultados evidenciam a necessidade de reforçar a investigação epidemiológica em contexto nacional, nomeadamente

através de estudos de biomonitorização longitudinal, bem como de reavaliar os mecanismos de vigilância da saúde e reconhecimento de doenças profissionais no setor agrícola.

Palavras-chave: Mancozebe, exposição ocupacional, cultura do tomate, ditiocarbamatos, doenças profissionais, biomonitorização.

Abstract

Introduction: Tomato cultivation in Portugal has historically relied on mancozeb, a fungicide belonging to the ethylene-bis dithiocarbamate (EBDC) group and widely used to control fungal diseases. This compound was banned in the European Union, and in Portugal the deadline for the clearance and storage of existing stocks was set at 4 January 2022. Although this measure significantly reduced future occupational exposure, it does not eliminate potential health effects resulting from past exposures. Recent regulatory developments have reintroduced uncertainty regarding its legal status, reinforcing the need for an updated assessment of the associated occupational risks. This study aims to characterize the toxicological profile of mancozeb, identify the main occupational exposure routes in tomato cultivation in Portugal, analyze applicable exposure limits, describe associated adverse effects, and highlight gaps in post-ban monitoring.
Methods: A narrative literature review was conducted based on international scientific sources, integrating epidemiological studies, toxicological assessments, and regulatory agency documentation. National and European legal instruments related to worker health protection and the recognition of occupational diseases were also analyzed. The synthesis focused on exposure pathways, existing exposure limits, the toxicological profile of mancozeb and its main metabolite, ethylenethiourea, and the applicable legal framework.
Results: Mancozeb shows evidence of reproductive toxicity and potential endocrine disruption, largely attributed to its metabolite ethylenethiourea. Dermal exposure is the main route in tomato cultivation, particularly during application and re-entry into treated areas. No specific occupational exposure limit has been established in European or national legislation. Risk assessments indicate that occupational exposure levels may exceed reference values in certain scenarios, even when personal protective equipment is used. Reported adverse effects include thyroid function alterations and associations between pesticide exposure and Parkinson's disease. These conditions are not explicitly included in Portugal's official list of occupational diseases. There is also substantial underreporting in the agricultural sector and a lack of national cohort studies with biomonitoring specifically targeting this agent.
Discussion: The findings are consistent with international evidence and suggest the presence of contextual factors in Portugal that may influence exposure, including climatic conditions favorable to dermal absorption, the predominance of small farms, and limited access to occupational health and safety services. The absence of national epidemiological data makes it difficult to assess the true health impact on workers and to appropriately frame the issue in terms of occupational disease recognition. **Conclusion:** Agricultural workers with historical exposure to mancozeb may constitute a population at risk for delayed adverse health effects. The results underscore the need to strengthen national epidemiological research, particularly through longitudinal biomonitoring studies, and to reassess health surveillance mechanisms and occupational disease recognition in the agricultural sector.

Keywords: Mancozeb; occupational exposure; tomato cultivation; dithiocarbamates; occupational diseases; biomonitoring.

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO XILENO EM LOJAS DE CONVENIÊNCIA DE POSTOS DE ABASTECIMENTO: EVIDÊNCIA E LACUNAS EM PORTUGAL

EXPOSURE TO XYLENE IN CONVENIENCE STORES AT FUEL STATIONS: EVIDENCE AND GAPS IN PORTUGAL

[1] Telmo Piedade; [2] Ainá Ungaro; [3] Natália Cantemir; [4] Marisa Mendonça; [5] Maria Carvalho; [6] Nuno Nogueira

[1,2,3,4,5,6]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [6]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]telmowcp@sapo.pt; [2]massada.aina@outlook.com; [3]cantemirn@gmail.com
[4]marisaalvesmendonca@gmail.com; [5]mariashipare@gmail.com ;
[6]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: O xileno é um composto orgânico volátil presente na gasolina em concentrações até dez por cento em peso. A exposição ao xileno pode causar efeitos irritativos agudos e efeitos sistémicos após exposição prolongada ou repetida. Os valores-limite de exposição ocupacional europeus para o xileno, fixados em cinquenta partes por milhão para oito horas, foram estabelecidos para cenários industriais e não para microambientes interiores como lojas de conveniência anexas a postos de abastecimento. Trabalhadores destes espaços semifechados podem estar expostos por inalação contínua durante turnos prolongados, sem que essa exposição seja reconhecida ou monitorizada. Este estudo teve como objetivo identificar a evidência científica sobre exposição ocupacional ao xileno em lojas de conveniência, com foco específico em Portugal.

Método: A metodologia baseou-se numa revisão de literatura, utilizando os termos xileno, compostos orgânicos voláteis, posto de abastecimento, loja de conveniência, ar interior e exposição ocupacional. Não foram aplicadas restrições temporais ou idiomáticas. A análise teve como objetivo identificar a existência ou ausência de estudos primários sobre exposição ao xileno em lojas de conveniência, com especial relevância para a realidade portuguesa.

Resultados: Não foi encontrado qualquer estudo que tivesse medido xileno no ar interior de lojas de conveniência em Portugal ou realizado biomonitorização do ácido metilhipúrico urinário nestes trabalhadores. Dois estudos internacionais preencheram os critérios. Um estudo internacional com trezentos e oitenta e quatro trabalhadores de vinte e um postos mostrou que funcionários de lojas de conveniência apresentavam níveis urinários de biomarcadores de exposição ao xileno superiores aos dos gasolineiros ao ar livre, apesar de não manusearem diretamente combustíveis. Outro estudo internacional demonstrou que lojas localizadas a menos de oito metros dos dispensadores apresentavam índice de perigo acima dos valores definidos no plano de segurança.

Discussão: Os resultados confirmam a ausência de investigação portuguesa sobre exposição ao xileno em lojas de conveniência. Este cenário contrasta com a evidência internacional, que sugere que a inalação contínua em espaço interior pode representar risco igual ou superior ao da exposição intermitente ao ar livre. O estudo documenta formalmente esta lacuna na vigilância nacional e questiona a suposição de que o afastamento do manuseamento direto de combustíveis confere proteção. A ausência de dados não implica ausência de risco.

Conclusão: Os dados disponíveis indicam uma lacuna relevante na investigação sobre exposição ao xileno em lojas de conveniência, particularmente em Portugal. Apesar do reconhecimento do xileno como risco ocupacional na Europa e em Portugal, persistem limitações na sua avaliação em contextos de trabalho interior adjacentes a postos de abastecimento. São necessários estudos nacionais com amostragem do ar interior e biomonitorização urinária, bem como uma reavaliação das condições de ventilação destes espaços.

Palavras-chave: xileno, saúde ocupacional, lojas de conveniência, postos de abastecimento, compostos orgânicos voláteis, qualidade do ar interior.

Abstract

Introduction: Xylene is a volatile organic compound present in gasoline at concentrations of up to ten percent by weight. Exposure to xylene may cause acute irritative effects and systemic effects after prolonged or repeated exposure. European occupational exposure limit values for xylene, set at fifty parts per million over eight hours, were established for industrial settings and not for indoor microenvironments such as convenience stores attached to fuel stations. Workers in these semi-enclosed spaces may be continuously exposed through inhalation during long shifts without this exposure being recognized or monitored. This study aimed to identify the scientific evidence on occupational exposure to xylene in convenience stores, with a specific focus on Portugal.

Methods: The methodology was based on a literature review using the terms xylene, volatile organic compounds, fuel station, convenience store, indoor air, and occupational exposure. No time or language restrictions were applied. The analysis sought to identify the presence or absence of primary studies on xylene exposure in convenience stores, with particular relevance to the Portuguese context.

Results: No study was found that measured xylene in the indoor air of convenience stores in Portugal or that performed biomonitoring of urinary methylhippuric acid in these workers. Two international studies met the criteria. One international study with 384 workers from 21 stations showed that convenience store employees had urinary levels of xylene exposure biomarkers higher than those of outdoor gas station attendants, despite not directly handling fuels. Another international study showed that stores located less than eight meters from the dispensers had a hazard index above the values defined in the safety plan.

Discussion: The findings confirm the absence of Portuguese research on xylene exposure in convenience stores. This scenario contrasts with international evidence suggesting that continuous inhalation in indoor spaces may pose a risk equal to or greater than intermittent outdoor exposure. The study formally documents this gap in national surveillance and challenges the assumption that being away from direct fuel handling provides protection. The absence of data does not imply the absence of risk.

Conclusion: The available data indicate a relevant research gap regarding xylene exposure in convenience stores, particularly in Portugal. Despite xylene being recognized as an occupational hazard in Europe and Portugal, limitations remain in its assessment in indoor workplaces adjacent to fuel stations. National studies with indoor air sampling and urinary biomonitoring are needed, along with a reassessment of ventilation conditions in these spaces.

Keywords: xylene, occupational health, convenience stores, fuel stations, volatile organic compounds, indoor air quality.

MIOCLONIAS DO SONO E RISCOS PSICOSSOCIAIS NO TRABALHO: INTEGRAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA E OCUPACIONAL

SLEEP MYOCLONUS AND PSYCHOSOCIAL RISKS AT WORK: NEUROPHYSIOLOGICAL AND OCCUPATIONAL INTEGRATION

[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira

[1,2,3]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [3]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]laurapinheiro01@gmail.com; [2]brunacalado96@gmail.com; [3]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: As mioclonias do sono, também designadas por espasmos hipnagógicos ou hypnic jerks, correspondem a contrações musculares súbitas, breves e involuntárias que ocorrem na transição entre a vigília e o início do sono. Na maioria dos casos, trata-se de um fenómeno fisiológico benigno e frequente na população geral. Ainda assim, a sua ocorrência pode ser mais notada em situações de stresse, ansiedade, fadiga e privação de sono, condições que assumem particular relevância em contextos de trabalho expostos a riscos psicossociais. Este trabalho teve como objetivo descrever as bases neurofisiológicas das mioclonias do sono e sistematizar a relação entre esse fenómeno e os riscos psicossociais no trabalho.

Método: Foi realizada uma revisão narrativa da literatura, com consulta de artigos originais, revisões, consensos clínicos e documentos técnicos sobre medicina do sono e saúde ocupacional. A pesquisa incidiu sobre publicações relacionadas com mioclonias do sono, *hypnic jerks*, stresse, ansiedade, fadiga, privação de sono e riscos psicossociais no trabalho. Foram privilegiadas fontes com enquadramento fisiológico e clínico, em adultos, permitindo integrar evidência recente com conhecimento consolidado. A análise foi qualitativa e baseada em síntese temática dos principais pontos convergentes identificados na literatura consultada.

Resultados: A literatura mostra que as mioclonias do sono resultam de uma ativação motora transitória durante a passagem para o sono, associada a alterações momentâneas na regulação do relaxamento muscular. Em geral, são interpretadas como uma resposta fisiológica normal da fase inicial do adormecimento. Os fatores mais frequentemente associados a uma maior ocorrência incluem stresse psicológico, ansiedade, privação de sono, consumo excessivo de cafeína, fadiga física e irregularidade dos horários de descanso. Em contexto de trabalho, estas manifestações tendem a surgir com maior frequência em trabalhadores expostos a carga mental, agressão verbal, agressão física e insatisfação. Embora benignas, podem provocar desconforto, dificuldade em adormecer e perceção de sono não reparador.

Discussão: Os resultados confirmam que as mioclonias do sono devem ser entendidas, na maioria dos casos, como um fenómeno fisiológico de transição sono-vigília, e não como expressão de patologia neurológica. A literatura disponível também sugere que a sua frequência ou perceção pode ser modulada por condições associadas à má recuperação do sono e ao stresse. A contribuição deste trabalho não reside na demonstração de uma relação causal nova, mas na sistematização de uma relação dispersa entre mioclonias do sono e riscos psicossociais no trabalho. Ao reunir estas dimensões num mesmo enquadramento, o estudo ajuda a clarificar um tema pouco articulado na literatura e reforça a importância da higiene do sono, da gestão da fadiga e da vigilância dos riscos psicossociais em contexto de trabalho.

Conclusão: As mioclonias do sono devem ser compreendidas como um fenómeno fisiológico benigno, cuja expressão pode ser influenciada por riscos psicossociais no trabalho. A importância deste estudo reside em integrar a dimensão neurofisiológica com a ocupacional, contribuindo para uma leitura mais completa da interação entre stresse no trabalho, qualidade do sono e bem-estar dos trabalhadores.

Palavras-chave: mioclonias do sono, espasmos hipnagógicos, riscos psicossociais, saúde ocupacional, higiene do sono

Abstract

Introduction: Sleep myoclonus, also designated as hypnagogic spasms or hypnic jerks, corresponds to sudden, brief, and involuntary muscle contractions occurring during the transition between wakefulness and sleep onset. In most cases, it is a benign and frequent physiological phenomenon in the general population. Nevertheless, its occurrence may be more noticeable in situations of stress, anxiety, fatigue, and sleep deprivation, conditions that assume particular relevance in work contexts exposed to psychosocial risks. This work aimed to describe the neurophysiological basis of sleep myoclonus and systematize the relationship between this phenomenon and psychosocial risks at work.
Method: A narrative literature review was conducted, consulting original articles, reviews, clinical consensus, and technical documents on sleep medicine and occupational health. The research focused on publications related to sleep myoclonus, hypnic jerks, stress, anxiety, fatigue, sleep deprivation, and psychosocial risks at work. Sources with physiological and clinical framing in adults were prioritized, allowing integration of recent evidence with consolidated knowledge. The analysis was qualitative and based on thematic synthesis of the main convergent points identified in the literature consulted.
Results: The literature shows that sleep myoclonus results from transient motor activation during the passage into sleep, associated with momentary alterations in the regulation of muscle relaxation. Generally, it is interpreted as a normal physiological response of the initial sleep onset phase. The factors most frequently associated with increased occurrence include psychological stress, anxiety, sleep deprivation, excessive caffeine consumption, physical fatigue, and irregularity of rest schedules. In work contexts, these manifestations tend to occur more frequently in workers exposed to mental load, verbal aggression, physical aggression, and dissatisfaction. Although benign, they may cause discomfort, difficulty falling asleep, and perception of non-restorative sleep.
Discussion: The results confirm that sleep myoclonus should be understood, in most cases, as a physiological sleep-wake transition phenomenon, and not as an expression of neurological pathology. The available literature also suggests that its frequency or perception may be modulated by conditions associated with poor sleep recovery and stress. The contribution of this work does not lie in demonstrating a new causal relationship, but in systematizing a dispersed relationship between sleep myoclonus and psychosocial risks at work. By bringing these dimensions together in the same framework, the study helps clarify a poorly articulated topic in the literature and reinforces the importance of sleep hygiene, fatigue management, and vigilance of psychosocial risks in work contexts.
Conclusion: Sleep myoclonus should be understood as a benign physiological phenomenon, whose expression may be influenced by psychosocial risks at work. The importance of this study lies in integrating the neurophysiological dimension with the occupational one, contributing to a more complete reading of the interaction between work stress, sleep quality, and worker well-being.

Keywords: sleep myoclonus, hypnagogic spasms, psychosocial risks, occupational health, sleep hygiene

NEUROINFLAMAÇÃO E MICROBIOMA INTESTINAL NA FADIGA NO TRABALHO: IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

NEUROINFLAMMATION AND THE GUT MICROBIOME IN WORK-RELATED FATIGUE: IMPLICATIONS FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

[1] Laura Pinheiro; [2] Bruna Calado; [3] Nuno Nogueira

[1,2,3]ISLA Santarém – Instituto Politécnico; [3]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]laurapinheiro01@gmail.com; [2]brunacalado96@gmail.com; [3]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A fadiga no trabalho é frequentemente associada à privação de sono, à intensidade das tarefas e à organização do tempo de trabalho. No entanto, a literatura recente sugere que este quadro pode também envolver neuroinflamação e alterações do eixo intestino-cérebro relacionadas com o microbioma intestinal. Estas alterações têm sido associadas a cansaço persistente, dificuldade de concentração, lentificação cognitiva e redução da capacidade funcional. Em contexto de trabalho, estes efeitos podem comprometer a atenção, o tempo de reação e a tomada de decisão, com impacto na segurança e no desempenho. O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre neuroinflamação, microbioma intestinal e fadiga no trabalho, discutindo as suas implicações para a segurança e saúde no trabalho.

Método: Foi realizada uma revisão narrativa da literatura sobre fadiga persistente, microbioma intestinal, neuroinflamação e desempenho humano, complementada com publicações sobre segurança e saúde no trabalho e sobre o impacto da fadiga no desempenho seguro. Foram considerados artigos de revisão, estudos observacionais e textos técnico-científicos que abordam a relação entre alterações biológicas associadas à fadiga e manifestações funcionais relevantes para o contexto de trabalho. Por se tratar de uma revisão narrativa, não houve participantes, amostra empírica nem recolha direta de dados, tendo a análise assentado na integração crítica da evidência disponível.

Resultados: A literatura analisada mostra que a fadiga pode estar associada a alterações do microbioma intestinal, menor diversidade microbiana, inflamação sistémica de baixo grau e manifestações neurocognitivas, como menor clareza mental, redução da atenção e diminuição da capacidade de resposta. Em paralelo, a evidência em segurança e saúde no trabalho indica que a fadiga no trabalho compromete o desempenho físico e cognitivo, aumenta o tempo de reação e favorece erros de julgamento. Estes efeitos podem contribuir para a ocorrência de acidentes de trabalho, sobretudo em atividades que exigem vigilância contínua, precisão ou resposta rápida. A literatura sugere ainda que a fadiga pode coexistir com carga mental e insatisfação, agravando a vulnerabilidade do trabalhador em diferentes contextos de trabalho.

Discussão: Os resultados são coerentes com estudos que associam disbiose intestinal, inflamação de baixo grau e alterações do eixo intestino-cérebro a sintomas de fadiga e compromisso neurocognitivo, embora a relação causal ainda não esteja plenamente estabelecida. No plano ocupacional, os achados confirmam que a fadiga reduz o desempenho seguro e pode aumentar a exposição a riscos ocupacionais, dependendo da tarefa, da função e da área de atividade. O principal contributo deste trabalho é propor uma leitura integrada da fadiga no trabalho, considerando também alterações biológicas com relevância preventiva.

Conclusão: A fadiga no trabalho deve ser considerada uma condição relevante para a segurança e saúde no trabalho, com implicações objetivas no desempenho seguro e na probabilidade de ocorrência de incidentes. A articulação entre neuroinflamação, microbioma intestinal e fadiga no trabalho oferece uma perspetiva útil para aprofundar a vigilância da saúde, melhorar a avaliação do risco e apoiar intervenções mais integradas em contexto de trabalho.

Palavras-chave: Fadiga, neuroinflamação, eixo intestino-cérebro, desempenho humano, risco ocupacional, saúde ocupacional

Abstract

Introduction: Work-related fatigue is often associated with sleep deprivation, task intensity, and the organization of working time. However, recent literature suggests that this condition may also involve neuroinflammation and gut–brain axis alterations related to the gut microbiome. These changes have been associated with persistent tiredness, difficulty concentrating, cognitive slowing, and reduced functional capacity. In the workplace, these effects may impair attention, reaction time, and decision-making, with an impact on safety and performance. The aim of this study was to analyze the relationship between neuroinflammation, gut microbiome, and work-related fatigue, discussing its implications for occupational safety and health.
Method: A narrative review of the literature was conducted on persistent fatigue, the gut microbiome, neuroinflammation, and human performance, complemented by publications on occupational safety and health and the impact of fatigue on safe performance. Review articles, observational studies, and technical-scientific texts addressing the relationship between biological changes associated with fatigue and functional manifestations relevant to the workplace were considered. As this was a narrative review, there were no participants, empirical sample, or direct data collection; the analysis was based on the critical integration of the available evidence.
Results: The literature analyzed shows that fatigue may be associated with changes in the gut microbiome, lower microbial diversity, low-grade systemic inflammation, and neurocognitive manifestations such as reduced mental clarity, decreased attention, and diminished responsiveness. In parallel, the occupational safety and health literature indicates that work-related fatigue impairs physical and cognitive performance, increases reaction time, and promotes judgment errors. These effects may contribute to workplace accidents, especially in activities requiring continuous vigilance, precision, or rapid response. The literature also suggests that fatigue may coexist with mental workload and dissatisfaction, increasing worker vulnerability across different work settings.
Discussion: The findings are consistent with studies linking gut dysbiosis, low-grade inflammation, and gut-brain axis alterations to fatigue symptoms and neurocognitive impairment, although the causal relationship has not yet been fully established. From an occupational perspective, the findings confirm that fatigue reduces safe performance and may increase exposure to occupational risks, depending on the task, role, and area of activity. The main contribution of this work is to propose an integrated view of work-related fatigue, also considering biological changes with preventive relevance.
Conclusion: Work-related fatigue should be considered a relevant condition for occupational safety and health, with objective implications for safe performance and the likelihood of incidents. The relationship between neuroinflammation, gut microbiome, and work-related fatigue offers a useful perspective for improving health surveillance, risk assessment, and more integrated workplace interventions.

Keywords: Fatigue, neuroinflammation, gut-brain axis, human performance, occupational risk, occupational health

TUBERCULOSE EM CONTEXTO GERIÁTRICO EM PORTUGAL: MIGRAÇÃO, CUIDADORES DE IDOSOS E VIGILÂNCIA OCUPACIONAL

TUBERCULOSIS IN GERIATRIC SETTINGS IN PORTUGAL: MIGRATION, CAREGIVERS, AND OCCUPATIONAL SURVEILLANCE

[1] Telmo Piedade; [2] Ainá Ungaro; [3] Natália Cantemir; [4] Marisa Mendonça; [5] Maria Carvalho; [6] Nuno Nogueira

[1,2,3,4,5,6]ISLA Santarém – Instituto Politécnico;[6]ESCAD-IPLuso – Instituto Politécnico da Lusofonia

[1]telmowcp@sapo.pt; [2]massada.aina@outlook.com; [3]cantemirn@gmail.com
[4]marisaalvesmendonca@gmail.com; [5]mariashipare@gmail.com; [6]nuno.nogueira@islasantarem.pt

Resumo

Introdução: A tuberculose, causada por *Mycobacterium tuberculosis*, permanece um problema relevante de saúde pública em Portugal. Apesar da tendência de redução da incidência, o país continua a apresentar valores acima dos dez casos por cem mil habitantes. Em paralelo, a população imigrante regista uma taxa de notificação superior à média nacional e o setor dos cuidados geriátricos depende, em parte, de trabalhadores provenientes de países com maior incidência de tuberculose. Contudo, o rastreio de infeção tuberculosa em cuidadores de idosos permanece limitado. Este estudo analisa a relação entre fluxos migratórios, cuidadores de idosos e a incidência da tuberculose em contexto geriátrico.
Método: Foi realizada uma revisão de literatura e análise documental de fontes oficiais portuguesas, incluindo relatórios das entidades responsáveis pela integração de migrantes, pela vigilância da tuberculose e pela segurança social. Foi igualmente considerada literatura académica nacional sobre cuidadores e o enquadramento regulatório aplicável à exposição a agentes biológicos em contexto institucional.
Resultados: Em 2024, residiam em Portugal mais de 1,5 milhões de cidadãos estrangeiros. Foram notificados 1.536 casos de tuberculose, correspondendo a uma taxa de 14,3 casos por cem mil habitantes. A população migrante representou 39,1% dos casos, com uma taxa 2,7 vezes superior à média nacional. Os principais países de origem dos casos coincidem parcialmente com os de origem de trabalhadores migrantes em setores de cuidados, embora a nacionalidade dos cuidadores de idosos não esteja registada em qualquer sistema oficial. As mortes concentraram-se acima dos 75 anos.
Discussão: Os dados disponíveis sugerem uma convergência entre trabalhadores provenientes de países de alta incidência, idosos imunologicamente vulneráveis e ambientes institucionais fechados. Esta convergência pode representar um contexto de risco insuficientemente contemplado nos protocolos de saúde ocupacional. A situação poderá estar associada à inexistência de rastreio obrigatório na admissão de cuidadores e à apresentação clínica atípica da tuberculose no idoso. Embora não seja possível estabelecer transmissão direta, a evidência é compatível com uma subavaliação do risco em contexto geriátrico.
Conclusão: A tuberculose encontra-se reconhecida nos sistemas de vigilância epidemiológica e de saúde ocupacional, sendo bem documentada a sua incidência desproporcional na população imigrante e a sua letalidade em idosos. Ainda assim, a sua tradução para a prática de vigilância em contexto geriátrico continua limitada, podendo existir subavaliação do risco em estruturas residenciais para idosos e no apoio domiciliário. Estes resultados reforçam a importância de abordagens integradas entre a medicina do trabalho e a epidemiologia, nomeadamente através do rastreio de infeção latente na admissão de cuidadores.

Palavras-chave: Tuberculose, Geriatria, Saúde Ocupacional, Imigração, Cuidadores de Idosos, Vigilância Epidemiológica

Abstract

Introduction: Tuberculosis, caused by Mycobacterium tuberculosis, remains a relevant public health issue in Portugal. Despite a declining incidence trend, the country continues to report rates above ten cases per one hundred thousand inhabitants. At the same time, the immigrant population shows a notification rate higher than the national average, and the geriatric care sector partially relies on workers from countries with higher tuberculosis incidence. However, screening for tuberculosis infection among elderly caregivers remains limited. This study analyzes the relationship between migration flows, elderly caregivers, and tuberculosis incidence in geriatric settings.
Method: A literature review and documentary analysis of official Portuguese sources were conducted, including reports from entities responsible for migrant integration, tuberculosis surveillance, and social security. National academic literature on caregivers and the regulatory framework applicable to exposure to biological agents in institutional settings was also considered.
Results: In 2024, more than 1.5 million foreign citizens resided in Portugal. A total of 1,536 tuberculosis cases were reported, corresponding to a rate of 14.3 cases per one hundred thousand inhabitants. The migrant population accounted for 39.1% of cases, with a rate 2.7 times higher than the national average. The main countries of origin of reported cases partially overlap with those of migrant workers in care sectors, although the nationality of elderly caregivers is not recorded in any official system. Deaths were concentrated among individuals over 75 years of age.
Discussion: Available data suggests a convergence between workers from high-incidence countries, immunologically vulnerable elderly individuals, and closed institutional environments. This convergence may represent a risk context insufficiently addressed in occupational health protocols. The situation may be associated with the absence of mandatory screening upon caregiver admission and the atypical clinical presentation of tuberculosis in older adults. Although direct transmission cannot be established, the evidence is consistent with an underestimation of risk in geriatric settings.
Conclusion: Tuberculosis is recognized within epidemiological surveillance and occupational health systems, and its disproportionate incidence in immigrant populations and its lethality among older adults are well documented. Nevertheless, its translation into surveillance practices in geriatric contexts remains limited, suggesting a possible underestimation of risk in residential care facilities and home care services. These findings reinforce the importance of integrated approaches between occupational medicine and epidemiology, particularly through latent infection screening at the time of caregiver admission.

Keywords: Tuberculosis, Geriatrics, Occupational Health, Immigration, Elderly Caregivers, Epidemiological Surveillance

eCI'26
XII ENCONTRO
CIENTÍFICO
12 JUNHO
2026