



Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST da Força Aérea

Ricardo Manuel Marques Rodrigues

Aveiro

2025



Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST da Força Aérea

Ricardo Manuel Marques Rodrigues

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Higiene e Segurança Ocupacionais, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Miguel Alves Corticeiro Neves, Docente no Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração.

Aveiro

2025

Júri

Constituíram o Júri de avaliação os seguintes elementos:

Presidente	- Prof. Doutor Hugo Miguel de Almeida Pais de Carvalho (ISCIA)
Orientador	- Prof. Doutor Miguel Alves Corticeiro Neves (ISCIA)
Arguente	- Prof. Doutor José Carlos Vieira de Sá (ISEP/IPP)

Embora não integrando o Júri, participou como co-orientador o Prof. Doutor Éderson de Almeida Pedro.

Dedicatória

À minha esposa Patrícia e ao meu filho Pedro, aos quais subtraí horas da minha presença e dedicação e que jamais poderão ser recuperadas. Espero poder compensar, de alguma forma, o vosso apoio constante e compreensão inexcedível neste percurso, nem sempre fácil.

Agradecimentos

A elaboração de um trabalho académico é sempre algo marcante de qualquer curso, exigindo uma grande dedicação pessoal e uma particular gestão do tempo, na busca da informação e dos conhecimentos necessários para a construção de um trabalho do qual nos possamos orgulhar.

Obviamente que um trabalho exigente e complexo como este foi não podia ser efetuado sem a ajuda de diversas pessoas. Desde logo destaco o meu Orientador, Prof. Doutor Miguel Corticeiro Neves e Co-Orientador Prof. Ederson Almeida, pela sua exigência, disponibilidade e conhecimento, mas também pela forma como me guiaram e apoiaram nos momentos mais difíceis que ao longo do trabalho foram surgindo.

Um agradecimento especial também à Força Aérea Portuguesa e à EMBEIRAL, assim como a todos os entrevistados pela disponibilidade e o enriquecimento do meu trabalho.

Por fim, aos meus colegas de turma do MHSO 23/25, um caloroso abraço pela paciência, pela amizade e pela camaradagem sempre demonstradas.

Índice Geral

Júri.....	I
Dedicatória	III
Agradecimentos	V
Índice de Tabelas	XI
Resumo	XIII
Abstract	XIV
Lista de Abreviaturas	XV
Introdução	1
1. Enquadramento Legal e Conceptual	5
1.1. Enquadramento Legal da SST em Portugal	5
1.1.1. Legislação Nacional sobre SST	5
1.1.2. As entidades reguladoras e de fiscalização em Portugal.....	7
1.1.3. Enquadramento Legal da SST na FAP	8
1.2. Conceitos Estruturantes	17
1.2.1. A Avaliação de Riscos.....	17
1.2.2. Métodos e Ferramentas de avaliação de riscos operacionais	18
1.2.3. A Gestão de Riscos na FAP.....	21
1.2.4. O impacto da automação e da tecnologia na mitigação de riscos	22
1.3. A IoT e IoMT	22
1.3.1. Definição e aplicações da IoT na segurança ocupacional	22
1.3.2. Aplicação da IoMT na monitorização da saúde dos militares	24
1.3.3. Sensores, wearables e sistemas de monitorização em tempo real.....	24
1.4. A vigilância do Posto de Trabalho.....	25
2. A Inteligência Artificial na Detecção de EPI	27
2.1. A Inteligência Artificial e as aplicações na SST.....	27
2.1.1. Conceitos básicos de Inteligência Artificial, Machine Learning e Deep Learning.....	27
2.1.2. Aplicações da IA na previsão de acidentes e prevenção de riscos.....	29
2.1.3. Exemplos de uso de IA nas Forças Aéreas	31
2.2. Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	31
2.2.1. A utilização e a importância do EPI	31
2.2.2. A evolução dos sistemas de deteção automática de EPI até aos dias de hoje.....	34
3. Metodologia e Método.....	39
3.1. Metodologia.....	39
3.2. Método.....	39
3.2.1. Participantes e procedimentos	40
3.2.2. Instrumentos de recolha de dados.....	41
3.2.3. Técnicas de Tratamentos de dados	41
4. Resultados e Discussão.....	43
4.1. A perceção dos TSST sobre um Sistema IA com Deteção automática de EPI.....	43
4.2. A perceção dos Trabalhadores sobre um Sistema IA com Deteção automática de EPI	45
4.3. Contributos da Inteligência Artificial para a melhoria da SST na FAP.....	47
Conclusões	50
Referências	54
Apenso A – Guiões das entrevistas.....	59
Apenso B – Resumo das entrevistas	63
Apenso C – Entrevista Timóteo Dong (Key Account Manager IPextreme)	70
Anexo A – A deteção Automática de EPI	73

Índice de Figuras

Figura 1 – Gestão de risco profissional.....	18
Figura 2 – Matriz de avaliação de risco	20
Figura 3 – Exemplo prático de uma Avaliação de Risco na FAP	20
Figura 4 – Ecossistema IA 4.0	23
Figura 5 – Sensor “wearable” Zephyr BioHarness.....	25
Figura 6 – Ocorrências Segundo a Parte do Corpo Atingida.....	33
Figura 7 – IPXAnalytics Módulo Industrial (Detecção de EPI).....	36
Figura 8 – SENSORENG Módulo de Detecção de EPI	37
Figura 9 – SENSORENG Unidade Móvel de Detecção de EPI.....	38

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Especialidades Categoria de Oficiais.....	14
Tabela 2 - Especialidades Categoria de Sargentos e Praças	15
Tabela 3 - Ocorrências de Segurança em Terra na FAP	33
Tabela 4 - Módulos IPXAnalytics	35
Tabela 5 - Participantes do grupo 1	40
Tabela 6 - Participantes do grupo 2	40

Resumo

A Segurança e Saúde no Trabalho (SST) desempenha um papel fundamental na Força Aérea Portuguesa (FAP), tendo em conta a elevada exigência e perigosidade das suas operações. Com o aumento da complexidade das atividades e a persistência de ocorrências relacionadas com o não uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), torna-se essencial adotar soluções tecnológicas inovadoras. Neste contexto, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora para reforçar os sistemas de prevenção e controlo de riscos, nomeadamente através da deteção automática do uso de EPI. No fundo perceber como a IA pode contribuir para a melhorias das condições da SST na FAP.

A legislação portuguesa sobre SST, embora abrangente, requer adaptações específicas ao contexto militar. A FAP tem procurado cumprir os princípios legais e operacionais da segurança, integrando práticas como a avaliação e gestão de riscos. A introdução da IA permite uma monitorização contínua e em tempo real, melhorando a capacidade de resposta a comportamentos inseguros e contribuindo para a redução de acidentes.

A aplicação da IA na SST permite identificar padrões de risco, antecipar situações críticas e gerar alertas automáticos, promovendo uma cultura de segurança mais preventiva e proativa. Com a IA, torna-se possível reconhecer visualmente a presença ou ausência de EPI, com maior rapidez e precisão do que os métodos tradicionais de supervisão humana.

O presente trabalho inclui uma análise qualitativa baseada em entrevistas realizadas a técnicos de SST e trabalhadores da FAP. Os resultados indicam uma aceitação generalizada das soluções baseadas em IA, reconhecendo-se o seu valor como complemento às práticas atuais de segurança. Foram, no entanto, apontadas preocupações legítimas relacionadas com a privacidade, a transparência e o impacto sobre a autonomia no local de trabalho.

Em síntese, a investigação demonstra que a utilização da IA na deteção automática de EPI pode representar um avanço significativo na modernização dos sistemas de SST da FAP, contribuindo para a proteção dos recursos humanos e para a eficácia operacional, dentro de um modelo de segurança mais inteligente, eficiente e centrado na prevenção

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Equipamentos de Proteção Individual; Segurança e Saúde no Trabalho; Força Aérea Portuguesa; Avaliação de Riscos.

Abstract

Occupational Safety and Health plays a fundamental role in the Portuguese Air Force, given the high demands and inherent risks of its operations. With increasing operational complexity and the persistent occurrence of incidents related to the non-use of Personal Protective Equipment, the adoption of innovative technological solutions becomes essential. In this context, Artificial Intelligence emerges as a promising tool to strengthen prevention and risk control systems, particularly through the automatic detection of Personal Protective Equipment use. To understand how Artificial Intelligence can contribute to improving the Occupational Safety and Health conditions in the Portuguese Air Force.

Although Portuguese legislation on Occupational Safety and Health is comprehensive, it requires specific adaptations to the military context. The Portuguese Air Force has made efforts to comply with both legal and operational safety principles, integrating practices such as risk assessment and management. The introduction of AI enables continuous, real-time monitoring, improving responsiveness to unsafe behaviors and contributing to accident reduction.

The application of Artificial Intelligence in Occupational Safety and Health allows the identification of risk patterns, anticipation of critical situations, and generation of automatic alerts, fostering a more preventive and proactive safety culture. With Artificial Intelligence, it becomes possible to visually detect the presence or absence of Personal Protective Equipment more quickly and accurately than traditional human supervision methods.

This study includes a qualitative analysis based on interviews with Occupational Safety and Health technicians and Portuguese Air Force personnel. The results reveal general acceptance of Artificial Intelligence-based solutions, with their value recognized as a complement to current safety practices. However, legitimate concerns were raised regarding privacy, transparency, and the impact on autonomy in the workplace.

In summary, the research demonstrates that the use of Artificial Intelligence in the automatic detection of Personal Protective Equipment can represent a significant step forward in the modernization of the Portuguese Air Force Occupational Safety and Health systems, contributing to the protection of human resources and operational effectiveness, within a smarter, more efficient, and prevention-oriented safety model.

Key words: Artificial Intelligence; Personal protective equipment; Safety and health at work; Portuguese Air Force; Risk Assessment.

Lista de Abreviaturas

ACT	– Autoridade para as Condições do Trabalho
ANEPC	– Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
AP	– Apenso
AN	– Anexo
ASSISTEC	– Assistente Técnico
ASSISTOP	– Assistente Operacional
BA8	– Base Aérea n.º 8
DGS	– Direção-Geral da Saúde
DST	– Delegado de Segurança em Terra
EPI	– Equipamento de Proteção Individual
FAP	– Força Aérea Portuguesa
GPA	– Gabinete de Prevenção de Acidentes
IGAMAOT	– Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
IGFA	– Inspeção-geral da Força Aérea
IOT	– <i>Internet of Things</i>
IOMT	– <i>Internet of Medical Things</i>
ISS	– Instituto de Segurança Social
OG	– Objetivo Geral
OE	– Objetivo Específico
OIT	– Organização Internacional do Trabalho
OST	– Oficial de Segurança em Terra
QC	– Questão central
QD	– Questão Derivada
RFA	– Regulamento da Força Aérea
RGPD	– Regulamento Geral sobre Proteção de Dados
RJPSST	– Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho
SST	– Segurança e Saúde no Trabalho
TSST	– Técnico de Segurança e Saúde no Trabalho

Introdução

Um estudo realizado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) concluiu que, aproximadamente, 350.000 trabalhadores morrem anualmente devido a acidentes de trabalho. Além disso, há cerca de 270 milhões de acidentes de trabalho que levam ao afastamento por três ou mais dias. A incidência é maior no setor da construção civil (Jonathan Karlsson, 2022).

Nos últimos anos, a preocupação das empresas para com os assuntos relacionados com a Segurança e Saúde no Trabalho (SST) tem estado cada vez mais no topo das agendas, sejam nacionais ou estrangeiras, em especial pelo impacto direto e imediato para a segurança e saúde dos trabalhadores, mas também para a natural e consequente produtividade.

De acordo com o Manual de Segurança e Saúde no Trabalho da Inspeção-Geral das Atividades em Saúde (MN/008/ED.01, ed. 2018), a garantia de segurança e saúde nos locais de trabalho é um direito de todos os trabalhadores e também um imperativo constitucional. Ainda segundo o mesmo manual, é amplamente aceite que o desempenho das organizações está diretamente ligado à excelência das condições de trabalho oferecidas aos funcionários pelas empresas. Assim, garantir a SST é essencial para motivar os trabalhadores, levando a um possível aumento da competitividade, produtividade e redução do absentismo devido à prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.

As vivências profissionais de cada pessoa, sejam elas físicas, emocionais, mentais ou sociais, afetam o seu desempenho no trabalho, e qualquer problema de saúde ou bem-estar dos trabalhadores pode resultar na diminuição da produtividade, na redução da habilidade de tomar decisões eficazes e na alienação do trabalhador em relação ao seu emprego. Dessa forma, é compreensível que as organizações invistam financeiramente e socialmente na promoção e aplicação de boas práticas de SST, visando possibilitar um crescimento sustentável (Danna & Griffin, 1999).

Segundo artigo publicado em 2020 pela Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho (2020), o avanço de tecnologias digitais, como a IA, a robótica avançada, a *internet of things* (IoT) e os metadados, estão a mudar a forma e o local de trabalho, quem trabalha e quando, e como o trabalho é organizado e gerido. Neste momento, todas as áreas da economia e sociedade beneficiam dos serviços essenciais prestados pelas tecnologias digitais. Estas evoluções podem resultar em novos desafios em relação à SST e sua administração. A velocidade com que estão a ocorrer é mais rápida do

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

que nunca. No fundo, a *IoT* contribui para a simplificação do dia-a-dia das pessoas, melhorando a qualidade de vida.

Atendendo às considerações anteriormente expostas, esta Dissertação procura estudar o impacto da utilização da IA na Força Aérea Portuguesa (FAP).

Assim, define-se como objeto de estudo as atuais condições de SST na FAP, delimitando-se, nos seguintes domínios de acordo com Santos & Lima, 2019:

-) Temporal: reportando-se ao momento atual (2025);
-) Espacial: centrar-se na esfera da FAP;
-) De conteúdo: A utilização da IA com vista à melhoria da qualidade da segurança e saúde dos militares e civis da FAP, no desenvolvimento das suas atividades.

É Objetivo Geral (OG) desta Tese de Dissertação propor contributos para melhorar a segurança e saúde dos militares da FAP, no desenvolvimento das suas atividades.

Como objetivos específicos (OE), que concorrem para o OG, indicam-se os seguintes:

-) OE1: Analisar o atual sistema SST implementado na FAP;
-) OE2: Analisar o emprego da IA no âmbito da SST, na FAP.

Estes objetivos materializam-se na seguinte Questão Central (QC), “Como a IA pode contribuir para a melhorias das condições da SST na FAP?” e em duas Questões Derivadas (QD), indicadas de seguida.

-) QD1: Como é que se caracteriza o atual sistema SST implementado na FAP?
-) QD2: Como é que se caracteriza o emprego da IA no âmbito da SST, na FAP?

Relativamente à estrutura deste documento, o mesmo está organizado da seguinte forma:

-) a Introdução, que abrange o enquadramento geral do trabalho, o objeto de estudo e a sua delimitação. Nela também constam o Objetivo Geral, os Objetivos específicos, a Questão Central e as Questões Derivadas;
-) o primeiro capítulo, encontra-se o enquadramento legal e concetual, no qual é efetuada uma abordagem holística à legislação SST em Portugal e, em concreto, na FAP, assim como a abordagem aos conceitos estruturantes como a avaliação de riscos, a *IoT* e a *Internet of Medical Things (IoMT)*, passando,

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea naturalmente, pela importância da IA e o impacto atual na SST dos trabalhadores;

-) o segundo capítulo, explorou-se a importância do EPI e a evolução da IA na detecção automática de EPI, passando pelos conceitos de *Machine Learning* e *Deep Learning*.
-) o terceiro capítulo, está explanada a descrição da metodologia e do método utilizados, sendo descrita a forma como toda a dissertação foi construída do ponto de vista metodológico e o raciocínio usado para atingir os objetivos propostos;
-) o quarto capítulo contém a análise e discussão dos resultados obtidos, em especial na análise da informação recolhida e a sua posterior avaliação (estudo de caso), no sentido de perceber se, efetivamente, a IA pode ter vantagens ou não na melhoria da SST na FAP;

Por fim, efetua-se uma síntese dos aspetos essenciais da investigação, sendo apresentado um resumo sucinto dos aspetos abordados ao longo da investigação, assim como os contributos do uso da IA para a melhoria da SST dos militares e civis da FAP, limitações e recomendações para estudos futuros.

1. Enquadramento Legal e Conceptual

Neste capítulo, será apresentada a revisão da literatura existente sobre o tema, no sentido de verificar o estado da arte, procedendo-se à integração dos conceitos estruturantes que orientam a investigação.

Segundo Quivy e Campenhoudt (2003, pp. 51, 54), de forma a possibilitar o desenvolvimento do tema, foram efetuadas diversas leituras preliminares que permitiram orientar a investigação, com o intuito de estabelecer um quadro conceptual de referência, garantindo uma visão holística do objeto em estudo, possibilitando o acesso às diversas abordagens do tema da dissertação.

1.1. Enquadramento Legal da SST em Portugal

1.1.1. Legislação Nacional sobre SST

A legislação portuguesa sobre SST constitui um sistema jurídico robusto e evolutivo, fundamentado principalmente na Lei nº 102/2009, de 10 de setembro (atualizada pela Lei nº 3/2014, de 28 de Janeiro), que estabelece o regime jurídico da promoção da SST.

Este quadro normativo tem sido continuamente atualizado através de diversos diplomas complementares, refletindo a necessidade de adaptação às evoluções técnicas e científicas, bem como aos requisitos da União Europeia. O sistema português integra princípios de prevenção, obrigações específicas para empregadores e trabalhadores, mecanismos de supervisão através da Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), e regulamentações especializadas para diferentes setores e tipos de riscos profissionais. A legislação abrange desde condições básicas de trabalho até proteções específicas para grupos vulneráveis, estabelecendo um *framework* que visa reduzir significativamente a incidência de acidentes de trabalho e doenças profissionais no país.

Decorrente da interpretação do artigo 284º, da Lei 7/2009, de 12 de fevereiro, o trabalhador tem direito às condições de trabalho previstas em Lei ou em regulamentação própria, sobre matéria específica sobre a SST. Tal importância, levou à criação do regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho (Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, atualizada pela Lei nº 3/2014, de 28 de Janeiro).

A Lei nº 102/2009, de 10 de setembro (atualizada pela Lei nº 3/2014, de 28 de Janeiro), constitui o pilar central da legislação portuguesa sobre SST, regulamentando o

regime jurídico da promoção e prevenção da SST, em conformidade com o previsto no artigo 284º do Código do Trabalho.

Esta lei estabelece os princípios fundamentais que norteiam toda a política nacional de prevenção de riscos profissionais, definindo um sistema organizativo que visa proteger todos os trabalhadores nos seus locais de trabalho. O âmbito de aplicação desta legislação é amplo, abrangendo todos os ramos de atividade nos setores privado, cooperativo e social, bem como os trabalhadores por conta de outrem e respetivos empregadores.

A lei também se aplica aos trabalhadores independentes e, conforme estabelecido por legislação posterior, à Administração Pública. Esta abrangência demonstra o compromisso do legislador português em garantir condições de trabalho seguras e saudáveis a todos os profissionais, independentemente do setor em que desenvolvem a sua atividade. A evolução desta lei tem sido constante, tendo sofrido várias alterações significativas desde a sua entrada em vigor.

A Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro, procedeu à sua segunda alteração da Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, introduzindo importantes modificações no regime de organização dos serviços de SST.

A legislação de SST encontra a sua base constitucional e legal no Código do Trabalho, especificamente nos artigos 281º a 284º, que estabelecem os princípios gerais em matéria de segurança e saúde no trabalho. O artigo 281º consagra o direito fundamental do trabalhador a prestar trabalho em condições de segurança e saúde, enquanto impõe ao empregador o dever de assegurar essas condições em todos os aspetos relacionados com o trabalho, aplicando as medidas necessárias tendo em conta os princípios gerais de prevenção.

Esta articulação entre o Código do Trabalho e a legislação específica de SST cria um sistema normativo coerente, onde os direitos fundamentais dos trabalhadores são operacionalizados através de obrigações concretas e mensuráveis. O artigo 283º do Código do Trabalho estabelece, ainda, os princípios relativos à reparação de danos emergentes de acidentes de trabalho ou doenças profissionais, criando um sistema integrado de prevenção e reparação que caracteriza o modelo português de proteção dos trabalhadores.

Outros diplomas complementares:

-) Decreto-Lei nº 109/2000, de 30 de junho, que regula as condições de segurança nos locais de trabalho;
-) Lei nº 35/2014, de 20 de junho, que integra normas específicas aplicáveis à Administração Pública em matéria de SST, obrigando o estando à “promoção

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea da segurança e saúde no trabalho, incluindo a prevenção” (alínea i do artigo 4º).

O quadro legal português está também alinhado com a Diretiva-Quadro 89/391/CEE do Conselho da União Europeia, que estabelece medidas para promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho. Esta diretiva foi transposta para o ordenamento jurídico português e serve de base para a maior parte da legislação nacional sobre SST.

1.1.2. As entidades reguladoras e de fiscalização em Portugal

O sistema regulador e fiscalizador da SST em Portugal é constituído pela ACT emerge como o organismo central na fiscalização do cumprimento das normas laborais e da legislação relativa à SST em todos os setores de atividade.

A ACT constitui o principal organismo estatal responsável pela promoção da melhoria das condições de trabalho em Portugal. A sua missão central consiste na fiscalização do cumprimento das normas em matéria laboral, fomentando as políticas destinadas à prevenção dos riscos profissionais e controlando o cumprimento da legislação relativa à SST em todos os setores de atividade públicos e privados.

No entanto, um conjunto diversificado de entidades públicas com competências específicas e complementares podem ser chamados a colaborar com o ACT, no âmbito das suas competências, nomeadamente:

-) A Direção-Geral da Saúde (DGS) desempenha um papel específico e complementar na vertente da saúde ocupacional, atuando em cooperação com a ACT em matérias respeitantes à SST;
-) A Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT) constitui um serviço central da administração direta do Estado, dotado de autonomia administrativa, exercendo o controlo, inspeção e auditoria para as áreas compreendidas na missão e atribuições dos organismos e serviços na sua esfera de atuação;
-) A Inspeção Regional do Trabalho dos Açores constitui a entidade competente para a autorização de serviços externos de segurança no trabalho na Região Autónoma dos Açores, constituindo uma exceção no panorama nacional. Esta estrutura regional garante a proximidade territorial na prestação dos serviços regulatórios, mantendo simultaneamente a articulação com o sistema

nacional. Já na Região Autónoma da Madeira, temos a Autoridade Regional para as Condições de Trabalho, constituindo-se como um serviço público de inspeção, auditoria e controlo na área laboral.

A eficácia do sistema regulador da SST depende da coordenação efetiva entre as diferentes entidades com competências no setor. A dimensão europeia desta articulação manifesta-se através da participação de Portugal nas redes europeias de informação sobre SST. Neste contexto, a ACT, enquanto Ponto Focal Português da EU-OSHA, facilita a partilha das melhores práticas em matéria de SST e promove as campanhas europeias. Esta participação internacional garante o alinhamento das práticas nacionais com os desenvolvimentos europeus e interna.

1.1.3. Enquadramento Legal da SST na FAP

) A especificidade da Condição Militar

A condição militar em Portugal representa um estatuto jurídico especial que caracteriza a relação entre os militares e o Estado, estabelecendo um conjunto único de direitos, deveres e restrições que diferencia os militares dos demais cidadãos. Esta condição especial deriva das particularidades das missões militares e da necessidade de manter a coesão, disciplina e eficácia das Forças Armadas, sendo regulamentada por um quadro normativo específico que equilibra as restrições impostas com compensações e regalias especiais.

A primeira referência formal à condição militar surge na Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas (LDNFA) de 1982, sendo posteriormente regulamentada pela Lei nº 11/89, de 01 de junho, Lei de Bases Gerais do Estatuto da Condição Militar (LBGECM). Esta legislação estabeleceu o quadro fundamental que define a relação jurídica entre o militar e o Estado, constituindo aquilo que pode ser representado simbolicamente por uma balança onde num dos pratos estão os deveres dos militares e no outro os seus direitos. O conceito de condição militar é claramente definido no artigo 2º da Lei nº 11/89, de 01 de junho, que estabelece que esta se caracteriza por um conjunto específico de obrigações, destacando-se a subordinação ao interesse nacional, a permanente disponibilidade para lutar em defesa da Pátria, se necessário com o sacrifício da própria vida, e a sujeição aos riscos inerentes ao cumprimento das missões militares. A condição militar implica também a subordinação à hierarquia militar, a aplicação de um regime disciplinar próprio e a

permanente disponibilidade para o serviço, ainda que com o sacrifício dos interesses pessoais.

Daqui resulta e importa perceber se, estando um militar obrigado ao sacrifício da própria vida (em situações excepcionais pela Defesa da Pátria), existe espaço para o cumprimento da legislação em matéria de SST. A Constituição da República Portuguesa, no seu artigo 59º, prevê que todos os portugueses, e reforça-se a expressão “todos”, têm direito à prestação do trabalho nas devidas condições de SST. O Militar não é um cidadão diferente dos demais. No entanto, há que ter em conta a especificidade da Condição Militar.

) A Legislação SST aplicável à FAP

Numa organização militar como a FAP, a atividade praticada é, inerentemente, arriscada. Portanto, é necessário que os recursos humanos sejam adequadamente especializados. Por outro lado, o investimento em recursos materiais é, normalmente, elevado. Dessa forma, manter a integridade e proteger esse potencial de funcionamento são questões de grande importância. De acordo com artigo nº 2, da Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, o Regime jurídico da promoção da SST, na sua actual redacção, aplica-se à Administração Pública, onde se incluem as Forças Armadas, com adaptações necessárias às suas missões. O Estado, como empregador público, deve garantir a SST dos militares, exceto em contextos em que a missão implique riscos inultrapassáveis (ex.: combate real) ou a segurança operacional esteja em causa.

Também o Decreto-Lei nº 184/89, de 2 de junho estabelece medidas de higiene, segurança e medicina do trabalho na Administração Pública, aplicando-se, por isso, com adaptações, a organismos militares.

Os ramos militares dispõem também de Despachos internos e regulamentos militares, que contêm matérias de SST, nos quais detalham, por exemplo:

- o Procedimentos operacionais;
- o EPI;
- o Gestão de risco em treinos e exercícios;
- o Avaliação de condições psicofísicas;
- o Etc..

O Regulamento da Força Aérea (RFA) nº 330-1 Prevenção de Acidentes, publicado em outubro de 1999, tem como objetivo estabelecer os princípios, a organização e os procedimentos para a prevenção de acidentes no seio da Força Aérea, visando a salvaguarda dos recursos humanos e materiais e o sucesso das missões operacionais. Trata-

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

se de um regulamento normativo e operacional que visa reduzir riscos e aumentar a eficiência operacional através de uma abordagem sistemática e organizada à segurança.

Este regulamento:

- o Define os conceitos fundamentais e a estrutura organizacional da prevenção de acidentes;
- o Atribui responsabilidades aos diferentes escalões de comando e áreas funcionais (voo, terra e armamento);
- o Estabelece métodos e técnicas para prevenir acidentes, como programas educativos, relatórios, comunicação de riscos e investigação de ocorrências;
- o Promove uma cultura de segurança baseada na educação, comunicação, investigação e correção de falhas;
- o Enfatiza que a prevenção é uma responsabilidade de todos, devendo estar integrada em todas as áreas da atividade operacional da Força Aérea.

Independentemente das responsabilidades discriminadas e definidas no RFA nº 330-1 (ALT3), todos militares da FAP devem participar ativamente, na medida das suas possibilidades, no esforço coletivo de prevenção de acidentes.

A estrutura da SST na FAP está organizada, resumidamente, da seguinte forma:

- o O Gabinete de Prevenção de Acidentes (GPA), na dependência da Inspeção-Geral da Força Aérea (IGFA), como responsável máximo;
- o Oficial de Segurança em Terra (OST), como o elemento responsável das Unidades e colocado no Gabinete de Prevenção de Acidentes das Unidades;
- o Delegado de Segurança em Terra (DST), como o elemento diretamente responsável de cada serviço.

Segundo o Boletim de Segurança nº 3/2025, a FAP possui um sistema integrado de reporte de ocorrências de segurança, contemplando uma estrutura que inclui o GPA da IGFA que coordena políticas e planos de segurança em articulação com os gabinetes das Unidades militares. Estes GPA, por sua vez, geram relatórios de incidentes e coordenam respostas rápidas com as equipas locais de segurança. As ações dos GPA podem incluir:

- o Execução de planos de prevenção de acidentes,
- o Formação em segurança,
- o Reforço da prontidão e da cultura de segurança.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

As atividades preventivas, como inspeções, auditorias e verificações anuais, são fundamentais para identificar e gerir riscos organizacionais, exigindo monitorização contínua. Em casos de acidentes graves, é ativada a Comissão Central de Investigação (COCINV), composta por especialistas em investigação de acidentes e que responde diretamente ao Chefe do Estado-Maior da Força Aérea.

O RFA 25-1 (E) Sistema de Inspeção da Força Aérea (SIFA), publicado em setembro de 2023, visa assegurar que todos os órgãos da Força Aérea cumpram as suas missões com elevados padrões de desempenho, promovendo uma cultura de autoavaliação, disciplina, conformidade normativa, gestão do risco e melhoria contínua. Funciona como a base normativa para garantir um sistema de inspeção coerente, eficaz e orientado para a excelência institucional Este regulamento:

- o Define os níveis e tipos de inspeção (global, de gestão, de execução, a programas/sistemas, etc.);
- o Regula as competências e responsabilidades dos inspetores e das entidades envolvidas;
- o Normaliza os procedimentos e instrumentos de inspeção, incluindo relatórios, medidas corretivas e gestão de anomalias;
- o Introduce o Módulo de Gestão de Inspeções (MGI) como ferramenta digital para coordenar e documentar toda a atividade inspetiva;
- o Incorpora metodologias de gestão de risco, análise de desempenho e reporte estruturado;
- o Visa garantir transparência, responsabilidade e eficácia operativa em toda a cadeia hierárquica da Força Aérea.

Apesar da legislação SST em Portugal excetuar a sua aplicação a determinadas atividades das Forças Armadas (Treinos e exercícios militares; Operações de combate/simulacros; Missões internacionais, etc...) pela especificidade da função, a FAP procura, dentro do possível, aplicar princípios da SST, apostando na prevenção de acidentes e na avaliação de riscos nos postos de trabalho. Nestes casos, aplica-se o princípio da minimização do risco, mas reconhece-se que o risco zero é inalcançável. A responsabilidade recai no comando da operação garantir a melhor mitigação possível.

) A Especificidades da SST na aviação militar

A OTAN tem uma série de *Standardization Agreements* (STANAG) relacionados com segurança de voo, ergonomia, saúde ocupacional e prevenção de acidentes em operações militares.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

No que concerne a riscos ocupacionais específicos associados à atividade com aeronaves, existem:

- o Risco de exposição a ruído extremo, sobretudo em zonas de manutenção e pistas (níveis muito acima do permitido em ambiente civil);
- o Risco de projeção de objetos e acidentes com armamento ou equipamentos bélicos;
- o Exposição a agentes químicos e combustíveis militares (JP-8, hidráulicos, etc.) com potencial tóxico;
- o Hipóxia e descompressão – treino e mitigação para pilotos e tripulações em câmaras hipobáricas;
- o Stress fisiológico e psicológico, que obriga a avaliações regulares para pilotos e outros tripulantes.

Com forma de mitigação dos riscos anteriormente identificados, os militares da FAP:

- o Realizam treinos regulares sobre segurança e procedimentos de emergência;
- o Utilizam EPI especializados: capacetes com comunicação integrada, capacetes balísticos, coletes à prova de bala, coletes anti-G, óculos de proteção, máscaras de oxigénio, etc;
- o São sujeitos a uma exigente vigilância da saúde, decorrente da avaliação de risco, realizando regularmente exames médicos e psicológicos em determinadas funções críticas (tripulantes de aeronaves, controladores aéreos, etc);
- o Formação contínua em primeiros socorros;
- o *Briefings* e *debriefings* de segurança antes e após o cumprimento de missões.

Existem vários protocolos e boas práticas de segurança operacional na aviação militar, que visam minimizar riscos e garantir a integridade das operações aéreas, tanto em tempos de paz quanto em contextos de combate. Aqui estão alguns dos principais:

- o Procedimentos de segurança operacional.
 - *Briefing* de segurança - Antes de cada voo, é realizado um *briefing* detalhado para informar os pilotos e a tripulação sobre as condições do voo, o plano de missão, o ambiente operacional e os possíveis

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

riscos. Isso inclui áreas de risco, previsão meteorológica e informações sobre as aeronaves e equipamentos;

- Revisão da missão e coordenação - A coordenação precisa entre as diferentes unidades é fundamental para evitar acidentes, especialmente quando várias aeronaves estão a operar na mesma área;
 - Verificação de equipamentos e aeronaves - A inspeção pré-voo da aeronave é uma das práticas essenciais para garantir que todos os sistemas estão a funcionar corretamente. Isso inclui verificação de combustível, sistemas de navegação, controlo de voo, armas (caso aplicável) e sistemas de comunicação;
 - Plano de contingência - Deve existir um plano claro para lidar com emergências, como falhas técnicas, ataques inimigos ou condições meteorológicas extremas. A tripulação deve estar bem treinada para reagir de forma rápida e coordenada a essas situações.
- o Normas de comunicações e controlo de tráfego aéreo.
- Comunicação constante - É vital manter comunicação constante com o controlo de tráfego aéreo e outras aeronaves. Isso inclui o uso de frequências designadas e protocolos de comunicação clara e concisa, para evitar mal-entendidos que possam resultar em incidentes.
- o Treino e simuladores.
- Os pilotos militares treinam regularmente em simuladores que replicam uma ampla gama de cenários, incluindo falhas de sistema, manobras evasivas e ataques inimigos.

) As funções na FAP

A FAP oferece uma vasta gama de profissões, abrangendo áreas técnicas, operacionais, científicas e administrativas. Estas profissões estão organizadas em três grandes categorias: Oficiais, Sargentos e Praças. Para além disso, também tem a carreira de civis, com as categorias de Técnico Superior, Assistente Técnico (Assistec) e Assistente Operacional (Assistop).

Na sua organização, os militares estão organizados por especialidades, no fundo sendo cada militar, após uma formação geral comum, encaminhado para uma área de especialização.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

Tabela 1 - Especialidades Categoria de Oficiais

Especialidade	Descrição das Funções
PILAV (Piloto Aviador)	Opera aeronaves militares em operações de transporte, patrulha, combate e missões especiais.
ENGAER (Engenharia Aeronáutica)	Planeia, supervisiona e executa manutenção e desenvolvimento técnico de aeronaves e sistemas associados.
ENGAED (Engenharia de Aeródromos)	Projeta, mantém e gere infraestruturas aeroportuárias e aeródromos militares.
ENGEL (Engenharia Eletrotécnica)	Garante a operação, manutenção e desenvolvimento de sistemas elétricos, eletrónicos e de comunicações militares.
ADMAER (Administração Aeronáutica)	Executa gestão administrativa, financeira, logística e de recursos humanos na FAP.
MED (Medicina)	Presta cuidados médicos gerais e especializados, incluindo medicina aeronáutica e de missão.
JUR (Jurista)	Presta aconselhamento e apoio jurídico em assuntos militares e administrativos.
PSI (Psicólogo)	Desenvolve e executa ações de psicologia, apoio psicológico e seleção de pessoal.
NAV (Navegador)	Responsável pela navegação e apoio à pilotagem em aeronaves militares.
TOCC (Técnico de Operações de Comunicações e Criptografia)	Gere sistemas de comunicações e segurança da informação.
TOMET (Técnico de Operações de Meteorologia)	Fornecer informação meteorológica para apoio a operações aéreas.
TOCART (Técnico de Operações de Circulação Aérea e Radar de Tráfego)	Coordena e controla o tráfego aéreo militar e civil em espaço aéreo designado.
TODCI (Técnico de Operações de Detecção e Conduta de Interceção)	Opera sistemas de radar e defesa aérea para deteção e interceção de ameaças.
TMMA (Técnico de Manutenção de Material Aéreo)	Realiza manutenção e reparação de aeronaves.
TMMT (Técnico de Manutenção de Material Terrestre)	Cuida da manutenção de veículos e equipamentos terrestres militares.
TMMEL (Técnico de Manutenção de Material Eletrotécnico)	Mantém sistemas elétricos e eletrónicos militares.
TMAEQ (Técnico de Manutenção de	Mantém e repara armamento e equipamentos militares.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

Especialidade	Descrição das Funções
Armamento e Equipamento)	
TMI (Técnico de Manutenção de Infraestruturas)	Garante a conservação e manutenção das instalações militares.
TABST (Técnico de Abastecimento)	Gere o abastecimento de combustíveis e materiais logísticos.
TINF (Técnico de Informática)	Administra sistemas informáticos e de redes da FAP.
TPAA (Técnico de Pessoal e Apoio Administrativo)	Apoia a gestão de pessoal e processos administrativos.
TS (Técnico de Saúde)	Presta cuidados de saúde especializados, como enfermagem e apoio médico.
PA (Polícia Aérea)	Assegura a segurança, defesa e ordem dentro da FAP.
CHBM (Chefe de Banda de Música)	Coordena atividades musicais e cerimoniais militares.

Fonte: adaptado de <https://crfa.emfa.pt/>

Tabela 2 - Especialidades Categoria de Sargentos e Praças

Especialidade	Descrição das Funções
OPCOM (Operador de Comunicações)	Opera e mantém sistemas de telecomunicações e redes rádio da Força Aérea.
OPMET (Operador de Meteorologia)	Recolhe e analisa dados meteorológicos para apoio à aviação e operações aéreas.
OPS (Operações)	Apoia na coordenação de missões aéreas, operações e controlo do tráfego aéreo militar.
OPINF (Operador de Informática)	Presta apoio técnico em redes, sistemas e equipamentos informáticos.
OPSAS (Operador de Sistemas de Assistência e Socorro)	Atua em operações de salvamento, resgate e primeiros socorros em contexto militar.
MMA (Mecânico de Material Aéreo)	Realiza manutenção em aeronaves, motores e sistemas auxiliares.
MMT (Mecânico de Material Terrestre)	Faz manutenção de viaturas, geradores e outro equipamento terrestre de apoio.
MELECT (Mecânico de Eletricidade)	Executa reparações e manutenção em sistemas elétricos não-aeronáuticos.
MELECA (Mecânico de Eletrónica)	Trabalha com equipamentos eletrónicos diversos, exceto os integrados em aeronaves.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

Especialidade	Descrição das Funções
MELIAV (Mecânico de Eletricidade e Instrumentos de Avião)	Especialista na manutenção elétrica e de instrumentos de voo em aeronaves.
MARME (Mecânico de Armamento e Equipamento)	Faz manutenção de armamento, munições e sistemas de disparo de aeronaves.
ABST (Abastecimentos)	Responsável pela gestão logística, armazenagem e distribuição de material e combustível.
CMI (Construção e Manutenção de Infraestruturas)	Executa obras, reparações e manutenção em edifícios e instalações militares.
SS (Serviço de Saúde)	Apoia atividades clínicas, enfermagem, análises e outras áreas de saúde militar.
PA (Polícia Aérea)	Garante a segurança das bases, patrulhamento, vigilância e defesa de instalações.
SAS (Secretariado e Apoio de Serviços)	Atua em tarefas administrativas, apoio ao comando e expediente geral.
MUS (Músico)	Integra bandas militares, contribuindo para cerimónias e representação institucional.
CLAR (Clarim)	Atua em funções protocolares, tocando sinais militares em cerimónias e eventos.
SHS (Serviço de Hotelaria e Subsistências)	Apoia em cantinas, refeitórios, gestão de alimentação e alojamentos militares.
CAUT (Condutor Auto)	Conduz viaturas militares e assegura o transporte de pessoal e materiais.
CIBER (Operador de Ciberdefesa)	Atua na proteção de sistemas e redes contra ameaças cibernéticas.

Fonte: adaptado de <https://crfa.emfa.pt/>

De acordo com as tabelas anteriores, é possível observar que muitas das funções anteriores, realizadas tanto por militares como por civis (ASSISTOP), implicam o uso de equipamentos de proteção individual, especialmente funções que impliquem operação com tratores, máquinas e equipamentos, construção civil, metalurgia e metalomecânica, carpintaria, marcenaria, eletricidade, etc.

1.2 Conceitos Estruturantes

1.2.1 A Avaliação de Riscos

Segundo o Manual de Avaliação de Riscos elaborado pelo Gabinete de Estudos da FESETE (2007), inúmeros trabalhadores lesionam-se no local de trabalho, enquanto outros ficam de licença devido ao *stress*, excesso de trabalho, problemas musculoesqueléticos, problemas visuais e auditivos, respiratórios ou outras doenças ocupacionais. Além de afetarem os trabalhadores e suas famílias em termos de custo humano, os acidentes e as doenças também sobrecarregam os sistemas de saúde e prejudicam a produtividade das empresas. A análise de riscos é essencial para uma boa gestão da segurança e saúde, sendo crucial para diminuir as doenças ocupacionais e os acidentes laborais. Se feita corretamente, essa avaliação pode beneficiar a saúde e a segurança dos trabalhadores, além de, de maneira geral, aumentar o desempenho das empresas.

A avaliação de riscos é um processo dinâmico, em que se torna necessário reavaliá-la periodicamente (ou quando ocorrem alterações do posto de trabalho) de modo a manter os perigos atualizados (Carvalho, 2007).

De acordo com o ponto g), do artigo 4º, da Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro (atualizada pela Lei nº 3/2014, de 28 de Janeiro), a palavra perigo significa “propriedade intrínseca de uma instalação, atividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano.”

Já a palavra risco é considerada a “probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interação do componente material do trabalho que apresente perigo”, segundo o ponto g), do artigo 4º, da Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro (atualizada pela Lei nº 3/2014, de 28 de Janeiro).

No fundo, a Avaliação de Riscos é um processo interligado que visa a identificação dos perigos e riscos, a estimativa do risco (probabilidade de ocorrência x gravidade da lesão) e a valoração de risco (Van Duijne *et al.*, 2008). O sinal “x” entre P e G não significa propriamente multiplicação, mas sim combinação.

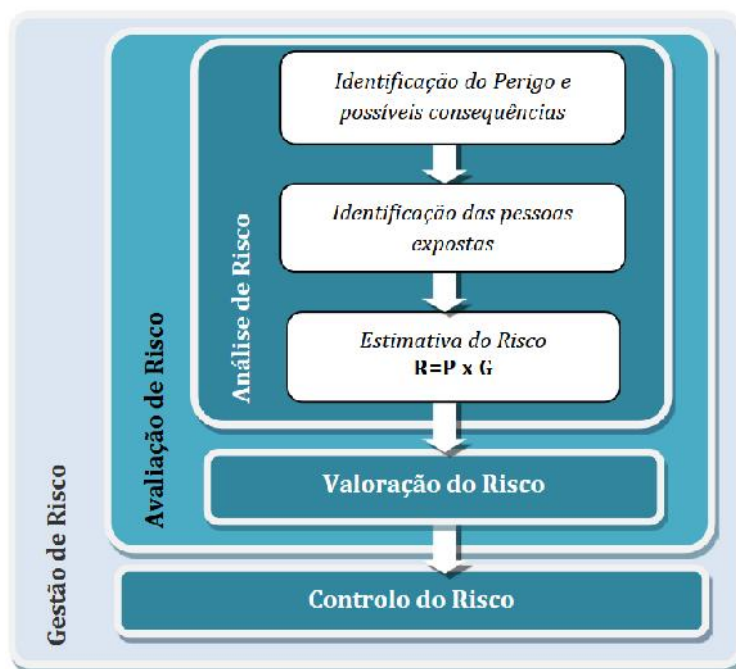


Figura 1 – Gestão de risco profissional

Fonte: adaptado de van Duijne *et al.* (2008)

De acordo com o RFA 25-1 (E), o processo de gestão do risco consiste “na sistemática identificação e avaliação de risco, como forma de apoiar e fundamentar a tomada de decisões de risco, e na supervisão da implementação das medidas de controlo” (ponto 1405., capítulo 14). O processo de gestão do risco na FAP contempla cinco passos:

-) Identificação do perigo;
-) Análise do perigo;
-) Desenvolvimento das medidas de controlo e decisão de risco;
-) Avaliação custo/ benefício e da sua eventual eficácia;
-) Implementação das medidas de controlo.

1.2.2 Métodos e Ferramentas de avaliação de riscos operacionais

Os métodos de avaliação de risco são usados para decidir definir prioridades e definir objetivos para eliminar perigos e reduzir riscos. Onde for possível, os riscos são eliminados através da seleção instalação e projeto de instalações, equipamentos e processos. Se os riscos não puderem ser eliminados, eles são minimizados pelo uso de controlos físicos ou, como último recurso, através de equipamentos de proteção coletiva e individual (Hughes & Ferret, 2007).

Segundo Cabral & Veiga (2010), pode-se identificar três métodos de avaliação de riscos:

-) Qualitativos, quando é usado o histórico dos dados estatísticos de cada risco, como a sinistralidade, relatórios de acidentes de trabalho, estatística da sinistralidade do setor, ou ainda, a opinião de pessoas experientes, dos trabalhadores e dos seus representantes;
-) Quantitativos, quando visam obter uma resposta numérica da magnitude do risco, atribuindo um valor à probabilidade e à severidade, através de cálculos e modelos matemáticos;
-) Semi-quantitativo, quando se verifica a necessidade de construir uma escala de hierarquização da probabilidade e da gravidade e a valoração do risco.

De acordo com o RFA 25-1 (E), a FAP utiliza uma matriz de avaliação de risco que combina as componentes do risco (Probabilidade, Gravidade e Exposição), para que se possa aferir o nível de risco e proceder à avaliação do risco associado a cada anomalia:

-) Exposição ao Perigo - Avalia o número de pessoas, ou recursos afetados, por um determinado perigo ou por repetidos perigos ao longo do tempo;
-) Gravidade do Perigo. Estima o impacto potencial do perigo nas pessoas, equipamentos, missão / atividade ou na Organização: (Catastrófico (I), Crítico (II), Moderado (III) e Insignificante (IV));
-) Probabilidade do Perigo - Estima a probabilidade de um perigo poder causar um evento negativo, com a gravidade anterior: Frequente (A), Provável (B), Ocasional (C), Raramente (D) e Improvável (E);
-) Nível de Risco - Quantifica o risco por níveis, entre 1 e 20, que resultam da interseção de cada linha e coluna da matriz de avaliação de risco. O nível 1 corresponde ao risco mais elevado, com gravidade catastrófica e máxima probabilidade de ocorrência, e o 20 ao de menor risco, com gravidade insignificante e improvável de acontecer;
-) Código de Avaliação de Risco (CAR) - Método para qualificar o risco através da agregação de vários níveis de risco relativamente próximos, atribuindo-lhes um código numérico e outro de cor, representativos da avaliação de risco efetuada à anomalia: CAR1 (vermelho) correspondente à avaliação de risco Muito Elevado e congrega os níveis de risco entre 1 e 3; CAR2 (laranja) relativo a risco Elevado e associa os níveis entre 4 e 8; CAR3 (amarelo)

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

respeitante a risco Moderado e agrupa os níveis entre 9 e 13; e CAR4 (verde) que codifica o risco Baixo albergando os níveis entre 14 e 20.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE RISCO			PROBABILIDADE				
			Frequência Temporal da Ocorrência				
			A	B	C	D	E
			Frequente (experiência continuada) Anual: >50%	Provável (nem com frequência) 30% > Anual < 50%	Ocasional (nem algumas vezes) 15% > Anual < 30%	Remota (espera-se que nunca) 5% > Anual < 15%	Improvável (improvável mas possível) 1% > Anual < 5%
Efeito da Ocorrência GRAVIDADE	Catastrófico (morte; perda de equipamento; Incumprimento da missão/ prontidão; responsabilidade criminal)	I	1	2	5	8	12
	Crítico (feridos/doença grave; destruição/ degradação grave da propriedade/ equipamentos; Impacto significativo na missão/ prontidão; responsabilidade financeira)	II	3	4	7	11	15
	Moderado (lesões/doença ligeira; danos à propriedade/degradação do uso eficaz dos meios; limitações ao cumprimento da missão/ prontidão; responsabilidade disciplinar)	III	6	9	10	14	16
	Insignificante (ameaça mínima; à segurança e saúde das pessoas; à propriedade e eficiência dos meios; ao cumprimento da missão/ prontidão; à unidade ou inutilidade dos atos)	IV	13	17	18	19	20
			20 Níveis de Risco (1 = Risco Máximo; 20 = Risco mínimo)				
			4 CÓDIGOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO (CAR)				
			CAR1 (Muito Elevado)	CAR2 (Elevado)	CAR3 (Moderado)	CAR4 (Baixo)	

Figura 2 – Matriz de avaliação de risco

Fonte: RFA 25-1 (D) Sistema de Inspeção da Força Aérea (SIFA)

MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL
FORÇA AEREA

Identificação da UOR: _____

Identificação da Instalação: _____

Local de Trabalho: _____

Esquadrão / Serviço: _____

Caracterização da Instalação

Organização do tempo de trabalho

Normal ☒ X

Aturada ☐

Continua ☐

Turnos

Noturnos ☐

Fixos ☐

Avaliação efetuada de acordo com o RFA 25-1 (D)

C ODA / Responsável pela Área de Trabalho: _____

Sup. de RFA / 2024

Avaliação verificada por:

Cred. ESO / Chefe DDC: _____

Enc. de RFA / 2024

Avaliação validada por:

Chefe do GFA / ASTA: _____

Atenção: Avaliação de risco CAR1 é inaceitável, sendo obrigatória a eliminação/mitigação imediata ou urgente do risco.

Análise do Risco		Avaliação do Risco				Gestão do Risco	
Potencial	Riscos Associados	Prob. (A e B)	Grav. (I e IV)	CAR (1 a 4)	NR (1 a 20)	Medidas de mitigação e controlo propostas	
Secretaria com esquadras vivas	Traumatismos / Escoriações	D	III	5	16	Sensibilização do pessoal para os cuidados a ter	
						Revestimento com material de proteção adequada	
						Sensibilização dos utentes para os cuidados a ter	
						Regular brilho e contraste do monitor	
						Fazer intervalos	
						Sensibilização dos utentes para os cuidados a ter	
						Cinturão e quadris ajustados	
						Postura correta posição neutral (sem dobrar)	
						Exercício adequado à curvatura da coluna	
						Descanso de braço na altura do cotovelo	
						Alfura do assento abaixo da nádua	
						Pés apoiados no solo ou em descanso para os pés	
						Joelhos diretamente abaixo da quadris	
						Tocados diretamente à sua frente	
						Rato próximo ao teclado e ao mesmo nível	
						Fazer intervalos	
Trabalho sentado em frente do computador	Perfuração Musculo-esqueléticas	C	III	3	10		

Figura 3 – Exemplo prático de uma Avaliação de Risco na FAP

1.2.3 A Gestão de Riscos na FAP.

No que concerne a gestão do risco na FAP, segundo o Boletim de Segurança nº 3/2025 (pág. 8 a 10):

“No âmbito da Segurança e Saúde no Trabalho (SST) nas operações militares, existe um equilíbrio crítico entre alcançar os objetivos operacionais e assegurar as condições adequadas de segurança para o pessoal. Apesar dos desafios associados aos conflitos ou ações de confronto exigirem a aceitação de certos perigos e riscos, é essencial abordar riscos ambientais como a exposição a materiais perigosos, condições climáticas extremas e poluição sonora em operações permissivas e não permissivas. Torna-se, assim, imprescindível mitigar os riscos organizacionais através da adoção de protocolos de segurança, equipamentos de proteção e infraestruturas ergonómicas”.

Para assegurar uma Gestão de Risco eficaz, é necessária uma abordagem transversal dentro do Sistema de Gestão da Segurança (SGS), baseada no modelo da NATO. Esta exige a integração de todos os níveis da organização na identificação de perigos, definição de responsabilidades e implementação de políticas e procedimentos adequados, com vista ao cumprimento de padrões de segurança aplicáveis.

Ainda de acordo com o Boletim de Segurança nº 3/2025, a gestão do risco na FAP é baseada em modelos amplamente reconhecidos e adaptados ao contexto militar. As 8 etapas principais são:

-) Identificação de Perigos: Envolve o reconhecimento de riscos potenciais (meteorologia, falhas técnicas, fatores humanos, etc.) e a recolha de dados de experiências anteriores para antecipar ameaças;
-) Avaliação do Risco: Consiste na análise da probabilidade e impacto dos perigos, utilizando ferramentas qualitativas e quantitativas (como matrizes de risco) para priorizar ações corretivas;
-) Controlo e Mitigação do Risco: Inclui o desenvolvimento de medidas (formação, atualizações técnicas, procedimentos normalizados) para reduzir ou eliminar riscos;
-) Implementação de Estratégias de Mitigação: Através de formação contínua e acesso a equipamentos de proteção individual (EPI), assegura-se a preparação adequada do pessoal;
-) Monitorização e Revisão: Garante a eficácia das estratégias através de tecnologia (telemetria, dados de voo), com feedback em tempo real;

-) Reporte de Incidentes: Adoção de sistemas de notificação imediata de incidentes, quase-acidentes e preocupações, permitindo aprendizagem organizacional contínua;
-) Comunicação e Cultura: Promoção de uma cultura de segurança com liderança ativa e comunicação aberta, onde todos se sentem envolvidos e responsáveis;
-) Regulamentação e Conformidade: Garantia de adesão a normas da aviação militar e auditorias regulares para melhoria contínua;
-) Melhoria Contínua: Baseia-se em ciclos de feedback, avaliação de mudanças tecnológicas e adaptação constante aos desafios operacionais e ambientais.

1.2.4 O impacto da automação e da tecnologia na mitigação de riscos

A automação e as tecnologias emergentes têm desempenhado um papel cada vez mais central na mitigação de riscos em diversos setores, proporcionando benefícios significativos em termos de segurança, eficiência e prevenção de perdas. A automação permite que processos antes realizados manualmente, muitas vezes repetitivos e perigosos, sejam agora executados por máquinas e sistemas inteligentes. Isso reduz a exposição dos trabalhadores a condições insalubres e perigosas, diminuindo a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais. Estudos mostram que a automação contribui para ambientes de trabalho mais seguros e para a elevação da qualidade de vida dos colaboradores, sem necessariamente aumentar o desemprego, pois há uma realocação de funções e necessidade de qualificação profissional (Xavier, 2023). Empresas que adotam sistemas inteligentes de monitorização conseguem reduzir acidentes em até 30% (Psico-Smart, 2024).

1.3 A IoT e IoMT

1.3.1 Definição e aplicações da IoT na segurança ocupacional

A *IoT* refere-se nada mais nada a menos a qualquer dispositivo associado à *internet*. O grau de inteligência digital do dispositivo melhora com a inclusão de sensores e capacidades para a recolha e partilha da informação obtida, sem a necessidade de intervenção do ser humano. A *IoT* está a transformar o mundo e a encaminhar a sociedade para um mundo mais inteligente (Ranger, 2020).

A *IoT* é responsável por estabelecer conexões entre dispositivos que recolhem, trocam e compartilham informações em tempo real, sem qualquer interação humana. O

tratamento de um volume tão extenso de dados exige uma capacidade de armazenamento considerável, assim como capacidade de processamento. A utilização da *cloud* (nuvem) vem responder as estas exigências, permitindo o acesso a um conjunto vasto de recursos de computação compartilhados. Com o *big data*, as quantidades de dados superam a capacidade analítica e intuitiva do ser humano, assim como dos computadores tradicionais. Nesse sentido, a IA precisa de uma enorme quantidade de dados para aprender e melhorar os processos de tomada de decisão e estudar padrões. Estas relações sinérgicas são a principal razão pela qual a IA, o *big data*, a *IoT* e a informação em *cloud* são aparentemente inseparáveis (Bérastégui, 2024, p. 9):

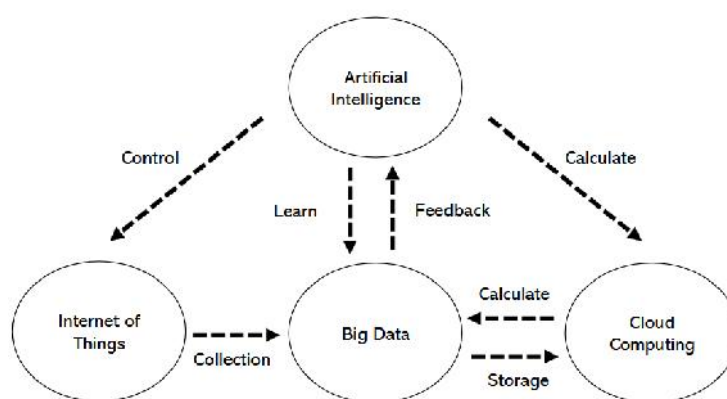


Figura 4 – Ecosistema IA 4.0

Fonte: adaptado de Wang & Wang (2022)

A *IoT* está cada vez mais a ser utilizada por diversas organizações e pela indústria, procurando ir de encontro ao que o cliente deseja, oferecendo, dessa forma, um serviço de melhor qualidade, mas também no apoio à decisão, aumentando o valor da empresa (Gillis, 2020).

A aplicação da tecnologia da informação em ambientes militares tem avançado consideravelmente desde o surgimento da *IoT*. Estas tecnologias têm uma função essencial tanto na segurança das operações quanto na vigilância da saúde dos militares. Em contextos extremos, onde a rapidez da resposta é crucial, a utilização combinada de sensores, dispositivos *wearable* e plataformas inteligentes oferecem benefícios estratégicos, táticos e logísticos (Ghasempour, 2019).

No fundo, uma rede de dispositivos inteligentes conectados que capturam, enviam e processam informações em tempo real. O espectro da sua atuação abrange várias áreas, desde a segurança das operações, à vigilância do campo de batalha, passando pela logística e pela manutenção preditiva (Gubbi *et al.*, 2013).

1.3.2 Aplicação da *IoMT* na monitorização da saúde dos militares

O termo *IoMT* descreve o uso da *IoT* no setor da saúde. Num sistema *IoMT*, os dispositivos (sensores, etc) inteligentes recolhem e enviam dados de saúde para processamento e análise adicionais (Huang, C. *et al.*, 2023). A evolução tecnológica tem permitido na área da saúde cada vez mais obter em tempo real dados tais como:

-) Frequência cardíaca;
-) Temperatura corporal;
-) Níveis de oxigênio no sangue;
-) Estado de fadiga e *stresse* térmico;
-) Etc..

1.3.3 Sensores, *wearables* e sistemas de monitorização em tempo real

Os sensores *wearables* representam uma revolução tecnológica emergente na área da SST, oferecendo capacidades de monitorização em tempo real que transformam fundamentalmente as abordagens tradicionais de prevenção de acidentes e proteção dos trabalhadores. Esta tecnologia integra dispositivos “vestíveis” inteligentes com sensores avançados, IA e conectividade *IoT*. A implementação destes dispositivos permite o acompanhamento contínuo de parâmetros vitais dos trabalhadores, condições ambientais e comportamentos de risco, possibilitando intervenções proativas antes que situações perigosas se transformem em acidentes graves.

Os sensores *wearables* para monitorização fisiológica constituem uma das categorias mais desenvolvidas na aplicação de SST, oferecendo capacidades de acompanhamento contínuo dos sinais vitais dos trabalhadores. Exemplo disso é o Zephyr BioHarness, utilizado pelo exército dos EUA, apresentando-se como um colete biométrico que transmite dados vitais via *Bluetooth* para centros médicos móveis ou sistemas baseados em nuvem.



Figura 5 – Sensor “wearable” Zephyr BioHarness

Fonte: https://www.researchgate.net/publication/350545515_HRV_in_Active-duty_Special_Forces_and_Public_Order_Military_Personnel/link/6805c3f6d1054b0207da762d/download

A integração de sensores em equipamentos de proteção individual tradicionais representa uma evolução significativa na proteção dos trabalhadores, transformando EPI passivos em sistemas ativos de monitorização.

Os sensores ambientais integrados nos dispositivos *wearables* oferecem capacidades de monitorização/detecção das condições do ambiente de trabalho diretamente no ponto de exposição do trabalhador.

No fundo, a *IoT* e a *IoMT* têm um papel transformador na Indústria em geral mas também nas Forças Armadas modernas, oferecendo monitorização em tempo real, maior precisão em diagnósticos e operações mais seguras e inteligentes. Em tempos de paz ou em situações de guerra, essas tecnologias otimizam recursos, salvam vidas e garantem maior efetividade operacional. O futuro dos exércitos passa, inevitavelmente, pela integração profunda dessas tecnologias com as táticas militares.

1.4 A vigilância do Posto de Trabalho

A vigilância no local de trabalho em Portugal é uma questão complexa que envolve o equilíbrio entre os direitos dos trabalhadores à privacidade e as necessidades legítimas dos empregadores em proteger pessoas, bens e garantir a segurança. O enquadramento legal português, fundamentado no Código do Trabalho (Lei nº 7/2009, de 12 de fevereiro), no Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD - Regulamento (UE) 2016/679,

do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016) e em legislação específica sobre videovigilância, estabelece regras claras, mas com exceções bem definidas que permitem determinadas formas de monitorização sob condições rigorosas.

Quanto à vigilância no local de trabalho em Portugal, o Código do Trabalho estabelece os limites para a sua utilização (artigos 20º e 21º), estando o empregador proibido de utilizar meios de vigilância à distância no local de trabalho, com a finalidade de controlar o desempenho profissional do trabalhador, ou seja, o seu rendimento. A interdição estende-se a todas as áreas reservadas aos trabalhadores, incluindo refeitórios, vestiários, zonas de convívio, instalações sanitárias e espaços destinados ao descanso. Esta proteção reconhece que os trabalhadores necessitam de espaços privados onde possam relaxar e interagir livremente sem se sentirem constantemente observados.

A principal exceção à proibição de vigilância laboral é quando a mesma visa a proteção e segurança de pessoas e bens. Esta exceção permite a instalação de sistemas de videovigilância quando existe uma necessidade demonstrada de proteger os trabalhadores contra riscos de segurança. A implementação deve ser proporcional ao risco identificado e adequada às circunstâncias específicas do local de trabalho. Nesta situação, o empregador é obrigado a informar o trabalhador sobre a existência e finalidade dos meios de vigilância utilizados, devendo fixar nesses locais, consoante o caso, placa com os seguintes dizeres: “Este local encontra-se sob vigilância de um circuito fechado de televisão” ou “Este local encontra-se sob vigilância de um circuito fechado de televisão, procedendo-se à gravação de imagem e som”, seguido de símbolo identificativo (artigo 20º do Código do Trabalho, Lei nº 7/2009, de 12 de fevereiro).

2. A Inteligência Artificial na Detecção de EPI

2.1. A Inteligência Artificial e as aplicações na SST

2.1.1. Conceitos básicos de Inteligência Artificial, *Machine Learning* e *Deep Learning*

A expressão IA foi criada pela primeira vez em 1956, durante um projeto de pesquisa de verão chamado *Intelligence Dartmouth*, liderado por John McCarthy. McCarthy, agora reconhecido como o pai da IA, procurou investigar se é possível descrever a inteligência de forma precisa o suficiente para ser simulada por uma máquina (Andresen, 2002, p. 85-85).

Nos dias de hoje, a IA já ultrapassa a inteligência humana em muitos domínios, por exemplo em jogos. Noutros domínios, as soluções revelaram-se mais complicadas do que o inicialmente esperado e o progresso foi mais lento (Bostrom, 2014, p. 39).

A IA é uma área da ciência da computação dedicada à criação de sistemas capazes de simular comportamentos inteligentes, como raciocínio, aprendizagem, percepção e tomada de decisão. Russell e Norvig (2010) descreve-a como o estudo de agentes que recebem percepções do ambiente e executam ações que maximizam as hipóteses de sucesso. Historicamente, a IA tem sido dividida em dois grandes ramos:

-) IA fraca (ou estreita) - Projetada para realizar tarefas específicas, como reconhecimento de fala, tradução automática ou recomendação de produtos. Um exemplo típico é o assistente virtual Siri, da Apple;
-) IA forte (ou geral) - Refere-se a sistemas com capacidades cognitivas semelhantes às dos seres humanos, capazes de raciocinar, aprender e adaptar-se a uma ampla variedade de tarefas, ainda que essa forma de IA seja, até hoje, maioritariamente teórica (Nilsson, 2010).

Uma das aplicações mais significativas da IA é a sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados e identificar padrões que seriam difíceis de detetar manualmente. Segundo Poole e Mackworth (2017), o principal avanço da IA contemporânea reside na capacidade de gerar conhecimento a partir de exemplos e aplicá-lo a novos problemas.

O *Machine learning* (Aprendizagem da Máquina) é uma subárea da IA que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem que sistemas computacionais "aprendam" a partir de dados e tomem decisões ou façam previsões sem que sejam explicitamente programados para cada tarefa específica.

De forma geral, o *Machine learning* permite que os computadores descubram padrões e regularidades em grandes conjuntos de dados, utilizando esses padrões para realizar tarefas como classificação, predição, segmentação ou recomendação. Segundo Alpaydin (2020), *Machine learning* é “um conjunto de métodos estatísticos e computacionais que permite aos sistemas melhorar seu desempenho em uma tarefa com base na experiência (dados), sem intervenção humana direta”.

A aprendizagem de máquina pode ser dividida em três tipos principais:

-) Aprendizagem supervisionada: O modelo aprende a partir de um conjunto de dados rotulado, ou seja, entradas com saídas conhecidas (Mitchell, 1997).
-) Aprendizagem não supervisionada: O sistema tenta encontrar estruturas ou padrões ocultos em dados que não possuem rótulos (Russell & Norvig, 2010).
-) Aprendizagem por reforço: O modelo aprende por meio de tentativa e erro em um ambiente, recebendo recompensas ou penalidades conforme suas ações (Sutton & Barto, 2018).

Segundo Dong (2024), o *deep learning* é um subconjunto do *machine learning* composto por algoritmos que permitem ao software treinar a si mesmo para realizar tarefas, como reconhecimento de voz e imagem, expondo uma grande quantidade de dados às multicamadas de redes neurais, tais como as redes neurais artificiais, as redes neurais recorrentes e as redes neurais convolucionais.

As redes neurais convolucionais profundas trouxeram avanços no processamento de imagens, vídeo, fala e áudio, enquanto redes recorrentes lançaram luz sobre dados sequenciais, como texto e fala (Lecun, 2015).

A utilização em massa de sistemas baseados em IA era até ao presente alvo de pouca regulação, pelo menos na União Europeia.

Nesse sentido, em 2024, foi aprovado o Regulamento (UE) 2024/1689, conhecido como AI Act (Lei Europeia da Inteligência Artificial), tratando-se do primeiro quadro legislativo da União Europeia dedicado à regulamentação da IA. Representa uma peça central para garantir o uso seguro, ético e responsável da IA no espaço europeu. O objetivo do AI Act é a criação de regras harmonizadas para o desenvolvimento, comercialização e uso de sistemas de IA na UE, promovendo:

-) Inovação centrada no ser humano;
-) Proteção da saúde, segurança e direitos fundamentais;
-) Livre circulação de produtos e serviços de IA no mercado interno europeu.

De acordo com o artigo 3.º, n.º 1, do Regulamento (UE) 2024/1689, a definição oficial de sistema de IA é a seguinte:

“Sistema de IA significa um sistema baseado em máquinas, concebido para funcionar com níveis variados de autonomia e que, para objetivos explícitos ou implícitos, pode inferir, a partir dos dados que recebe, como gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões que possam influenciar ambientes físicos ou virtuais.”

2.1.2. Aplicações da IA na previsão de acidentes e prevenção de riscos

A aplicação da IA na prevenção de acidentes e mitigação de riscos tem-se tornado cada vez mais comum em atividades industriais e ocupacionais. Sistemas baseados em IA são capazes de analisar grandes volumes de dados para identificar padrões ocultos e prever potenciais acidentes antes que ocorram. Isso só é possível graças à integração de algoritmos de *Machine learning*, que permitem antecipar situações de risco com base em variáveis como o comportamento humano, as condições ambientais, o desempenho de máquinas e histórico de acidentes (Kourou *et al.*, 2015).

Uma das formas mais promissoras dessa aplicação é a análise preditiva, que se baseia em dados operacionais para gerar modelos de risco personalizados. Por exemplo, sensores acoplados a equipamentos ou ao corpo dos trabalhadores, conectados via *IoT*, podem monitorizar em tempo real variáveis como temperatura, vibração, exposição a gases tóxicos, entre outras, e acionar alertas sempre que forem detetadas condições anormais (Jain & Roy, 2018).

Além disso, sistemas de visão computacional estão a ser utilizados para analisar imagens de ambientes de trabalho e detetar automaticamente comportamentos inseguros, como a ausência de EPI ou a permanência em áreas de risco. Esses sistemas aprendem a identificar padrões visuais associados a acidentes, reduzindo significativamente o tempo de resposta a condições perigosas (Kourou *et al.*, 2015).

Outro campo em crescimento é a modelagem e simulação de cenários de risco com base em IA, que permite testar medidas de segurança em ambientes virtuais antes da sua implementação real, otimizando processos e garantindo maior segurança.

A aplicação da IA na previsão de acidentes e prevenção de riscos nas Forças Armadas Portuguesas tem vindo a ganhar crescente relevância, à medida que tecnologias emergentes são integradas nos domínios da segurança, defesa e saúde ocupacional. Estas

ferramentas oferecem um potencial significativo para antecipar cenários de risco, otimizar a segurança das operações e proteger os militares em diferentes contextos, desde o treino até ao teatro de operações (Silva & Santos, 2022):

) Previsão de acidentes através de análise preditiva

A IA permite analisar grandes volumes de dados (*Big Data*) provenientes de sensores, históricos de acidentes, condições ambientais, relatórios de manutenção e registos biométricos dos militares, com o objetivo de identificar padrões que antecedem eventos indesejados. Por exemplo:

- o A análise preditiva de falhas mecânicas em veículos e aeronaves pode ser realizada através de algoritmos de *Machine learning*, que processam dados de manutenção e uso em tempo real (Silva & Santos, 2022).
- o Modelos preditivos de acidentes durante treinos militares podem ser desenvolvidos com base em variáveis como fadiga, clima, tipo de exercício e condição física dos militares (Tavares, 2021).
- o A deteção precoce de sobrecarga física e psicológica torna-se possível com o cruzamento de dados fisiológicos e comportamentais, prevenindo situações de colapso ou erro humano em contexto operacional (Tavares, 2021).

) Sistemas de apoio à decisão em tempo real

A IA também pode ser usada em sistemas de apoio à decisão que alertam comandantes ou técnicos de segurança sobre potenciais riscos antes que estes se concretizem. Exemplos incluem:

- o Sistemas de monitorização contínua, integrados com dispositivos IoT ou *IoMT* (como *wearables*), que recolhem e analisam sinais vitais, localização e comportamento dos militares (Tavares, 2021).
- o *Dashboards* inteligentes, que combinam dados ambientais (como temperatura, visibilidade e humidade), logísticos e humanos para fornecer avaliações de risco em tempo real (Silva & Santos, 2022).

) Prevenção de riscos operacionais e cibernéticos

- o Robôs e drones equipados com IA são utilizados para reconhecimento em áreas de risco, desativação de engenhos explosivos improvisados e operações em ambientes hostis, reduzindo a exposição direta dos militares (Silva & Santos, 2022).

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

- o A análise de vídeo com IA permite detetar comportamentos suspeitos ou falhas de segurança perimetral em bases militares, através do reconhecimento automático de padrões e anomalias (Tavares, 2021).
-) Monitorização da saúde ocupacional com IA
 - o Modelos baseados em IA são aplicados no diagnóstico precoce de condições de saúde relacionadas com o serviço militar, como stress pós-traumático, lesões musculoesqueléticas ou exaustão térmica (Silva & Santos, 2022).
 - o A integração de dispositivos *IoMT* permite a recolha contínua de dados fisiológicos, que, quando analisados por algoritmos inteligentes, facilitam intervenções médicas preventivas e rápidas (Tavares, 2021).

2.1.3. Exemplos de uso de IA nas Forças Aéreas

No contexto militar, especialmente na Força Aérea, a IA tem sido cada vez mais explorada para apoiar a SST. Os riscos operacionais enfrentados por militares — especialmente pilotos, mecânicos de aeronaves e pessoal de pista — exigem abordagens tecnológicas avançadas para mitigar incidentes.

Para além dos já mencionados sistemas *wearable* que podem efetuar monitorização fisiológica, a Força Aérea utiliza também IA em simuladores de voo com realidade aumentada e inteligência adaptativa, que ajustam os cenários de treino conforme o desempenho do piloto. Isso não só melhora a capacitação, mas também prepara os militares para responder adequadamente a emergências, reduzindo o risco de falhas humanas (Silva *et al.*, 2021).

Outra aplicação relevante é a manutenção preditiva de aeronaves. Sensores instalados nas aeronaves recolhem dados em tempo real sobre o funcionamento de sistemas críticos. A IA analisa essas informações para prever falhas antes que se manifestem, evitando acidentes por falha técnica e aumentando a confiabilidade operacional (Silva *et al.*, 2021).

2.2. Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

2.2.1. A utilização e a importância do EPI

A utilização de EPI constitui um pilar fundamental na SST em Portugal (assim como resto do Mundo), integrando-se numa estratégia hierárquica de controlo de riscos que prioriza a eliminação de perigos na fonte.

Os EPI são dispositivos concebidos para proteger o utilizador contra riscos à saúde e segurança durante a atividade laboral. Nesta definição podemos incluir equipamentos tais como capacetes, luvas, proteções respiratórias e calçado de segurança, destinados a criar uma barreira física entre o trabalhador e os perigos identificados.

O Decreto-Lei nº 348/93, de 1 de outubro, estabelece as prescrições mínimas para utilização de EPI em Portugal, exigindo adequação aos riscos específicos de cada posto de trabalho.

Já o Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho (RJPSST, Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro, alterada pela Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro) estabelece as obrigações do empregador, incluindo a avaliação de riscos, fornecimento de EPI adequados e formação dos trabalhadores. Por outro lado, o RJPSST obriga os trabalhadores a cumprir as prescrições de segurança e de saúde estabelecidas, utilizando corretamente os equipamentos de proteção coletiva e individual.

A aplicação da IA nesta área também vindo a crescer, desenvolvendo-se sistemas que auxiliem na fiscalização do uso de EPI, de preferência em tempo real. A deteção de EPI também pode ser combinada com o reconhecimento facial para determinar se as pessoas estão autorizadas a entrar em áreas de produção, ainda que não seja muito comum. Em caso de deteção de algum funcionário que não esteja devidamente equipado naquele local, o sistema notifica o supervisor por SMS ou *email* com uma imagem do incidente em anexo (Karlsson, J. *et al.*, 2022). Os sistemas existentes atualmente para a deteção de EPI já conseguem detetar com uma precisão na ordem dos 80% (Zhafran, F. *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento da IA e da *deep learning*, várias aplicações de reconhecimento de imagens tornaram-se cada vez mais comuns. Se a tecnologia puder ser aplicada para analisar as imagens gravadas por câmaras de vigilância de estaleiros de obras para verificar se os operários estão usando EPI ou não, isso proporcionará uma compreensão mais rápida, precisa e abrangente das condições do estaleiro de obras sem custos adicionais excessivos (Lo, J. *et al.* 2023).

Ainda assim, alguns desafios ainda persistem. O impacto de diversas condições climáticas (diferentes tipos de luminosidade, atividade noturna, chuva, etc.) e ambientes externos (roupas sujas ou enlameadas por exemplo) podem afetar significativamente a visibilidade e a deteção do EPI, levando a erros de deteção. As respostas a estes desafios podem melhorar significativamente a robustez e a precisão dos sistemas automáticos de deteção de EPI, contribuindo para ambientes de trabalho mais seguros (Raditya, Y. *et al.*, 2024).

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

De acordo com a informação enviada pela FAP sobre o número de ocorrências registrada nos últimos cinco anos, podemos observar que esse número tem vindo a aumentar nos últimos anos, com grande expressão nos acidentes respeitantes à área ocupacional:

Tabela 3 - Ocorrências de Segurança em Terra na FAP

Número de Ocorrências de Segurança em Terra reportadas	Total	Ocupacional	Desportiva	Viação	Treino Militar	Outros
2020	151	74	13	33	5	26
2021	141	61	9	27	11	33
2022	171	96	13	28	9	25
2023	179	107	13	30	10	19
2024	172	71	13	30	16	42

Fonte: FAP

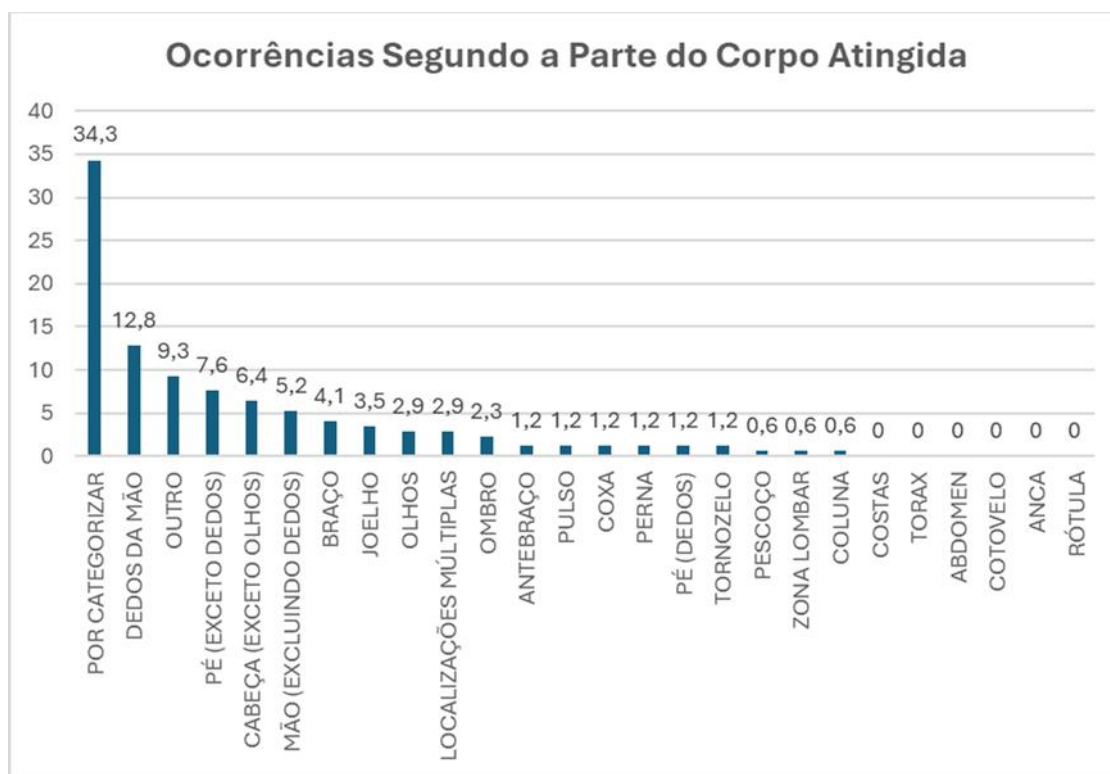


Figura 6 – Ocorrências Segundo a Parte do Corpo Atingida

Fonte: FAP

Ao analisar-se a imagem anterior, constata-se que, fora a elevada percentagem de ocorrências por categorizar, existe uma grande incidência em acidentes com lesões nos dedos da mão (12,8%) e mão (5,2%), pé (7,6 %) e cabeça (6,4%). Daqui, pode-se inferir que, muito provavelmente, grande parte destas lesões se deve à ausência de EPI.

De acordo com Malta (2024), o uso correto de EPI apropriado é vital para a segurança do trabalhador e pode ser um fator determinante entre acidentes e segurança, existindo diversos estudos que indicam uma associação significativa entre a falta de uso de EPI e acidentes de trabalho.

Este tipo de ocorrências tem origens diversas, podendo ir desde a imprudência do operador, à adoção de procedimentos incorretos, em lacunas de formação e na operação incorreta dos equipamentos de trabalho. Associada à imprudência está, frequentemente, a reduzida sensibilização e consciencialização para as questões de segurança, nomeadamente a não utilização correta de EPI.

Daqui resulta, naturalmente, a necessidade de se adotarem soluções que garantem a utilização correta dos EPI, em substituição do sistema tradicional.

2.2.2. A evolução dos sistemas de deteção automática de EPI até aos dias de hoje

A deteção de objetos é o processo de identificar objetos numa imagem e posicioná-los com precisão dentro dessa mesma imagem.

De acordo com Dong (2024), os *softwares* atuais de deteção de EPI utilizam a aprendizagem supervisionada e a rede neural convolucional (*Convolutional Neural Network* - CNN). O CNN é uma arquitetura *do deep learning* que pode captar uma imagem de entrada, atribuir-lhe importância a diversos aspetos e no fundo conseguir distinguir uma imagem de outra.

A maioria dos algoritmos de deteção de objetos atuais baseia-se na arquitetura CNN, com diversas versões melhoradas (R-CNN, *Fast* R-CNN, *Faster* R-CNN e *Mask* R-CNN). No entanto ainda persistem progressos quando se trata da deteção de objetos em tempo real. Atualmente, entre outros, um dos algoritmos mais populares na área de deteção de objetos em tempo real é o *You Only Look Once* (YOLO), que conta também já com algumas versões melhoradas (Lo, J. *et al.* 2023).

Atualmente, existem diversas empresas que já desenvolveram sistemas baseados em IA para a deteção automática de EPI. Exemplo disso são os sistemas desenvolvidos pela IPextreme, com sede no Brasil. A IPextreme oferece com o *IPXAnalytics* um poderoso *software* com diversos módulos (*Standard* e profissional) já predefinidos para diversas finalidades:

Tabela 4 - Módulos IPXAnalytics

Standard	Profissional
O IPXAnalytics oferece módulos especializados para diferentes cenários, atendendo às demandas específicas de cada cliente: ✓ Módulo Geral Detecta e classifica diversos objetos, incluindo pessoas, veículos, animais e itens do cotidiano, oferecendo uma abordagem ampla para monitoramento. ✓ Crime Solução avançada para segurança pública e privada, identificando comportamentos suspeitos e potenciais ameaças em tempo real, permitindo resposta imediata. ✓ Industrial Monitoramento especializado para ambientes industriais, incluindo detecção de presença em áreas perigosas, uso de EPIs e proximidade com máquinas em movimento. ✓ Deteção de Cabeças Tecnologia avançada para rastreamento preciso da presença humana, útil para contagem de pessoas. ✓ Fogo & Fumaça Identificação de incêndios e fumaça em estágios iniciais, reduzindo riscos e permitindo respostas rápidas para proteção de vidas e patrimônio.	✓ Rodovias Identifica veículos, caminhões e pedestres em rodovias, monitorando diferentes cenários para garantir segurança e otimização do tráfego. ✓ Pessoas em Indústrias Detecta a presença de trabalhadores em ambientes industriais de alto risco, auxiliando na prevenção de acidentes e no cumprimento de normas de segurança. ✓ Portos Biblioteca otimizada para detectar pessoas e embarcações. ✓ Bibliotecas Customizadas Oferecemos módulos especializados desenvolvidos para atender cenários específicos, proporcionando soluções personalizadas conforme a necessidade do cliente.

Fonte: <https://ipextreme.com.br/solucoesparaindustria>

Um dos módulos, nomeadamente o INDUSTRIAL, é alcançado através de visão computacional, contribuindo para a deteção automática da maioria dos EPI em uso na atualidade. Este módulo permite ser integrado a sistemas existentes, com flexibilidade de adaptação às necessidades do cliente e com significativa redução de falsos positivos em comparação com os sistemas tradicionais, conforme informação no Anexo A.

Segundo Dong (2025), *Key Account Manager* da empresa, a principal missão do *IPXAnalytics* é transformar a vigilância tradicional num processo proativo, em vez de reativo, promovendo alertas em tempo real sempre que se identifica uma violação das normas de segurança.

O sistema destaca-se pela capacidade de realizar a verificação automática do uso de EPI, detetando em tempo real a presença ou ausência de capacetes (de diversas cores), coletes refletivos (laranja, amarelo, azul, cinza), óculos de proteção, máscaras, protetores auriculares, botas de segurança e luvas, entre outros.

A funcionalidade de alertas em tempo real é um dos grandes trunfos do sistema. Sempre que é detetada uma situação de risco ou desconformidade, o *IPXAnalytics* pode enviar notificações de diversas formas (*Telegram*, *e-mail*, etc.).

Um ponto importante é a integração do sistema em *hardware* já existente. De acordo com Dong (2025) “qualquer câmara com protocolo RTSP e resolução entre VGA e 1080p pode ser usada”, o que reduz a barreira de entrada. O software é instalado

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

localmente, o que garante maior controle sobre a infraestrutura e a segurança da informação, especialmente em setores sensíveis como o industrial, logístico e farmacêutico. Os benefícios relatados por empresas já com este sistema implementado são os seguintes:

-) redução significativa de acidentes;
-) alertas mais eficazes e assertivos;
-) maior proatividade na gestão da segurança.

Para Dong (2025), a tendência é clara: “Com o avanço das tecnologias, a IA para segurança no trabalho deixará de ser uma inovação e passará a ser uma necessidade operacional. As empresas que adotarem esta tecnologia agora estarão à frente em produtividade, segurança e eficiência”. Conclui, dizendo que a investir nesta tecnologia é proteger vidas e otimizar recursos.



Figura 7 – IPXAnalytics Módulo Industrial (Detecção de EPI)

Fonte: <https://ipextreme.com.br/solucoesparaindustria>

Outro exemplo é a empresa SENSORENG (também brasileira), que fornece soluções de detecção automática de EPI.



Figura 8 – SENSORENG Módulo de Detecção de EPI

Fonte: <https://sensoreng.com.br/produtos/camera-com-deteccao-de-epis/#sobre>

De acordo com a informação disponível no site da SENSORENG, a detecção automática de EPI apresenta-se como uma solução inovadora para reforço da segurança em ambientes laborais através de uma câmara inteligente com capacidade de detecção automática de EPI, baseada em IA e visão computacional.

A principal funcionalidade da câmara é a sua capacidade de identificar, em tempo real, se os trabalhadores estão a utilizar corretamente os EPI.

Sempre que é identificada uma inconformidade, o sistema gera alertas automáticos que podem ser enviados por aplicações móveis, e-mail ou painel de controlo remoto, permitindo uma resposta imediata por parte dos supervisores de segurança.

A SENSORENG vai ainda mais longe, tendo inclusive apresentado uma inovação muito recentemente que permite a detecção de EPI em qualquer lugar exterior, ao contrário da maioria dos sistemas tradicionais com câmaras fixas.

A Unidade Móvel de Detecção de EPI, permite ser facilmente transportada e operada em locais mais remotos de um estaleiro de obra (ou de outra atividade qualquer), assegurando que todos os trabalhadores estão a utilizar corretamente os EPI.



Figura 9 – SENSORENG Unidade Móvel de Detecção de EPI

Fonte: <https://www.linkedin.com/in/leandro-oliveira87/>

As soluções apresentadas anteriormente permitem a integração em sistemas CCTV existentes (ou a instalação em sistemas dedicados), assim como configurar os sistemas para envio de alertas.

Do ponto de vista operacional, este tipo de tecnologia tem um impacto direto na prevenção de acidentes, na promoção da cultura de segurança e no aumento da conformidade com as normas legais. A recolha contínua de dados permite identificar padrões de comportamento e definir ações corretivas mais eficazes, além de servir como suporte para auditorias e processos de certificação. Tudo isto contribui para reduzir custos com sinistros, aumentar a produtividade e proteger vidas humanas.

3. Metodologia e Método

Neste capítulo apresentam-se a metodologia e o método que sustentaram o desenvolvimento desta investigação.

3.1. Metodologia

Neste estudo, é adotado um raciocínio indutivo (aproximação indutiva), partindo-se da observação de factos particulares e reais num determinado contexto, para posteriormente, através da sua associação, obter-se generalizações que possam suportar uma teoria (Santos & Lima, 2019, pág. 18).

A investigação segue uma estratégia qualitativa (na medida em que a interpretação dos fenómenos sociais e a atribuição dos respetivos significados é feita a partir de padrões encontrados nos dados, e não através da recolha de dados com o intuito de comprovar teorias ou verificar hipóteses), do tipo estudo descritivo (pois produz dados descritivos a partir de documentos, de entrevistas e da observação) (Vilelas, 2009, p. 105).

Segue os procedimentos interpretativos de um estudo de caso (consiste num procedimento metodológico através do qual o investigador procura recolher informação detalhada sobre uma única unidade de estudo, podendo essa unidade ser o indivíduo, a comunidade ou até mesmo a nação), uma vez que se pretende obter, através das perspetivas de indivíduos com experiência nas áreas a abordar, uma interpretação geral da realidade. É analisado um determinado fenómeno real através do qual, após interpretação dos pontos de vista dos participantes, se pode obter uma descrição rigorosa do objeto de estudo (Freixo, 2011, p. 109).

3.2. Método

A recolha de dados passa, essencialmente, pela realização de entrevistas a um conjunto de pessoas com experiência ou funções na área da SST, trabalhadores da FAP e da empresa EMBEIRAL. Neste subcapítulo, estão identificados os entrevistados (apenas funções), os procedimentos, bem como os instrumentos de recolha de dados e as técnicas de tratamento dos mesmos.

Os entrevistados são identificados ao longo do texto pela letra E, e um número sequencial, de acordo com a informação constante no Apenso B.

3.2.1. Participantes e procedimentos

A investigação desenvolveu-se com a colaboração de diversos elementos da estrutura de prevenção de acidentes da FAP, de funcionários da FAP e da empresa EMBEIRAL, subdividida em três grupos de participantes, selecionados considerando os objetivos e o objeto de estudo, nomeadamente:

Grupo 1 - amostra constituída por militares responsáveis da Direção de Infraestruturas (projeto e execução de obra), da Esquadra de Manutenção Base (serviço no qual trabalham os principais funcionários civis e militares nas áreas de construção civil, metalomecânica, carpintaria, eletricidade, etc.) da Base Aérea nº 8 (BA8), da IGFA que lida diretamente com a temática da SST na FA (nível superior), do Gabinete de Prevenção de Acidentes da BA8 (nível local) e o Técnico de Segurança e Saúde no Trabalho (TSST) da empresa EMBEIRAL, com estaleiro de obra montado neste momento na BA8:

Tabela 5 - Participantes do grupo 1

E#	Nome	Colocação	Função	Tipo	Data
E1	Major	DI	Dono de Obra	Email	26/06/2025
E2	Major	EMB-BA8	Chefe	Email	25/06/2025
E3	Major	IGFA	TSST	Email	27/06/2025
E4	Major	GPA-BA8	Chefe	Email	26/06/2025
E5	Engenheiro	Embeiral	TSST	Email	23/06/2025

Grupo 2 - amostra constituída por funcionários da empresa EMBEIRAL, que trabalham diretamente na obra na BA8, assim como trabalhadores da BA8 em funções na área oficial e construção civil:

Tabela 6 - Participantes do grupo 2

E#	Nome	Colocação	Função	Tipo	Data
E6	Anónimo	Embeiral	Eletricista	presencial	16/06/2025
E7	Anónimo	Embeiral	Encarregado	presencial	16/06/2025
E8	Anónimo	Embeiral	Servente	presencial	16/06/2025
E9	Anónimo	Embeiral	Servente	presencial	16/06/2025
E10	Anónimo	Embeiral	Pedreiro	presencial	16/06/2025
E11	Anónimo	Embeiral	Pedreiro	presencial	16/06/2025

E#	Nome	Colocação	Função	Tipo	Data
E12	Anónimo	Embeiral	Pedreiro	presencial	16/06/2025
E13	Anónimo	Embeiral	Eletricista	presencial	16/06/2025
E14	Anónimo	Embeiral	Eletricista	presencial	16/06/2025
E15	Sargento-Chefe	BA8	Chefe Esquadilha	presencial	27/06/2025
E16	Anónimo	BA8	Pintor	presencial	27/06/2025

3.2.2. Instrumentos de recolha de dados

“É mediante uma adequada construção dos instrumentos de recolha de dados, que a investigação alcança então a necessária correspondência entre teoria e factos” (Vilelas, 2009, p. 265).

Nas “estratégias qualitativas a recolha de dados é efetuada recorrendo à entrevista, à observação e à análise documental” (Sousa & Baptista, 2011, pp. 80-81).

Neste particular foram utilizados os seguintes instrumentos:

-) Análise documental – dos regulamentos, normas e procedimentos definidos institucionalmente, no sentido de analisar a legislação em vigor, tanto no interior como no exterior da FAP.
-) Entrevistas – realizadas no seio da FAP, a militares com responsabilidade na área da SST e direção de Obras, assim como a trabalhadores (militares e civis) da BA8. Aproveitando que está a decorrer uma grande obra de construção civil por parte da empresa EMBEIRAL no interior das instalações da BA8, é importante recolher também testemunho do TSST e dos seus trabalhadores, especialmente por se tratar de empresa com implantação territorial fora da FAP, permitindo uma visão mais aproximada do *state of the art* externo deste setor de atividade.

3.2.3. Técnicas de Tratamentos de dados

Após a receção dos dados decorrente das entrevistas efetuadas na segunda fase da investigação, proceder-se ao seu tratamento, avaliação e discussão, retirando daí conclusões úteis à problemática e que respondam às questões elencadas. Relativamente à análise documental, esta focou-se na legislação, regulamentos, normas em vigor na FA e

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

na sociedade portuguesa relativamente à SST e ao uso da IA nos dias de hoje e nas suas vantagens para a SST.

Em suma, espera-se que a análise possa concorrer para o aumento do conhecimento, sem nunca esquecer eventuais limitações e as recomendações (Santos & Lima, 2019).

A análise é dividida por dimensões por forma a materializar o desmembramento da totalidade do conteúdo das entrevistas em excertos das mesmas pelas dimensões em análise, contribuindo individual e coletivamente para responder às QD e QC.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo, é analisada a informação recolhida e respondidas às QD e a QC.

4.1. A perceção dos TSST sobre um Sistema IA com Detecção automática de EPI

As entrevistas recolhidas junto de responsáveis e profissionais com funções em contextos institucionais e operacionais revelam uma abordagem crítica, mas esperançosa, quanto ao potencial da IA na área da segurança e saúde no trabalho. Participaram nas entrevistas militares da FAP (E1 a E4), bem como da firma EMBEIRAL (E5), permitindo uma visão comparativa entre contextos militares e civis.

A maioria das instituições ainda não utiliza IA no domínio da SST (E1, E2, E4, E5). Apenas E3 refere o uso efetivo, nomeadamente na identificação de perigos e na avaliação de riscos, como complemento ao trabalho técnico tradicional. Essa experiência, embora pontual, serve como exemplo do valor da IA no reforço da prevenção, especialmente quando integrada em plataformas de análise.

Apesar do uso incipiente, há um forte consenso quanto ao potencial da IA para reduzir acidentes. Quatro dos cinco entrevistados concordam totalmente com essa ideia (E2, E3, E4, E5), enquanto E1 manifesta concordância parcial. Os benefícios apontados são vastos: desde a monitorização em tempo real, passando pela análise preditiva de comportamentos inseguros, automatização de tarefas perigosas, formação adaptada, até à gestão preditiva da saúde ocupacional (E3, E4). E2 destaca o papel da IA na deteção do uso incorreto ou inexistente de EPI, e E5 reforça a sua utilidade no controlo do uso de equipamento de proteção.

Apesar do entusiasmo, surgem também obstáculos claros à implementação. Todos os entrevistados identificam como entrave comum o custo elevado. Outros entraves incluem a falta de conhecimento técnico (E4, E5), dificuldades de integração com sistemas existentes (E1, E4), resistência dos colaboradores (E2), falta de regulamentação específica e desafios éticos (E4). Estes fatores demonstram que, para além da viabilidade técnica, há uma necessidade de preparação organizacional, cultural e legal.

Questionados sobre planos futuros, apenas E2 confirma um investimento previsto, enquanto E1 e E4 afirmam que ainda está por decidir. E3 e E5 negam planos atuais. Esta hesitação poderá estar associada, em parte, à falta de estudos prévios sobre a viabilidade da implementação, confirmada por E1, E3 e E5. Apenas E4 indica que um estudo está em curso, e E2 refere que já foi considerado, mas foi tido como inviável no momento.

Quanto à legislação, a maioria (E2, E4, E5) considera que não é suficiente para regular o uso da IA em SST. E1 e E3 assumem não ter opinião formada. Isto reforça a necessidade de normas específicas e atualizadas, particularmente em domínios sensíveis como a proteção de dados e a ética da automação em contexto laboral.

Relativamente à formação dos colaboradores, todos concordam com a sua importância, com destaque para E1, E2 e E4 que a consideram muito importante. Esta dimensão surge como fator crítico de sucesso: os entrevistados que se mostraram mais otimistas quanto à receptividade dos trabalhadores à IA condicionam essa aceitação à formação e sensibilização adequadas (E1 a E3, E5). Apenas E4 considera que os trabalhadores já estariam receptivos por si só, sugerindo um ambiente interno mais predisposto à inovação.

As áreas específicas da SST onde a IA pode ter maior impacto são diversas: desde a avaliação de riscos (E1, E5), deteção de falhas no uso de EPI (E2), monitorização ergonómica e comportamental (E3), até à avaliação do clima organizacional (E4). A transversalidade das respostas reforça a ideia de que a IA, quando bem aplicada, pode potenciar todos os pilares da segurança organizacional: prevenção, monitorização, formação e decisão.

Em termos de prioridade de investimento, há um equilíbrio entre quem defende prioridade alta (E2, E4), média (E3, E5) e baixa (E1). Esta distribuição reflete não apenas o setor de atividade, mas também a maturidade digital e a urgência percebida em cada organização.

Sobre a aplicação específica de sistemas com câmaras para detetar automaticamente o uso de EPI, as respostas são globalmente favoráveis, mas com nuances importantes. E2, E3, E4 e E5 reconhecem que pode ser uma mais-valia, especialmente se respeitar a privacidade, for bem implementada e se aplicar em contextos controlados. E3 alerta para a importância da proteção de dados, E4 sublinha o impacto potencial na promoção de uma cultura preventiva, e E2 considera que pode também contribuir para a melhoria dos procedimentos operacionais. E5 vê utilidade direta para os supervisores de campo. Já E1, mais cético, considera que apesar de ser boa em teoria, na prática poderá não ser eficaz.

4.2. A percepção dos Trabalhadores sobre um Sistema IA com Detecção automática de EPI

A análise das entrevistas realizadas a um conjunto de trabalhadores revela uma visão multifacetada sobre a introdução de um sistema baseado em câmaras e IA destinado a verificar automaticamente o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). A amostra abrange uma diversidade de profissionais (E6 a E16), com experiências e contextos que permitem obter um retrato credível sobre a aceitação, preocupações e expectativas relativas a esta tecnologia emergente.

Quanto às práticas habituais, todos os trabalhadores entrevistados indicam que utilizam diversos EPI no seu quotidiano, com destaque para capacete, luvas, óculos e botas. Há, contudo, uma ampliação na variedade de equipamentos mencionados, com alguns a referirem o uso de coletes, máscaras, auscultadores ou supressores de ruído (E13, E14, E15, E16). Este alargamento pode refletir funções mais específicas ou ambientes laborais com riscos mais diversificados.

Apesar da ampla utilização dos equipamentos, vários entrevistados assumem que existem situações onde os EPI não são usados. Os momentos mais mencionados são as pausas para almoço e descanso (E8, E9, E10, E12), mas também surgem situações de exceção associadas à natureza das tarefas — por exemplo, E6 refere que as luvas dificultam o manuseio de certos materiais, E13 e E14 argumentam que os óculos e auscultadores nem sempre são necessários, e E15 admite que, em casos de urgência, o uso do EPI pode ser negligenciado. Estes testemunhos revelam que, mesmo com a consciência da importância dos equipamentos, fatores práticos e contextuais interferem com a sua utilização consistente.

No que toca ao conforto e adequação dos EPI, a maioria afirma que os equipamentos são geralmente adequados e confortáveis (E6 a E13), embora surjam críticas que não devem ser desvalorizadas. E13 nota desconforto climático, E14 considera que os equipamentos “não são confortáveis nem adequados”, E15 salienta que a qualidade poderia ser melhor nalguns casos, e E16 responde que “nem sempre” os EPI são confortáveis. Este ponto é relevante, pois pode condicionar a aceitação de uma vigilância automatizada do seu uso — se o equipamento for desconfortável, um sistema que impõe o seu uso contínuo poderá ser menos bem aceite.

Quanto ao conhecimento prévio sobre sistemas de deteção automática de EPI, apenas E7 e E11 afirmam ter já ouvido falar em tecnologias semelhantes, sendo associadas

a câmaras de vigilância. A generalidade dos trabalhadores desconhece esta possibilidade, o que reforça a necessidade de ações de informação e sensibilização antes de qualquer implementação.

Ainda assim, quando confrontados com a ideia de um sistema que verifica automaticamente o uso de EPI, a maioria manifesta abertura e até concordância. Vários entrevistados (E8, E9, E11, E12, E13, E14) consideram a proposta positiva, destacando o seu contributo para garantir que todos usam os equipamentos corretamente. E10 admite que pode ser intrusivo, mas necessário. Já E15 e E16 aceitam a ideia com reservas importantes: ambos expressam preocupações com a privacidade — para E15, “a privacidade do indivíduo é fundamental”, e E16 sublinha que o sistema só é aceitável se não interferir com essa mesma privacidade. Em oposição, E6 e E7 não reconhecem vantagens na proposta, refletindo uma visão mais cética ou tradicional.

A questão da eficácia na promoção da segurança divide opiniões. Parte dos trabalhadores acredita que o sistema pode ter um impacto positivo, especialmente na prevenção de acidentes (E8, E9, E12, E13). Outros são mais reticentes — E6 e E7 consideram que a segurança deve ser responsabilidade individual e E16 discorda da eficácia do sistema. E15 mostra-se cauteloso, dizendo que “bem utilizado, poderá ser útil”, mas destaca a importância da existência de sistemas de alerta eficazes. Este equilíbrio entre controlo automatizado e responsabilidade humana é central para a aceitação futura.

As reações ao potencial impacto psicológico da presença contínua de um sistema de vigilância também são diversas. E6, E11, E15 e E16 apontam que o sistema pode causar desconforto, com E15 a afirmar que não acredita que os trabalhadores se sintam “à vontade” ao saberem que estão “constantemente a ser observados”. Por outro lado, E8, E9, E12, E13 e E14 negam qualquer impacto negativo neste sentido, e E7 relativiza, dizendo que depende do perfil do trabalhador. Este conjunto de respostas demonstra que as experiências anteriores com vigilância, ou mesmo a cultura organizacional, podem influenciar a perceção de *stress*.

Relativamente à privacidade, a maioria dos trabalhadores não se mostra preocupada por estar a ser filmada no local de trabalho (E6 a E14), desde que se trate de um ambiente profissional. Ainda assim, E10, E15 e E16 voltam a levantar questões importantes. Para E10, o local de trabalho não elimina a preocupação com a privacidade, e E15 reforça que “não deve haver atropelos à privacidade do indivíduo”. E16 partilha a mesma inquietação, temendo que o sistema possa ultrapassar os limites legítimos da monitorização. Estes

dados apontam para a necessidade de garantir um equilíbrio claro entre controlo e respeito pela dignidade dos trabalhadores.

Quanto ao modo de atuação do sistema, a maioria prefere ser avisada diretamente quando não está a usar EPI (E7 a E9, E11 a E13, E15, E16). Apenas E14 prefere que o alerta seja enviado ao supervisor, e E6 considera a questão indiferente. A preferência por um *feedback* imediato e pessoal está associada à eficácia e à autonomia. As formas de notificação variam entre mensagem no telemóvel (E8, E9, E10, E14, E16), alerta sonoro (E11, E12, E13) e aviso pessoal ou do supervisor (E6, E7, E15). Independentemente da forma, a maioria valoriza uma comunicação direta, não intrusiva, e que respeite os limites do espaço individual.

Existe uma concordância unânime quanto à importância de os trabalhadores serem informados sobre o funcionamento do sistema antes da sua implementação. Todos os entrevistados (E6 a E16) sublinham a necessidade de serem esclarecidos, o que valida a premissa de que qualquer transformação digital deve ser precedida de processos de formação, diálogo e transparência.

No campo das sugestões, as respostas foram mais dispersas. Alguns (E7, E11, E12) apontam medidas concretas como “alerta e controlo”, sistemas de sirene ou mecanismos que evitem a distração. Outros (E6, E8, E9, E13, E14) dizem não ter sugestões, o que pode indicar desconhecimento técnico ou falta de confiança em influenciar o processo. E15 e E16 reforçam a importância da comunicação direta e do respeito pela privacidade como critérios essenciais para que o sistema seja justo e bem aceite.

Por fim, quanto às preocupações com a tecnologia, a maioria dos trabalhadores afirma não ter receios específicos (E6 a E9, E12, E14). Ainda assim, voltam a surgir vozes mais críticas: E10 pede mais esclarecimentos, E13 teme que o sistema se torne numa fonte de ansiedade para os trabalhadores, e E15 e E16 reiteram preocupações com a exposição, funcionamento, privacidade e limites de atuação da tecnologia.

4.3. Contributos da Inteligência Artificial para a melhoria da SST na FAP.

A análise dos testemunhos recolhidos junto de trabalhadores operacionais (FAP e EMBEIRAL) e técnicos com responsabilidades na área da SST, em especial no contexto militar e institucional, revela um conjunto de contributos relevantes que a IA pode oferecer à FAP no reforço das suas práticas preventivas. Esta análise, baseada em duas amostras distintas (trabalhadores e técnicos/quadros com funções de decisão), permite compreender

tanto as percepções práticas como as estratégicas em torno da adoção de tecnologias inteligentes para segurança laboral.

De um modo geral, existe um reconhecimento claro de que a IA tem potencial para melhorar a eficácia dos sistemas de segurança, nomeadamente através da sua capacidade de monitorização em tempo real, deteção de riscos e automatização de tarefas críticas. Entre os principais contributos apontados destaca-se, desde logo, a possibilidade de a IA ajudar a evitar acidentes ao permitir a identificação antecipada de comportamentos inseguros ou falhas de cumprimento de procedimentos, tal como indicaram vários entrevistados dos dois grupos. No contexto operacional da FAP, onde se lidam diariamente com ambientes técnicos exigentes, maquinaria sensível e risco elevado, este tipo de aplicação poderá ter um impacto concreto na redução de incidentes.

Outro aspeto muito valorizado nas entrevistas é o contributo da IA para a verificação do uso correto de EPI. Tanto trabalhadores como técnicos veem com bons olhos a introdução de sistemas automáticos de deteção (com recurso a câmaras e algoritmos) desde que sejam respeitadas as regras de privacidade e o sistema seja corretamente comunicado e implementado. Para muitos, este tipo de ferramenta não deve substituir o papel humano, mas sim funcionar como apoio ao trabalho de supervisão, promovendo alertas em tempo útil e corrigindo lapsos pontuais. Esta função pode ser particularmente útil em áreas como manutenção aeronáutica, operações no terreno ou formação técnica, onde o uso de EPI é uma condição essencial à segurança.

A IA é também apontada como instrumento eficaz para tornar os processos de avaliação de risco mais rápidos, objetivos e menos dependentes de erros humanos. Técnicos de SST destacam o seu valor na automatização de tarefas repetitivas, no cruzamento de dados históricos com dados operacionais em tempo real, bem como na análise ergonómica e no ajustamento de condições de trabalho. Numa organização com a complexidade da FAP, onde convivem múltiplas funções e perfis de risco, a aplicação de IA pode permitir diagnósticos mais precisos e uma melhor gestão de recursos humanos e materiais afetos à segurança.

Além disso, os entrevistados reconhecem a IA como uma oportunidade no domínio da formação. Através da personalização dos conteúdos e da utilização de tecnologias como a realidade aumentada, torna-se possível reforçar os conhecimentos dos militares e adaptar os programas às exigências de cada especialidade. Na FAP, onde o treino e a disciplina são elementos estruturantes da cultura organizacional, esta vertente da IA pode revelar-se um aliado importante para manter elevados padrões de segurança operacional.

Contudo, as entrevistas revelam também um conjunto de obstáculos que importa considerar. Um dos principais é o custo associado à implementação da tecnologia, identificado transversalmente tanto em ambientes civis como militares. Para além do investimento inicial, há preocupações com a integração da IA com sistemas já existentes, muitas vezes desatualizados ou compartimentados. A falta de regulamentação específica e os desafios éticos, como o respeito pela privacidade e a proteção de dados, são igualmente mencionados como fatores críticos a ter em conta, sobretudo em contextos militares onde os dados operacionais são sensíveis.

No plano humano, é evidente que a aceitação da IA por parte dos trabalhadores depende fortemente da forma como esta for introduzida. Os entrevistados referem que a receptividade dos colaboradores está diretamente ligada ao grau de formação e sensibilização. A tecnologia, por si só, não basta: será necessário investir em processos de transição bem planeados, assentes na confiança e na comunicação clara. Qualquer tentativa de impor soluções automáticas sem o devido enquadramento poderá gerar resistências ou até comprometer a sua eficácia.

Por outro lado, há preocupações legítimas com o impacto psicológico da vigilância contínua. Alguns trabalhadores admitem sentir desconforto se forem filmados ou monitorizados constantemente, o que pode, a longo prazo, afetar a motivação e o sentimento de autonomia. Na FAP, onde o espírito de corpo, a confiança e a responsabilidade individual são valores fundamentais, esta questão deve ser gerida com cuidado. A IA deve ser percebida como uma aliada da missão de proteção, e não como um instrumento de punição ou controlo desproporcional.

Em suma, as entrevistas analisadas permitem concluir que a IA pode efetivamente desempenhar um papel relevante na melhoria da SST na FAP, desde que a sua implementação seja feita com critério, ética e respeito pelos valores institucionais. Os contributos mais evidentes dizem respeito à prevenção de riscos, à automatização de verificações, ao reforço da formação e à gestão de dados para decisão estratégica. No entanto, para que este potencial se concretize, será essencial garantir condições de aceitação técnica, legal e cultural, através de investimento em formação, comunicação clara e criação de regulamentação adequada ao contexto específico da defesa nacional.

Conclusões

A SST é atualmente uma preocupação central em todas as organizações, sobretudo naquelas onde os riscos associados à atividade profissional são elevados, como é o caso da FAP. A elevada incidência de acidentes de trabalho, conforme reportado pela OIT, demonstra a necessidade premente de adotar soluções tecnológicas mais eficazes na mitigação de riscos, especialmente nos ambientes mais exigentes. A IA, enquanto tecnologia emergente, apresenta um enorme potencial na prevenção de acidentes e na monitorização do cumprimento das normas de segurança, nomeadamente através da deteção automática da utilização de EPI.

Esta dissertação tem como objetivo geral analisar de que forma a IA pode contribuir para a melhoria das condições de SST na FAP, centrando-se na deteção automática de EPI. Para isso, são definidos dois objetivos específicos: analisar o sistema de SST atualmente implementado na FAP e estudar a aplicabilidade da IA no seu contexto operacional. A pergunta central que orienta esta investigação é: "Como a IA pode contribuir para a melhoria das condições da SST na FAP?", à qual se associam duas questões derivadas, uma sobre o sistema atual SST e outra sobre a integração da IA nesse sistema.

No plano legal, a SST em Portugal assenta num quadro legislativo robusto, centrado na Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, que define o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. Esta legislação aplica-se ao setor público e privado, incluindo as Forças Armadas, com as adaptações necessárias às suas especificidades. O Código do Trabalho complementa esta lei, reconhecendo o direito dos trabalhadores a condições de trabalho seguras e saudáveis. Diversas entidades reguladoras, como a ACT, o ISHST e a DGS, desempenham papéis importantes na fiscalização e promoção da SST a nível nacional.

Na FAP, a aplicação da legislação de SST apresenta especificidades associadas à condição militar. Apesar das restrições legais nas atividades operacionais e de combate, a FAP tem vindo a aplicar, sempre que possível, os princípios da SST nas suas atividades, particularmente na formação, logística, manutenção e serviços de apoio. A estrutura da SST na FAP é composta por diversos níveis hierárquicos, com o GPA, os OST e os DST como principais intervenientes na prevenção de acidentes.

A Avaliação de Riscos é realizada com base em métodos qualitativos, semi-quantitativos e quantitativos, e utiliza uma matriz de avaliação específica que cruza

probabilidade, gravidade e exposição para determinar o nível de risco. Este processo é formalizado no RFA 25-1 (E), que define também os Códigos de Avaliação de Risco. Esta abordagem permite uma gestão estruturada e sistemática dos perigos, assegurando a implementação de medidas adequadas de controlo.

A gestão do risco é uma prática central na FAP. O modelo adotado pela Força Aérea Portuguesa segue princípios e padrões internacionais, apostando numa abordagem proativa, integrada e adaptativa à segurança, saúde ocupacional e gestão de risco. Este sistema visa garantir a proteção do pessoal, a eficácia operacional e a sustentabilidade das missões, num contexto cada vez mais complexo e exigente.

A par da legislação e da avaliação de riscos, a automação e a tecnologia têm desempenhado um papel crescente na mitigação de riscos. A *IoT* e a *IoMT* são tecnologias que permitem monitorizar em tempo real condições ambientais e fisiológicas dos trabalhadores. Dispositivos como sensores vestíveis recolhem dados como frequência cardíaca, temperatura corporal e níveis de oxigénio no sangue, permitindo a deteção precoce de estados de fadiga, stress ou risco físico. Esta integração tecnológica é particularmente relevante em ambientes militares, onde a rapidez da resposta pode ser determinante.

A IA, enquanto disciplina da ciência da computação, permite simular processos cognitivos humanos como a aprendizagem, perceção e tomada de decisão. Esta tecnologia, sobretudo através do *machine learning* e do *deep learning*, é hoje utilizada para reconhecer padrões em grandes volumes de dados, prever acidentes e automatizar processos de supervisão. A sua aplicação na SST permite, por exemplo, o desenvolvimento de sistemas de visão computacional capazes de detetar, em tempo real, a presença ou ausência de EPI em trabalhadores, acionando alertas automáticos sempre que se verifique uma infração.

A deteção automática de EPI é uma das áreas mais promissoras da aplicação da IA na SST. Atualmente, sistemas baseados em redes neuronais convolucionais, como as arquiteturas *YOLO*, são capazes de analisar imagens de vídeo em tempo real e identificar se os trabalhadores estão a utilizar corretamente os EPI. Estes sistemas, já implementados por empresas como a IPextreme e a SENSORENG, apresentam taxas de acerto superiores a 80%, embora ainda enfrentem limitações associadas a condições ambientais adversas, como baixa luminosidade ou roupas sujas.

Apesar dos avanços, os sistemas de deteção automática de EPI ainda enfrentam desafios técnicos e éticos. Entre os principais obstáculos estão a fiabilidade em ambientes externos, a variabilidade nas condições climáticas, o impacto da sujidade nos EPI e as

questões relacionadas com a privacidade e vigilância dos trabalhadores. No entanto, estes sistemas representam uma oportunidade para aumentar a eficácia da supervisão, reduzir a exposição dos técnicos de segurança a ambientes perigosos e reforçar a cultura de segurança nas organizações.

No plano metodológico, a investigação adotou uma abordagem qualitativa, do tipo estudo de caso, com base em entrevistas semiestruturadas a dois grupos distintos da FAP: técnicos de SST/responsáveis com funções de decisão e trabalhadores. Estas entrevistas visaram recolher perceções sobre o sistema atual de SST, o conhecimento prévio sobre IA e o grau de aceitação da sua aplicação na deteção de EPI. Os guiões das entrevistas foram adaptados a cada grupo e organizados de forma a explorar os principais fatores facilitadores e as barreiras à adoção desta tecnologia.

Os resultados das entrevistas revelaram uma perceção positiva por parte dos técnicos de SST/responsáveis com funções de decisão relativamente à utilidade da IA na deteção de EPI. Estes profissionais reconhecem que a supervisão manual é limitada, tanto em eficácia como em cobertura, e identificam a IA como uma ferramenta útil para reforçar o cumprimento das normas de segurança, sobretudo em locais de difícil acesso ou onde há ausência de fiscalização constante. Consideram também que a IA poderá libertar os técnicos para tarefas de maior valor acrescentado, como a análise de dados e a formação.

Por outro lado, os trabalhadores demonstraram alguma apreensão relativamente à vigilância constante, manifestando preocupações com a privacidade e com a possibilidade de sanções automáticas. Ainda assim, a maioria revelou abertura à implementação da tecnologia, desde que haja uma comunicação clara sobre os objetivos, benefícios e garantias legais da sua utilização. A aceitação é maior quando os sistemas são vistos como aliados da segurança e não como mecanismos punitivos.

A análise conjunta das perceções permite concluir que a aplicação da IA na deteção de EPI é viável e bem aceite, desde que acompanhada por medidas complementares, como campanhas de sensibilização, formação e envolvimento dos trabalhadores no processo de transição digital. O sucesso da sua implementação dependerá da capacidade da organização para integrar esta tecnologia numa estratégia mais ampla de cultura de segurança, onde a tecnologia é vista como apoio à decisão e não como substituta da supervisão humana. A tecnologia, só por si, não salva vidas humanas, mas pode ser uma aliada poderosa quando bem usada.

Em suma, a investigação confirma que a IA tem um papel relevante a desempenhar na melhoria da SST na FAP, com particular destaque para a deteção automática de EPI.

Esta tecnologia pode reduzir significativamente o número de acidentes de trabalho, melhorar a conformidade com as normas de segurança e permitir uma gestão mais eficiente dos recursos humanos afetos à fiscalização. No entanto, a sua implementação exige um esforço coordenado de adaptação cultural, técnica e legal, de forma a garantir a sua eficácia e aceitação pelos diferentes atores organizacionais.

Em termos de limitações, importa referir que ocorreram diversas tentativas de contacto com empresas (principalmente brasileiras) que comercializam sistemas que detetam automaticamente EPI, nomeadamente HIKVISION, PIXFORCE e FU2RE SMART SOLUTIONS, mas sem sucesso. Por outro lado, algumas respostas a questionários não foram validadas por estarem muito incompletos, com questões sem qualquer resposta, o que impediu que a amostra fosse maior.

No que respeita a recomendações para estudos futuros, propõem-se os seguintes:

-) Investigação sobre ética e privacidade no contexto militar: a aplicação da IA em contextos de segurança deve ser estudada do ponto de vista ético e legal, com foco na aceitação dos militares (e civis), limites da vigilância e implicações sobre a autonomia individual;
-) Estudos de custo-benefício da aplicação de IA na deteção de EPI: tendo em conta que a FAP já tem sistemas CCTV, importa numa primeira linha avaliar a integração das soluções apresentadas com os sistemas CCTV já implementados. Ou, não sendo, qual o custo de implementação autónomo. No fundo perceber qual o custo de implementação de soluções IA para a deteção de EPI, considerando não apenas os custos operacionais, mas também os ganhos em produtividade, prevenção e saúde.

Referências

ANDRESEN, S. L. (2002). **John McCarthy: father of AI**. IEEE intelligent systems, 17(5), 84-85. <https://doi.org/10.1109/MIS.2002.1039837>.

ALPAYDIN, E. (2020). **Introduction to Machine learning** (4th ed.). MIT Press.

AUTORIDADE PARA AS CONDIÇÕES DO TRABALHO (ACT). (2024). **Relatório de atividades e estatísticas de SST**.

AGÊNCIA EUROPEIA PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO - **Digitalização e segurança e saúde no trabalho (SST)**. Bilbao. 2020. Disponível em https://osha.europa.eu/sites/default/files/2021-10/Digitalisation_and_OSH_PT.pdf/.

BÉRASTÉGUI, Pierre (2024): **Artificial intelligence in Industry 4.0: Implications for occupational safety and health**. Relatório n.º 2024.01, ISBN 978-2-87452-714-2, European Trade Union Institute (ETUI), Brussels.

BOSTROM, N. (2014). **Superintelligence: Paths, dangers, strategies**. Oxford University Press.

CABRAL, F., & Veiga, R. (2010). **Higiene, segurança, saúde e prevenção de acidentes de trabalho**. (20.^a ed.). Verlag Dashöfer.

CARVALHO, F. C. (2007). **Estudo comparativo entre diferentes métodos de avaliação de risco, em situação real de trabalho**. [Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa.

COCKBURN, William. **Inteligência artificial e SST: O futuro do trabalho ou um desafio complexo?** [Em linha]. Lisboa: Security Magazine, 2024, atual 2024. [Consult. 23 Out. 2024]. https://osha.europa.eu/sites/default/files/2021-10/Digitalisation_and_OSH_PT.pdf.

DANNA, K., & Griffin, R.W. (1999). **Health and well-being in the workplace: a review and synthesis of the literature**. Journal of Management. 25(3):357-384.

DIREÇÃO-GERAL DA SAÚDE (DGS). (2020). **Normas e orientações técnicas em saúde ocupacional**.

DONG, Timoteo. **Visão computacional e inteligência artificial aplicadas – Cases de sucesso**. Brasil: Instituto de Engenharia, 2024. <https://www.youtube.com/live/rgT4VjZkao4>.

DONG, Timoteo. **Entrevista concedida em 17 de junho de 2025** [A entrevista encontra-se transcrita no Apenso “C” desta monografia].

FREIXO, M. J. V. (2011). **Metodologia Científica: Fundamentos, Métodos e Técnicas**. 3.^a ed. Lisboa: Instituto Piaget.

GABINETE DE ESTUDOS DA FESETE (2010). **Manual de Avaliação de Riscos**. Casa Sindical dos Trabalhadores Têxteis, Vestuário e Calçado. Porto.

GILLIS, A. (2020, February 11). **What is IoT (Internet of Things) and How Does it Work?** Consultado em 09/01/2025 - <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>.

HUANG, C. et al. (2023). **Internet of medical things: A systematic review**. Consultado em 13/01/2025 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231223008421?via%3Dihub>).

HUGHES, Phil & Ferret, Ed (2007). **Introduction to Health and Safety at Work**. 3^a ed. Oxford, UK. ISBN 978-0-7506-8503-0.

INSPEÇÃO-GERAL DAS ATIVIDADES EM SAÚDE (2018). **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho**. MN/008/ED.01 – DGR/2018.

JAIN, S., & Roy, A. (2018). **Applications of Machine learning in Risk Management**. Journal of Financial Risk Management, 7(2), 78–91.

KARLSSON, J. & Strand, F., & Bigun, J., & Alonso-Fernandez F., & Hernandez-Diaz K. & Nilsson F. (2022). **Visual Detection of Personal Protective Equipment and Safety Gear on Industry Workers**. Halmstad University, School of Information Technology.

KOUROU, K., Exarchos, T. P., Exarchos, K. P., Karamouzis, M. V., & Fotiadis, D. I. (2015). **Machine learning applications in safety assessment and risk management**. *Safety Science*, 72, 233–246.

LECUN, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. **Deep Learning**. Nature Magazine. Volume 521, 2015, Pág. 436 a 444. <https://www.nature.com/articles/nature14539>.

LO, J., & Lin, L. & Hung, C. (2023). **Real-Time Personal Protective Equipment Compliance Detection Based on Deep Learning Algorithm**. MDPI Journal. Sustainability 2023, 15, 391. <https://doi.org/10.3390/su15010391>.

MALTA G., Matera S., Plescia F., Calascibetta A., Argo A, Cannizzaro E. **Occupational accidents and the use of PPE: a global meta-analysis**. Front Public Health. 21/06/2024; 12:1368991. doi: 10.3389/fpubh.2024.1368991. PMID: 38975359; PMCID: PMC11224295.

MITCHELL, T. M. (1997). **Machine learning**. McGraw-Hill.

NILSSON, N. J. (2010). **The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements**. Cambridge University Press.

POOLE, D., & Mackworth, A. (2017). **Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents**. 2ª ed. Cambridge University Press.

PSICO-SMART, (2024). **A integração da tecnologia e a automação na gestão de segurança do trabalho** [Em linha]. [Consult. 11 mai. 2025]. Disponível em WWW: <URL: <https://blogs-pt.psico-smart.com/blog-a-integracao-da-tecnologia-e-a-automacao-na-gestao-de-seguranca-do-trabalho-152622>.

QUIVY, R., & Campenhoudt, L. (1992). **Manual de Investigação em Ciências Sociais**, Lisboa: Gradiva.

RADITYA, Y., & Alunjatje F. A., & Elviani, U., & e Hidayat, F. (2024). **Automated Personal Protective Equipment (PPE) Detection in Construction Environments: Enhancing Safety through YOLOv8 Object Detection**. Bandung, Indonesia: 2024 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS).

RANGER, S. (2020, February 03). **What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of things right now**. Consultado em 09/01/2025 - <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-IoT-right-now/>.

RUSSELL, S. J., & Norvig, P. (2010). **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 3ª ed. Prentice Hall.

SANTOS, L. A. B., & LIMA, J. M. M. V. (Coords.) (2019). **Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação**. Cadernos do IESM, 8. Lisboa: Instituto de Estudos Superiores Militares.

SILVA, P., & SANTOS, F. (2022). **Aplicações de Inteligência Artificial na Defesa Nacional: Desafios e Oportunidades**. *Revista Militar*, 2742, 45–60.

SILVA, R., ET AL. (2021). **Machine learning Applications for Aircraft Maintenance and Safety**. *Journal of Aerospace Engineering*, 34(1), 42-59.

SOUSA, M. J. & Baptista, C. S. (2011). **Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios segundo Bolonha**. 1.ª ed. Lisboa: Lidel.

SUTTON, R. S., & Barto, A. G. (2018). **Reinforcement Learning: An Introduction**. 2ª ed. MIT Press.

TAVARES, J. (2021). **IoT e Inteligência Artificial na Prevenção de Acidentes Militares**. *Revista Segurança e Defesa*, 18(2), 120–135.

UNIÃO EUROPEIA. (1989). **Diretiva 89/391/CEE do Conselho**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

UNIÃO EUROPEIA. (2024). **Regulamento (UE) 2024/1689**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

VAN DUIJNE, F. H., van Aken, D., & Schouten, E. G. (2008). **Considerations in developing complete and quantified methods for risk assessment**. Safety Science, 46(2), 245–254.

VILELAS, J. (2009). **Investigação: o Processo de Construção do Conhecimento**. Lisboa: Edições Sílabo.

WANG, N. & WANG, K. (2022): **Internet financial risk management in the context of big data and artificial intelligence**. Mathematical Problems in Engineering. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6219489>.

XAVIER, A. B., Candido, K. H. F., Roberto, J. C. A., & Souto, S. P. (2023). **A automação industrial como solução e não como ameaça aos trabalhadores**. Revista Gestão e Secretariado (GeSec), 14(6), 9019-9032.

ZHAFRAN, F., & Suryawati, E., & Mohamad, N., & Tamara, N., & Kusumawati, N. (2019). **Computer Vision System Based for Personal Protective Equipment Detection, by Using Convolutional Neural Network**. Indonésia. 2019 International Electronics Symposium (IES).

Normas / Leis /Outros:

NP 405-1 (1994). Norma Portuguesa para referências bibliográficas: Documentos impressos. Instituto Português da Qualidade, Ministério da Indústria e Energia. Lisboa.

Lei nº 102/2009, de 10 de setembro. Regime Jurídico promoção da SST. República Portuguesa.

Lei nº 98/2009, de 4 de setembro. Regulamenta o regime de reparação de acidentes de trabalho e de doenças profissionais, incluindo a reabilitação e reintegração profissionais, nos termos do artigo 284.º do Código do Trabalho, aprovado pela Lei n.º 7/2009, de 12 de fevereiro. República Portuguesa.

Lei nº 7/2009, de 12 de fevereiro, que aprova a Lei do Trabalho. República Portuguesa.

Lei nº Constitucional n.º 1/2005, de 12 de agosto, que procede à 8ª revisão da Constituição. República Portuguesa.

O emprego da Inteligência Artificial na melhoria da SST na Força Aérea

Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro, que procede à alteração da Lei 102/2009, de 10 de setembro. República Portuguesa.

Decreto-Lei nº 109/2000, de 30 de junho, que regula as condições de segurança nos locais de trabalho. República Portuguesa.

Lei nº 35/2014, de 20 de junho, aplicada ao setor público, integra normas específicas aplicáveis à Administração Pública em matéria de SST. República Portuguesa.

Diretiva-Quadro nº 89/391/CEE, de 12 de junho, estabelece princípios gerais para promover a melhoria da segurança e saúde dos trabalhadores durante o trabalho. Conselho da União Europeia.

Decreto-Lei nº 171/2004, de 17 de julho, aprova a orgânica do Ministério da Segurança Social e do Trabalho. República Portuguesa.

Lei nº 11/89, de 01 de junho, Lei de Bases Gerais do Estatuto da Condição Militar (LBGECM). República Portuguesa.

Decreto-Lei nº 184/89, de 2 de junho, estabelece os princípios gerais de salários e gestão de pessoal na Função Pública. República Portuguesa.

Regulamento da Força Aérea (RFA) nº 330-1 Prevenção de Acidentes, publicado em outubro de 1999. Força Aérea Portuguesa.

O RFA nº 25-1 (E) Sistema de Inspeção da Força Aérea (SIFA), publicado em setembro de 2023. Força Aérea Portuguesa.

Regulamento (UE) nº 2016/679, de 27 de abril de 2016 - Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD). Parlamento Europeu e do Conselho.

Regulamento (UE) nº 2024/1689, AI Act - Lei Europeia da Inteligência Artificial. Parlamento Europeu e do Conselho.

Decreto-Lei nº 348/93, de 1 de outubro, estabelece as prescrições mínimas para utilização de EPI em Portugal. República Portuguesa.

Apenso A – Guiões das entrevistas

Guião para Entrevista responsáveis SST

Nome completo:

Função:

Data:

1. Qual é o setor de atividade principal da sua empresa/instituição /instituição?

2. A sua empresa/instituição /instituição já utiliza alguma tecnologia baseada em Inteligência Artificial (IA) nas áreas de segurança e saúde no trabalho?

() Sim

() Não

3. Se respondeu “Sim” à questão anterior, que tipo de tecnologias de IA utiliza?

() Monitorização de ambientes de trabalho

() Detecção de riscos e acidentes

() Análise preditiva de acidentes

() Gestão de equipamentos de proteção individual (EPI)

() Outros: _____

4. Considera que a IA pode contribuir para reduzir acidentes de trabalho na sua empresa/instituição?

() Concordo totalmente

() Concordo parcialmente

() Indiferente

() Discordo parcialmente

() Discordo totalmente

5. Quais são, na sua opinião, os principais benefícios da aplicação de IA na área de SST?

6. Quais os principais obstáculos à implementação de IA em SST na sua empresa/instituição?

() Custo elevado

() Falta de conhecimento técnico

() Resistência por parte dos colaboradores

() Dificuldade de integração com sistemas existentes

() Outros: _____

7. A sua empresa/instituição tem planos para investir em soluções de IA na área de SST num futuro próximo?

() Sim

() Não

() Ainda não decidido

8. Considera que a legislação atual é suficiente para regulamentar o uso de IA na segurança e saúde no trabalho?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sei opinar

9. Qual o grau de importância que atribui à formação dos colaboradores sobre o uso de tecnologias de IA em SST?

- ☐ Muito importante
- ☐ Importante
- ☐ Pouco importante
- ☐ Nada importante

10. Acredita que a IA pode ajudar a identificar comportamentos de risco antes que ocorram acidentes?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sei

11. Já foi feito algum estudo ou análise na sua empresa sobre a viabilidade da implementação de IA na área de SST?

- ☐ Sim, com resultados positivos
- ☐ Sim, mas não foi considerada viável
- ☐ Não
- ☐ Está em curso

12. Em que áreas específicas da SST acredita que a IA pode trazer maior impacto?

13. Considera que os trabalhadores da sua empresa estariam recetivos à introdução da IA nos processos de SST?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Depende da formação e sensibilização

14. Em termos de investimento, que prioridade daria à implementação de IA na área de segurança e saúde no trabalho?

- ☐ Prioridade alta
- ☐ Prioridade média
- ☐ Prioridade baixa
- ☐ Sem prioridade

Guião para Entrevista Trabalhadores

Introdução pelo Entrevistador

"Obrigado por participar nesta entrevista. Estamos a desenvolver um sistema baseado em câmaras e inteligência artificial que serve para verificar automaticamente se os trabalhadores estão a usar corretamente os equipamentos de proteção individual (EPI), como capacetes, coletes, óculos ou luvas. O objetivo desta conversa é perceber o seu ponto de vista, saber como se sente em relação a este tipo de tecnologia e recolher sugestões. A entrevista é anónima e leva cerca de 15 a 20 minutos."

Perfil do Trabalhador

- J Nome (opcional): _____
- J Função: _____
- J Há quantos anos trabalha nesta área? _____
- J Trabalha habitualmente em ambientes de risco? (Sim / Não) _____
- J Já teve formações sobre EPI? (Sim / Não) _____

Uso atual de EPI

1. Que equipamentos de proteção costuma utilizar no seu dia a dia?

2. Há situações em que o EPI não é usado? Porquê?

3. Sente que os EPI disponíveis são confortáveis e adequados?

Perceção sobre o sistema de Inteligência Artificial

4. Já ouviu falar de sistemas que detetam automaticamente o uso de EPI?

5. O que pensa da ideia de uma câmara verificar automaticamente se está a usar EPI?

6. Acha que isso pode ajudar a melhorar a segurança no trabalho? Porquê?

7. Acha que isso pode causar *stress* ou desconforto?

Privacidade e aceitação

8. Está preocupado com a sua privacidade ao ser filmado por um sistema assim?

9. Preferia ser avisado diretamente se estivesse sem EPI, ou que o supervisor fosse alertado?

10. Acha importante ser informado sobre como o sistema funciona antes de começar a usá-lo?

Sugestões e melhorias

11. Como gostaria de ser avisado se não estiver a usar EPI (som, luz, mensagem no telemóvel, etc.)?

12. Tem sugestões para que o sistema seja justo e não cause problemas com os trabalhadores?

13. Que preocupações ou dúvidas tem em relação a esta tecnologia?

Encerramento

"Muito obrigado pela sua colaboração. A sua opinião é muito importante para que possamos desenvolver um sistema que realmente ajude na segurança, sem prejudicar o bem-estar dos trabalhadores."

Apenso B – Resumo das entrevistas

Entrevista responsáveis SST

E#	RESPOSTA
Q1 - Qual é o setor de atividade principal da sua empresa/instituição /instituição?	
E1	Ministério da Defesa Nacional
E2	Militar
E3	Ramo Aéreo das Forças Armadas Portuguesas
E4	A atividade principal insere-se no setor da Administração Pública e Defesa Nacional, relacionadas com operações militares aéreas, missões de interesse público ou formação e treino de pessoal militar, etc..
E5	Construção Civil
Q2 - A sua empresa/instituição /instituição já utiliza alguma tecnologia baseada em Inteligência Artificial (IA) nas áreas de segurança e saúde no trabalho?	
E1	Não
E2	Não
E3	Sim
E4	Não
E5	Não
Q3 - Se respondeu “Sim” à questão anterior, que tipo de tecnologias de IA utiliza?	
E1	Sem resposta
E2	Sem resposta
E3	No caso da Prevenção de acidentes, e como complemento do trabalho do Técnico de Segurança no Trabalho, a utilização de plataformas de IA são usadas para ajudar na identificação de perigos, riscos e medidas de controlo relacionadas com algumas atividades específicas.
E4	Sem resposta
E5	Sem resposta
Q4 - Considera que a IA pode contribuir para reduzir acidentes de trabalho na sua empresa/instituição?	
E1	Concordo parcialmente
E2	Concorda totalmente
E3	Concorda totalmente
E4	Concordo totalmente
E5	Concorda parcialmente
Q5 - Quais são, na sua opinião, os principais benefícios da aplicação de IA na área de SST?	
E1	Reduzir a probabilidade de ocorrência de incidentes e acidentes através a utilização de uma ampla base de dados.
E2	Monitorização dos equipamentos, alarmística na operação, análise de procedimentos (uso, não uso, uso incorreto...)
E3	Os seus principais benefícios são, entre outros, o incremento da capacidade de análise e monitorização, podendo ser referido como exemplo a sua utilização para fazer a análise preditiva dos dados relativos aos acidentes/incidentes, a monitorização em tempo real, de dados relativos ao trabalhador, de comportamentos inseguros ou de situações perigosas etc...
E4	Tem um potencial enorme para transformar a forma como os riscos são identificados,

	monitorizados e prevenidos. Entre os quais: identificação precoce de riscos, tomada de decisão informada e baseada em dados objetivos, monitorização em tempo real, formação personalizada e adaptada, automatização de tarefas repetitivas e perigosas, análise de dados objetiva e precisa e potencia a gestão preditiva ao nível da saúde ocupacional.
E5	Principalmente no controlo do uso de EPI
Q6 - Quais os principais obstáculos à implementação de IA em SST na sua empresa/instituição?	
E1	Dificuldade de integração com sistemas existentes
E2	Custo elevado e Resistência por parte dos colaboradores
E3	Custo elevado e Sensibilização da gestão de topo
E4	Custo elevado, Falta de conhecimento técnico, Dificuldade de integração com sistemas existentes, Falta de regulamentação específica, cumprimento do RGPD, desafios éticos ou morais.
E5	Custo elevado e falta de conhecimento técnico
Q7 - A sua empresa/instituição tem planos para investir em soluções de IA na área de SST num futuro próximo?	
E1	Ainda não decidido
E2	Sim
E3	Não
E4	Ainda não decidido
E5	Não
Q8 - Considera que a legislação atual é suficiente para regulamentar o uso de IA na segurança e saúde no trabalho?	
E1	Não sei opinar
E2	Não
E3	Não sei opinar
E4	Não
E5	Não
Q9 - Qual o grau de importância que atribui à formação dos colaboradores sobre o uso de tecnologias de IA em SST?	
E1	Muito importante
E2	Muito importante
E3	Importante
E4	Muito importante
E5	Importante
Q10 - Acredita que a IA pode ajudar a identificar comportamentos de risco antes que ocorram acidentes?	
E1	Sim
E2	Sim
E3	Sim
E4	Sim
E5	Sim
Q11 - Já foi feito algum estudo ou análise na sua empresa sobre a viabilidade da implementação de IA na área de SST?	
E1	Não
E2	Sim, mas não foi considerada viável
E3	Não
E4	Está em curso
E5	Não
Q12 - Em que áreas específicas da SST acredita que a IA pode trazer maior impacto?	

E1	Trabalhos em altura
E2	As áreas de aplicação podem ser bastante diversas e transversais, por exemplo um mecânico de aeronaves que se esquece de uma ferramenta num processo de manutenção da aeronave, a IA poderia detetar esse esquecimento ou a falta do equipamento no <i>check out</i> do procedimento e criar alertas. Ou ainda, por exemplo em serviços de pintura, alertar que o trabalhador não está a usar a máscara, ou em serviços de serralharia que o trabalhador não está a usar os óculos de proteção, ou que determinada máquina no processo industrial está a ser usada sem um determinado mecanismo de proteção que deve estar acionado
E3	Monitorização de situações de risco em tempo real, análise ergonómica, elaboração de relatórios, prevenção de acidentes e doenças, automação de atividades de risco elevado, treino de pessoal recorrendo à IA e a realidade aumentada, etc...
E4	Na minha opinião os domínios onde o impacto é mais evidente é na identificação e avaliação de riscos, na monitorização em tempo real, análise de tarefas e ajustes ergonómicos, avaliação do clima organizacional com impacto direto na redução de acidentes e absentismo.
E5	Principalmente no Avaliação de Riscos de uma Atividade específica
Q13 - Considera que os trabalhadores da sua empresa estariam recetivos à introdução da IA nos processos de SST?	
E1	Depende da formação e sensibilização
E2	Depende da formação e sensibilização
E3	Depende da formação e sensibilização
E4	Sim
E5	Depende da formação e sensibilização
Q14 - Em termos de investimento, que prioridade daria à implementação de IA na área de segurança e saúde no trabalho?	
E1	Prioridade baixa
E2	Prioridade Alta
E3	Prioridade Média
E4	Prioridade alta
E5	Prioridade média
Q15 - Certamente já ouviu falar de sistemas que detetam automaticamente o uso de EPI. O que pensa da ideia de uma câmara verificar automaticamente se os trabalhadores estão a usar EPI?	
E1	Seria na teoria uma boa ideia, contudo, na realidade não iria ser efetiva
E2	Julgo que em determinados contextos, onde o espaço de operação está bem definido e é possível colocar uma camara a monitorizar a operação, será uma mais-valia, no sentido de se poder verificar o uso dos equipamentos, ou a forma como estão a ser usados, no sentido de melhorar o procedimento e/ou alertar os trabalhadores para o uso (correto) dos mesmos.
E3	Salvaguardando o direito à privacidade e a proteção dos dados recolhidos, parece-me uma ideia que poderá ajudar a reduzir as consequências resultantes da ocorrência de acidentes.
E4	Felizmente não temos um histórico muito significativo no âmbito de acidentes por falta de EPI, embora haja uma resistência grande na sua utilização, seja por negligência ou porque “não dá jeito”. A tecnologia de deteção automática de EPI com câmaras e IA pode ser uma mais-valia importante na promoção da segurança através da monitorização contínua, desde que bem implementada e com respeito pelas pessoas. Pode salvar vidas, evitar acidentes e reforçar uma cultura de prevenção.
E5	Penso que é uma ideia que servirá para facilitar o trabalho do Encarregado Geral das empreitadas, em termos que verificação do uso de EPI (por parte dos trabalhadores)

Entrevista aos Trabalhadores

E#	RESPOSTA
Q1 - Que equipamentos de proteção costuma utilizar no seu dia a dia?	
E6	Capacete, luvas, óculos, botas
E7	EPI
E8	Capacete, luvas, botas, óculos e colete
E9	Capacete, luvas, botas, óculos e colete
E10	Capacete, colete, bota
E11	Bota, capacete, luvas, óculos
E12	Capacete, luvas, botas, coletes, etc
E13	Colete, luvas, óculos, auscultadores, botas de biqueira de aço, máscara
E14	Capacete, colete, botas de biqueira de aço, óculos, luvas, auscultadores
E15	Botas Biqueira de Aço, Luvas diversas, Óculos, Máscaras faciais, supressores de ruído, capacete
E16	Óculos, botas de proteção, máscara e luvas
Q2 - Há situações em que o EPI não é usado? Porquê?	
E6	Sim, Luvas porque não dá jeito para pegar em certos materiais
E7	Sim. Em escritório e obras totalmente acabadas
E8	Hora do almoço
E9	Hora do almoço
E10	Não. Exceto hora do almoço
E11	Não
E12	Descanso e almoço
E13	Óculos de proteção porque nem sempre pomos em risco nossos olhos e auscultadores porque nem sempre há barulhos muito fortes
E14	Óculos e luvas há situações em que não são precisos
E15	Esporadicamente, trabalhos urgentes inopinados
E16	Não
Q3 - Sente que os EPI disponíveis são confortáveis e adequados?	
E6	Sim
E7	Sim
E8	Sim
E9	Sim
E10	Sim. Consegue suprir a necessidade
E11	Sim
E12	Sim
E13	Sim. Sinto que são adequados mas não muito confortáveis em relação ao clima
E14	Não são confortáveis [...] adequados de usar
E15	Geralmente sim. Em alguns casos deveriam de melhor qualidade
E16	Nem sempre
Q4 - Já ouviu falar de sistemas que detetam automaticamente o uso de EPI?	
E6	Não
E7	Sim. Câmaras de vigilância
E8	Não
E9	Não
E10	Não

E11	Sim
E12	Não
E13	Não
E14	Não
E15	Não
E16	Não
Q5 - O que pensa da ideia de uma câmara verificar automaticamente se está a usar EPI?	
E6	Não vejo vantagens
E7	Desnecessário
E8	Boa
E9	Boa
E10	Intrusivo, porém, necessário se for o caso.
E11	Seria uma boa (ideia)
E12	Concordo
E13	Seria uma boa ideia já que a câmara verificaria se todas as pessoas estão a usar os EPI
E14	Uma boa ideia
E15	Acho a ideia interessante. No entanto, esbarra contra o uso indevido e não autorizado de imagem. A privacidade do indivíduo é fundamental.
E16	Desde que não interfira com a privacidade do trabalhador
Q6 - Acha que isso pode ajudar a melhorar a segurança no trabalho? Porquê?	
E6	Não
E7	Não. A segurança tem que estar na mente de cada trabalhador
E8	Para evitar acidentes
E9	Para evitar acidentes
E10	Se for para agregar!
E11	Sim
E12	Sim, a nossa segurança pessoal
E13	Sim pode ajudar a melhorar a segurança no trabalho já que verificaria se as pessoas estão utilizando os equipamentos adequados.
E14	[impercetível]
E15	Bem utilizado, poderá ser útil desde que haja passagem de informação através de um qualquer sistema de alerta.
E16	Não
Q7 - Acha que isso pode causar <i>stress</i> ou desconforto?	
E6	Desconforto
E7	Depende do trabalhador
E8	Não
E9	Não
E10	[sem resposta]
E11	Desconforto
E12	Não
E13	Não causaria nenhum <i>stress</i> ou desconforto
E14	Não
E15	Sim. Creio não haver à vontade dos trabalhadores ao saberem que estão constantemente a ser observados, vigiados e controlados.
E16	Desconforto
Q8 - Está preocupado com a sua privacidade ao ser filmado por um sistema assim?	
E6	Nada preocupado

E7	Não
E8	Não
E9	Não
E10	Se for em ambiente de trabalho, sim.
E11	Acho bom
E12	Não. Acho bom.
E13	Não
E14	Não
E15	A privacidade do indivíduo é algo fulcral. Não deve haver atropelos [...] à privacidade
E16	[sem resposta]
Q9 - Preferia ser avisado diretamente se estivesse sem EPI, ou que o supervisor fosse alertado?	
E6	É indiferente
E7	Ser avisado, de preferência [impercetível]
E8	Sim
E9	Sim
E10	[sem resposta]
E11	Seria mais rápido (diretamente..)
E12	O que seria mais rápido (diretamente)
E13	Prefiro ser avisado diretamente se estivesse sem EPI
E14	Que o supervisor fosse avisado
E15	Informação direta
E16	Avisado diretamente
Q10 - Acha importante ser informado sobre como o sistema funciona antes de começar a usá-lo?	
E6	Sim, informar antes de começar a ser utilizado
E7	Sim
E8	Sim
E9	Sim
E10	Sim
E11	Sim
E12	Sim
E13	Sim
E14	Sim
E15	Sim
E16	Sim
Q11 - Como gostaria de ser avisado se não estiver a usar EPI (som, luz, mensagem no telemóvel, etc.)?	
E6	Ser avisado pelo supervisor
E7	Pessoalmente
E8	Telemóvel
E9	Telemóvel
E10	Mensagem no telemóvel ou som pelo mesmo
E11	Som
E12	Som
E13	Gostaria de ser avisado por som
E14	Mensagem de texto
E15	Qualquer forma é aceitável desde que não ultrapasse o espaço do funcionário. O sistema deverá informar única e exclusivamente [...] funcionário, sem interferir com os restantes [...]

E16	Mensagem no telemóvel
Q12 - Tem sugestões para que o sistema seja justo e não cause problemas com os trabalhadores?	
E6	Não, não sei como funciona
E7	Sim: Alerta e controlo
E8	Não
E9	Não
E10	[sem resposta]
E11	Preferia sirene [...]
E12	Preferia um sistema para evitar a falta de atenção entre os trabalhadores
E13	Não
E14	Não
E15	Resposta idêntica à anterior.
E16	Mensagem no telemóvel
Q13 - Que preocupações ou dúvidas tem em relação a esta tecnologia?	
E6	Nenhumas, não sei como funciona
E7	Nenhumas
E8	Nenhuma
E9	Nenhuma
E10	Deveria haver mais esclarecimentos
E11	[sem resposta]
E12	Nenhuma [...] Pois ainda sabe que tipo de sistema usarão
E13	A preocupação é que o sistema seja justo com os trabalhadores e não se converta numa preocupação para os trabalhadores
E14	Nada
E15	Modo de funcionamento, exposição, descrição e privacidade.
E16	Que ultrapasse a privacidade do funcionário.

Apenso C – Entrevista Timóteo Dong (Key Account Manager IPextreme)

Q1 - Pode apresentar-se e descrever brevemente a sua função na empresa?
Sou formado em Engenharia de Materiais e tenho especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e MBA em Gestão de Negócios. Minha função é Key Account Manager, onde faço a gestão estratégica dos principais clientes, mantendo os contratos existentes e procurando novas oportunidades para implementação e expansão do uso do software IPXAnalytics.
Q2 - Qual é o principal foco da empresa em relação às tecnologias de IA aplicadas à segurança no trabalho?
A IP Extreme, por meio do seu software IPXAnalytics, foca principalmente em aplicar visão computacional com IA baseada em redes neurais (e até LLMs) para monitoramento e análise de imagens geradas por câmaras de segurança. O objetivo principal é identificar cenários de risco e comportamento inadequado, com real-time alerts para prevenção de acidentes e incidentes trabalhistas.
Q3 - Pode descrever o sistema de IA que deteta automaticamente o uso de EPIs?
A IP Extreme desenvolveu um sistema de Inteligência Artificial embarcada no software IPXAnalytics que realiza a detecção automática do uso (ou ausência) de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) em ambientes de trabalho. É possível fazer regras de distância entre empilhadeira e pessoa também.
Q4 - Que tipos de EPI o sistema consegue identificar (capacete, colete, óculos, luvas, etc.)?
Segue objetos que é possível identificar: Pessoa, óculos, protetor auricular (concha), mascara, orelha, face frontal, nariz, mão, colete, bota, cone, escada, queda, colete, celular, cabeça, capacete.
Q5 - O sistema funciona em tempo real? Que tipo de alertas ou relatórios são gerados?
Funciona em tempo real. Quando há um alerta, é gerado um comando HTTP (GET ou POST). Com o uso do IPXMonitor é possível tratar os eventos com verdadeiros e falsos. Depois é possível gerar gráficos ou relatórios.
Q6 - É necessário hardware específico (câmaras, sensores)? Quais são os requisitos mínimos?
No caso das câmeras, pode ser qualquer uma desde que tenha o protocolo RTSP e a resolução esteja entre VGA e 1080p.
Q7 - Quem são os vossos principais clientes (indústrias, construção civil, logística, etc.)?
Principais clientes: Usiminas (indústria), Gerdau (indústria), GSK (farmacêutica), Rodovia Marechal Rondon (Rodovia), Stellantis - FIAT (indústria).
Q8 - Que tipo de problemas ou necessidades os clientes procuram resolver com este sistema?
Existem diversas necessidades. Necessidade para Segurança Patrimonial (vigilância de perímetro, reconhecimento de arma de fogo), Segurança do Trabalho (reconhecimento de EPIs, homem-máquina), Rodovias (carro parado em acostamento, na via, fogo e fumaça, pessoa ou animal na pista de rolamento). Também controle de processos.
Q9 - Há setores onde a adesão é mais rápida ou mais difícil? Porquê?
O varejo brasileiro trabalha com margens “apertadas”, por isso muitas vezes o custo fica um pouco alto para pouca margem de lucro.
Q10 - Como é o processo típico de implementação do sistema num cliente?
O primeiro passo é entender a demanda do cliente. Qual solução do IPXAnalytics irá se adequar

melhor. Depois, o cliente possuindo já o sistema de CCTV e a máquina para processamento da IA, instalamos o software na máquina e configuramos o acesso às imagens das câmaras (protocolo RTSP). Por fim, é realizada a configuração das regras para que os alertas sejam gerados.
Q11 - Há necessidade de formação ou adaptação por parte dos trabalhadores ou supervisores?
Não. Basta ter conhecimento básico de informática e rede.
Q12 - O sistema integra-se facilmente com outras plataformas ou sistemas de segurança existentes?
Sim. Temos integração com alguns VMS de mercado como Digifort, Seventh (D-Guard), Milestone (X-Protect) e Defense IA. Porém, temos API que o cliente pode consumir e aplicar conforme necessidade.
Q13 - Que benefícios concretos os clientes costumam relatar após a implementação?
Alertas mais assertivos e eficazes, diminuição de alertas falsos, monitoramento proativo e não reativo, redução de assaltos, redução de acidentes, geração de dados e indicadores.
Q14 - Há dados ou estudos de caso que demonstrem redução de acidentes ou aumento da conformidade com normas de segurança?
Sim. Na Rodovia Marechal Rondon localizada no interior do Estado de São Paulo, hoje 90% dos alertas gerados são realizadas pelo IPXAnalytics. Antes, a maioria dos alarmes era o usuário quem ligava e avisava que estava com problema na rodovia. https://youtu.be/pwWK4jatXvM?si=qV7zL8ic3uXvqr_A&t=19
Q15 - Quais são os principais desafios na comercialização deste tipo de sistema?
Projetos de segurança com IA exigem aprovação de múltiplos departamentos (TI, segurança do trabalho, jurídico, financeiro). Investimento inicial (custo de máquina para processamento). Senso de urgência dos stakeholders.
Q16 - Há resistências por parte dos clientes, nomeadamente por questões de privacidade, custo ou complexidade?
Principalmente custo.
Q17 - Como lidam com preocupações éticas ou legais associadas à vigilância automatizada?
A solução é <i>on premises</i> . Logo, o sistema fica limitado à cyber segurança do cliente. Hoje no Brasil, não há legislação específica para IA.
Q18 - Como vê a evolução destas tecnologias nos próximos anos?
Com o avanço das tecnologias, teremos maior poder de processamento, o que possibilitará em avanços significativos nas aplicações. Acredito que a IA para segurança no trabalho e outras aplicações deixará de ser uma inovação e se tornará uma necessidade operacional. As empresas que adotarem esta tecnologia agora, estarão à frente em produtividade e segurança.
Q19 - A empresa está a trabalhar em melhorias ou novas funcionalidades? Pode partilhar alguns exemplos?
Sim. Buscamos aprimorar as redes neurais para cada vez aumentar a assertividade da solução. Estamos desenvolvendo uma IA generativa (IPXCopilot) que possa validar o alerta gerada pela IA “convencional”.
Q20 - Há planos para aplicar esta tecnologia noutras áreas da segurança ou em contextos diferentes (ex: saúde ocupacional, ambiente)?
Sim. Acreditamos que a IA pode atender muitas demandas em diferentes mercados e segmentos. Estamos sempre atentos para projetos aplicados no agronegócio, drones, energia solar, entre outras aplicações.
Q21 - Que conselhos daria a empresas que ainda não investiram em tecnologias de IA para segurança no trabalho?
Tais empresas estão diante de uma oportunidade estratégica, ter uma vigilante em tempo real 24h por dia, 365 dias por ano capaz de ser proativo nos alertas ou gerar uma pronta resposta caso ocorra um

incidente.

Q22 - Há algo mais que gostaria de acrescentar sobre o sistema ou sobre o mercado em geral?

O IPXAnalytics é uma ferramenta de apoio operacional, que conecta prevenção, inteligência de dados e automação em um único ecossistema. Utilizar esta tecnologia é proteger vidas e otimizar recursos.

Não Presença
Aciona alertas quando um objeto esperado não está presente na cena por um tempo determinado.

Direções Consecutivas
Identifica padrões de movimentação baseados em trajetórias sequenciais, útil para análise de rotas ou detecção de movimentações suspeitas.

Heatmap
Cria mapas de calor para análise de movimentação e concentração de pessoas em ambientes monitorados.

Distância entre Objetos
Mede a proximidade entre dois ou mais objetos, podendo acionar alertas caso fiquem muito próximos ou distantes. Exemplo: Controle de distanciamento social.

Distância até uma Linha
Calcula a separação entre um objeto e uma linha de referência, permitindo monitoramento de distâncias e ângulos.

Contém
Verifica se um objeto está dentro de outro permitindo lógicas complexas entre objetos. Exemplo: Identificação de uso de equipamentos de proteção individual (EPI) como capacetes ou coletes de segurança.

Estimativa de Pose Corporal
Detecta posturas específicas do corpo humano, como braços levantados ou posição sentada.

Linha de Contagem
Conta objetos ao cruzarem uma linha virtual, registrando entradas e saídas. Aplicável em controle de fluxo de pessoas ou veículos.

Cruzamento de Linha
Monitora direções específicas ao atravessar linhas predefinidas, diferenciando entradas e saídas.

Contagem Aleatória de Objetos
Seleciona um objeto dentro de um range de valores aleatórios para testes de qualidade ou inspeção. O sistema gera um número aleatório dentro do intervalo configurado e dispara um alerta quando esse valor é atingido. Exemplo: Seleção aleatória de pacotes para inspeção em uma linha de produção.

Detecção de Objetos
Identifica e classifica objetos em movimento ou parados, dentro de uma zona por quantidade, tamanho e orientação.

Camera Tampering
Obstrução de Imagem – Detecta bloqueios na câmera e pode gerar alarmes e snapshots.

Algoritmos PRO

OCR, LPR, Códigos de barras e QR Codes
O software tem capacidades de reconhecimento de caracteres e pode ler etiquetas, placas de veículos, códigos de barras e QR codes em tempo real e enviar alertas ou integrar com outros sistemas.

Integração com IPX Monitor
Centralizando e gerenciando eventos e alarmes de IPXAnalytics, sensores, câmeras e dispositivos IoT.

Integração com IPXCopilot
permite automações programadas com LLM.

ALGORITMOS DISPONÍVEIS	EDIÇÃO STANDARD	EDIÇÃO PRO
Detecção de objetos	✓	✓
Loitering	✓	✓
Parado	✓	✓
Direção	✓	✓
Filtro de cor	✓	✓
Não presença	✓	✓
Direções Consecutivas	✓	✓
Heatmap	✓	✓
Objetos em Movimento	✓	✓
Distância entre Objetos	✓	✓
Distância até uma linha	✓	✓
Contém	✓	✓
Estimativa de Pose Corporal	✓	✓
Linha de Contagem	✓	✓
Cruzamento de Linha	✓	✓
Contagem Aleatória	✓	✓
Camera Tampering	✓	✓
Leitura de Código de Barras/QRCode		✓
OCR		✓
LPR		✓
Integração com IPX Monitor		✓
Integração com IPX Copilot		✓

OPÇÕES DE CONFIGURAÇÃO

- ✓ **Tempo de Rearme** – Define um intervalo de inatividade após um alarme, evitando alertas repetitivos.
- ✓ **Quantidade** – Dispara o alerta apenas quando o número mínimo de objetos na área for atingido.
- ✓ **Quantidade Exata** – Gera alerta somente se a quantidade de objetos for exatamente a definida.
- ✓ **Percentual Mínimo e Máximo do Objeto na Tela** – Define limites de tamanho do objeto para evitar falsos alertas.
- ✓ **Sensibilidade de Detecção** – Ajusta o tempo que um objeto precisa permanecer na área para ativar o alerta.
- ✓ **Área de Exclusão** – Permite ignorar regiões específicas da cena para evitar detecções indesejadas.
- ✓ **Detection Point (Ponto de Detecção)** – Define se o alerta será acionado pela parte superior ou inferior do objeto.
- ✓ **Join** – Combinação Avançada de Áreas – Requer ativação em múltiplas zonas para gerar um alerta, aumentando a precisão.
- ✓ **Object Tracking** – Rastreia objetos em movimento com um ID exclusivo para evitar perda no monitoramento.
- ✓ **PTZ Presets** – Integra câmeras PTZ via API para ajustar a detecção conforme diferentes configurações.
- ✓ **Scheduling** – Agendamento – Permite definir horários específicos para o funcionamento da análise.

Contato
 +55 (11) 4509-9895
 www.ipextreme.com.br

IPX ANALYTICS

INTEGRAÇÕES

API Aberta

Com a API REST, todas as informações podem ser extraídas em JSON, em tempo real, permitindo integração com qualquer sistema.

O IPXAnalytics oferece uma API REST HTTP aberta para integração com qualquer sistema de terceiros, além de compatibilidade com os principais VMS (Video Management Systems) do mercado, como Digifort, D-Guard, Milestone e Avigilon.

Nota: Algumas integrações podem exigir licenças adicionais. Consulte nossa equipe para mais informações.

Integração Telegram e E-mail

O IPXAnalytics permite automação de alertas via:

Telegram – Envio de mensagens e imagens em tempo real.

E-mail – Notificações detalhadas com imagens capturadas.

Configuração personalizável para envio de alertas individuais ou combinados (Telegram + E-mail).

Casos de Uso:

Ceração de gráficos e estatísticas em plataformas IoT abertas. Monitoramento em dashboards personalizados. Envio de alertas automatizados para diferentes sistemas. Exemplo: Integração com a plataforma ThingSpeak, exibindo contagens e análises de dados.

SISTEMAS INTEGRADOS



*As tecnologias OpenVINO utilizam Processadores Intel XEON e Intel CORE

LICENÇAS

Cada módulo tem uma licença correspondente. Cada câmera possui uma licença, ou então, caso haja necessidade de ter dois módulos, ou mais diferentes em uma única câmera, será necessário adquirir duas ou mais licenças.



Licença de Demonstração

É sempre indicado que o cliente possa testar antes de comprar para que ele tenha certeza de que irá atender suas necessidades e funcionará adequadamente no seu ambiente.

HARDWARE MÍNIMO NECESSÁRIO

Cada placa de vídeo tem sua capacidade de processamento de frames por segundo (FPS). O IPXAnalytics precisa de apenas 1 frame para identificar se o objeto se encontra na imagem ou não. Por exemplo, uma placa que consegue processar 15FPS, irá processar 1FPS de 15 câmeras simultaneamente.

Para as funções de detecção de movimento como counting line, consecutive direction, moving object, o IPXAnalytics necessita de no mínimo 5FPS para processar a movimentação de um objeto. Ao dividir a quantidade de FPS por 5, a tabela abaixo mostra a quantidade máxima de câmeras suportadas para cada configuração.

Especificações mínimas de Servidor de processamento:

- ✓ Windows 10/11 e Windows Server 2022
- ✓ 6 GB Memória RAM
- ✓ HD/SSD 480GB

Qtde. de FPS	Processador	Placa de Vídeo
90	Intel Core i9-10900K / Intel Xeon Silver 4108	RTX4090 / 2x NVIDIA L4 Tensor Core
60	Intel Core i9-10900K / Intel Xeon E-2278C @3.40GHz	RTX3090 / 2x RTX4000
50	Intel Xeon E-2278C @3.40GHz	A16
40	Intel i7-8700 @3.2GHz / Intel Xeon E-2278C @3.40GHz	RTX3080 / L4 Tensor Core
35	Intel i7-8700 @3.2GHz	A4500
30	Intel i7-8700 @3.2GHz	RTX2080Ti / RTX3060 / T4 / A4000
25	Intel i5-8400 @2.8 GHz	RTX 2060 SUPER
20	Intel i5-8400 @2.8 GHz	RTX 2060
10	Intel i5-8400 @2.8 GHz	NVIDIA 1050Ti

Contato

+55 (11) 4509-9895

www.ipextreme.com.br

v1.0.3.0



BENEFÍCIOS

- **Centralização** de dados e alarmes, reduzindo falhas e retrabalho.
- **Visão em Tempo Real** dos eventos, proporcionando respostas ágeis.
- **Decisões Baseadas em Dados**, com relatórios e gráficos interativos.
- **Otimização de Processos** com automações.
- **Maior Eficiência Operacional** por meio de IA generativa com o operador virtual.



ARQUITETURA E TECNOLOGIAS

- **Implantação Local (On-Premises):** A aplicação é instalada diretamente na rede interna do cliente, garantindo maior controle sobre a infraestrutura e segurança.
- **Sistema Web:** Implementação local ou em nuvem, com suporte a HTTPS e arquitetura cliente-servidor.



REQUISITOS MÍNIMOS

- **Configuração mínima:** Processador Quad-core ou superior, 8 GB de RAM, 500 GB SSD.
- **Sistema Operacional:** Windows 10/11 Pro.
- **Navegadores Suportados:** Google Chrome (versão 125 ou superior), Microsoft Edge (versão 124.0.2478.67 ou superior).
- **Conexão de Rede:** Mínimo de 1000 Mbps para comunicação entre servidores e dispositivos.



LICENCIAMENTO E SUPORTE

- **Modelos de Licença:** Mensal ou Vitalícia (com suporte opcional).
- **Suporte Técnico:** E-mail, telefone e WhatsApp, com SLAs de acordo com o plano contratado.
- **Treinamento:** Manual completo para configuração e utilização do software, incluindo treinamento online.

Contato +55 (11) 4509-9895 www.ipextreme.com.br