

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

ESTUDO DO IMPACTO DA ROBOTIZAÇÃO NA FARMÁCIA COMUNITÁRIA: UMA ANÁLISE DAS IMPLICAÇÕES OPERACIONAIS, CLÍNICAS, ÉTICAS E ECONÓMICAS.

Trabalho submetido por
Louis Charles Philippe Tremel
para a obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Farmacêuticas

outubro de 2025

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

ESTUDO DO IMPACTO DA ROBOTIZAÇÃO NA FARMÁCIA COMUNITÁRIA: UMA ANÁLISE DAS IMPLICAÇÕES OPERACIONAIS, CLÍNICAS, ÉTICAS E ECONÓMICAS

Trabalho submetido por
Louis Charles Philippe Tremel
para a obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Farmacêuticas

Trabalho orientado por
Doutora Clara Carneiro

e coorientado por
Doutora Eunice Reis Barata

outubro de 2025

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar a minha mais profunda gratidão à Doutora Professora Clara Carneiro, a minha orientadora de tese, e a minha co orientadora Doutora Eunice Barata pelo o acompanhamento e a constante disponibilidade e pelos conselhos valiosos ao longo de todo este trabalho.

Je voudrais aussi remercier l'institution et le Portugal de m'avoir offert ces cinq années inoubliables. Elles resteront à jamais ma deuxième maison.

Je tiens à remercier mes parents, sans qui rien n'aurait été possible. Je leur dois tout et je leur serai éternellement reconnaissant. Je vous aime, papa et maman.

Je veux également remercier mes frères, Charly et Cicy. Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez donnés. Sachez que je vous aime plus que tout.

Merci à mes grands-parents d'avoir toujours été là pour moi je vous aime. Et je pense aussi à toi, papi, qui es là-haut. J'aurais aimé que tu vois ce que nous sommes devenus, mais je sais que tu es fier.

Je voudrais remercier mes amis Julien, Malo, Envel, Lucas et Pixou. Vous faites partie de cette aventure, elle est aussi pour vous. Hâte de tous vous revoir, je vous aime mes frères.

Merci à Pierre, Marg, Margaux et Inès : on a commencé ensemble, on finit ensemble. Je vous aime et sachez qu'on ne se quittera plus.

Merci à mes Zemanel, Hippo Z, Charles Z, Isaac Z. Je vous aime fort, mes frérots. Cette année, c'est vous les finalistas même toi, Isaac, tu comptes dedans. Hâte de vivre cette semaine académique #finalinoeil. Merci d'avoir été là pour moi.

Merci à toutes les personnes qui ont été là de près ou de loin et qui font partie de ce voyage. Je pense à toi en particulier, Milan.

Merci à tous mes amis avec qui j'ai partagé cette aventure : Arthur, Coco, Rob, Max, Pac, le J, Joakim Boulek, Capu, Fab, et tous ceux qui ont été là.

Merci à Tom pour toutes ces sessions partagées et tout ces moments passés ensemble je t'aime : koifé tu veux boté ?

Sans oublier ma Rayou, qui a toujours été un soutien dans tous les moments.

Je tiens aussi à remercier Pierrick et Sandrine, pour leur présence et de m'offrir l'opportunité de commencer une nouvelle aventure, ainsi qu'un apprentissage précieux.

En bref, je remercie tous mes proches d'avoir été là pour moi. Vous avez tous une place dans mon cœur.

RESUMO

A crescente digitalização dos cuidados de saúde tem impulsionado transformações profundas na farmácia comunitária, com destaque para a adoção de tecnologias de robotização. Esta tese tem como objetivo analisar os impactos operacionais, clínicos, éticos e económicos da robotização neste contexto, a partir de uma revisão narrativa da literatura científica existente.

A automatização dos processos logísticos tem demonstrado ganhos significativos em termos de eficiência, segurança na dispensa e redução de erros de medicação. Simultaneamente, a libertação de tempo para os farmacêuticos permite reforçar o seu papel clínico, promovendo uma relação mais centrada no utente. No entanto, estas mudanças colocam também desafios éticos como a redefinição da responsabilidade profissional, a proteção de dados sensíveis e o risco de exclusão tecnológica além de implicações económicas relevantes, especialmente para farmácias independentes em regiões menos favorecidas.

A análise das fontes científicas revela que a integração bem-sucedida da robotização requer planeamento estratégico, formação contínua e apoio institucional, de forma a garantir que a inovação tecnológica não comprometa a humanização dos cuidados. Conclui-se que a robotização pode constituir uma alavanca poderosa para a modernização da farmácia comunitária, desde que orientada por princípios de equidade, segurança e ética profissional.

ABSTRACT

The increasing digitalisation of healthcare has driven profound transformations in community pharmacy, particularly through the adoption of robotic technologies. This thesis aims to analyse the operational, clinical, ethical, and economic impacts of robotisation in this context, based on a narrative review of the existing scientific literature.

The automation of logistical processes has shown significant benefits in terms of efficiency, dispensing safety, and the reduction of medication errors. At the same time, the time freed up for pharmacists allows for the strengthening of their clinical role, promoting a more patient-centred approach. However, these changes also raise ethical challenges such as the redefinition of professional responsibility, the protection of sensitive data, and the risk of technological exclusion in addition to economic implications, especially for independent pharmacies in less privileged regions.

The analysis of scientific sources reveals that the successful integration of robotisation requires strategic planning, continuous training, and institutional support to ensure that technological innovation does not undermine the humanisation of care. It is concluded that robotisation can be a powerful lever for the modernisation of community pharmacy, provided it is guided by principles of equity, safety, and professional ethics.

ÍNDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução | 13 |
| 1.1 | Contexto geral | 13 |
| 1.2 | Problema..... | 13 |
| 1.3 | Objetivos da tese..... | 14 |
| 2 | Histórico e Evolução da Robotização na Farmácia | 17 |
| 2.1 | História da farmácia comunitária | 17 |
| 2.2 | Emergência da robotização..... | 18 |
| 2.3 | Realidade internacional | 19 |
| 2.3.1 | Alemanha: pioneirismo na integração robótica | 19 |
| 2.3.2 | Japão: robotização como resposta ao envelhecimento populacional..... | 20 |
| 2.3.3 | Reino Unido: integração com o NHS e farmácias de grande escala..... | 20 |
| 2.3.4 | França: crescimento recente impulsionado por políticas públicas..... | 20 |
| 2.3.5 | Países em desenvolvimento: adoção desigual e crescimento potencial..... | 21 |
| 3 | Impactos Operacionais da Robotização | 23 |
| 3.1 | Otimização de processos | 23 |
| 3.1 | Residências de idosos — PIM (preparação individualizada da medicação) | 24 |
| 3.2 | Segurança e precisão | 25 |
| 3.3 | Redefinição das tarefas profissionais | 27 |
| 4 | Impactos Clínicos e Relação Farmacêutico-Paciente | 31 |
| 4.1 | Libertação de tempo para atividades farmacêuticas..... | 31 |
| 4.2 | Percepção dos pacientes | 32 |
| 4.3 | Manutenção da qualidade da relação..... | 33 |
| 5 | Implicações Éticas da Robotização | 35 |
| 5.1 | Responsabilidade e imputabilidade | 35 |
| 5.2 | Confidencialidade e proteção de dados | 36 |
| 5.3 | Equidade no acesso às tecnologias | 37 |
| 6 | Impactos Económicos..... | 41 |
| 6.1 | Custos de implementação | 41 |
| 6.2 | Retorno do investimento..... | 43 |
| 7 | Perspetivas Futuras | 45 |
| 7.1 | Inovações tecnológicas futuras..... | 45 |
| 7.2 | Formação e competências profissionais | 46 |
| 7.3 | Recomendações para uma integração bem-sucedida..... | 47 |
| 7.4 | Implicações para as políticas de saúde | 49 |
| 8 | Conclusão | 51 |
| | Referências bibliográficas | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa sobre a automatização das farmácias. | 22 |
| Figura 2 – Robo a armazenar numa farmácia comunitária..... | 28 |
| Figura 3 – Image do robot omniceel XR2..... | 42 |

ABREVIATURAS

ADC – *Automated Dispensing Cabinet* → Armário de Dispensação Automática.
→ Sistema automatizado de armazenamento e dispensa de medicamentos em unidades de saúde .

BCMA – *Bar Code Medication Administration* → Administração de Medicamentos com Código de Barras.

→ Tecnologia para garantir que o medicamento certo é administrado ao doente certo, através da leitura de código de barras .

BD Rowa™ – *Becton Dickinson Rowa* → Marca de sistemas robotizados para armazenamento e dispensa de medicamentos.

→ Robôs de farmácia usados sobretudo para gestão de stock e logística .

CFIR – *Consolidated Framework for Implementation Research* → Estrutura Consolidada para Investigação de Implementação.

→ Modelo usado para analisar fatores que influenciam a implementação de inovações em saúde .

COVID-19 – *Coronavirus Disease 2019* → Doença provocada pelo vírus SARS-CoV-2.

→ Pandemia que acelerou a digitalização e automação na saúde .

CPPE – *Centre for Pharmacy Postgraduate Education* → Centro de Educação Pós-Graduada em Farmácia (Reino Unido).

→ Instituição responsável por formar farmacêuticos em novas competências .

DPO – *Data Protection Officer* → Encarregado de Proteção de Dados.

→ Profissional responsável por garantir o cumprimento do RGPD nas organizações .

EDPB – *European Data Protection Board* → Comité Europeu para a Proteção de Dados.

→ Órgão da UE que supervisiona a aplicação do RGPD .

ENISA – *European Union Agency for Cybersecurity* → Agência da União Europeia para a Cibersegurança.

→ Entidade responsável por promover a segurança cibernética na Europa .

EU4Health – Programa de Saúde da União Europeia (2021–2027).

→ Financia iniciativas de modernização e digitalização dos sistemas de saúde .

FIP – *International Pharmaceutical Federation* → Federação Internacional Farmacêutica.

→ Organização global que promove a farmácia, ciências farmacêuticas e educação .

HEE/NHS – *Health Education England / National Health Service* → Educação em Saúde Inglaterra / Serviço Nacional de Saúde (Reino Unido).

→ Entidades britânicas ligadas à formação e prática em farmácia .

IA – *Inteligência Artificial* → Artificial Intelligence.

→ Sistemas de aprendizagem automática aplicados em saúde e farmácia .

ICO – *Information Commissioner's Office* → Autoridade de Proteção de Dados do Reino Unido.

→ Regula e fiscaliza a proteção de dados pessoais .

KPIs – *Key Performance Indicators* → Indicadores-Chave de Desempenho.

→ Métricas para avaliar eficiência e impacto da automação farmacêutica (como redução de erros, satisfação do utente, etc.).

LASA – *Look-Alike, Sound-Alike* → Medicamentos com aparência ou som semelhantes.

→ Termo usado para descrever risco de confusão entre fármacos .

MDD – *Medication Dose Dispensing* → Distribuição de Doses de Medicação.

→ Sistema de acondicionamento automático de doses individuais .

NHS – *National Health Service* → Serviço Nacional de Saúde (Reino Unido).

→ Sistema público de saúde britânico .

OMS/WHO – *Organização Mundial da Saúde / World Health Organization*.

→ Agência das Nações Unidas para saúde pública .

PIN – *Personal Identification Number* → Código Pessoal de Identificação.

→ Usado em ADCs para autenticação segura .

PGEU – *Pharmaceutical Group of the European Union* → Grupo Farmacêutico da União Europeia.

→ Associação que representa farmacêuticos comunitários na UE .

PRR – *Plano de Recuperação e Resiliência* (Portugal).

→ Programa de investimento público português que pode financiar robotização farmacêutica .

RGPD/GDPR – *Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados / General Data Protection Regulation*.

→ Legislação europeia sobre proteção de dados pessoais .

RPA – *Robotic Process Automation* → Automação Robótica de Processos.

→ Tecnologia de software que automatiza tarefas repetitivas em farmácia .

RPS – *Royal Pharmaceutical Society* → Sociedade Farmacêutica Real (Reino Unido).

→ Entidade profissional que regula e apoia farmacêuticos .

ROI – *Return on Investment* → Retorno do Investimento.

→ Indicador económico usado para avaliar viabilidade da robotização .

SDC – *Sistemas Digitais de Controlo* → Digital Control Systems.

→ Ferramentas para monitorizar e controlar processos de medicação .

ACPE – *Accreditation Council for Pharmacy Education* → Conselho de Acreditação para a Educação em Farmácia (EUA).

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto geral

Nas últimas décadas, os cuidados de saúde têm sido profundamente transformados pela digitalização e pela adoção de tecnologias emergentes. A farmácia comunitária, tradicionalmente centrada na dispensa de medicamentos e no aconselhamento terapêutico, encontra-se no epicentro desta revolução tecnológica.

A automação e a robotização têm sido implementadas para otimizar processos, aumentar a segurança na terapêutica medicamentosa e adaptar-se às exigências de uma sociedade em constante mudança.

Estudos demonstram que a introdução de sistemas automatizados na farmácia comunitária pode melhorar a eficiência operacional e reduzir erros de medicação .

Além dos ganhos operacionais, a digitalização dos cuidados de saúde implica mudanças significativas na organização do trabalho, na redefinição do papel do farmacêutico e na natureza da relação com os utentes.

A implementação de tecnologias digitais, como a prescrição eletrónica e os sistemas de apoio à decisão clínica, tem o potencial de melhorar a qualidade dos cuidados prestados .

No entanto, esta transição tecnológica também levanta desafios éticos, como a proteção dos dados dos pacientes e a equidade no acesso às tecnologias. A adoção de sistemas automatizados pode acentuar as desigualdades existentes, especialmente em zonas rurais ou em farmácias independentes com recursos limitados .

Assim, o estudo do impacto da robotização na farmácia comunitária é essencial para compreender os efeitos multifacetados desta transição tecnológica e garantir que o progresso técnico caminhe lado a lado com a preservação dos valores humanistas que sempre caracterizaram a profissão farmacêutica.

1.2 Problema

A transformação digital nos cuidados de saúde tem provocado uma redefinição significativa dos processos operacionais na farmácia comunitária. A introdução de

tecnologias emergentes, como a automação e a inteligência artificial, tem alterado a dinâmica tradicional das farmácias, impactando diretamente o papel do farmacêutico.

Estudos indicam que a automação de tarefas rotineiras, como a gestão de stock e a dispensa de medicamentos, tem permitido aos farmacêuticos dedicar mais tempo a atividades profissionais dirigidas ao seu utente. Também um estudo observou que a presença de robôs na farmácia comunitária aumentou a complexidade das etapas de preenchimento de prescrições utilizadas pelos técnicos, demonstrando a necessidade de adaptação dos profissionais a novas responsabilidades e competências digitais.

Além disso, a implementação de sistemas automatizados pode acentuar as desigualdades existentes, especialmente em zonas rurais ou em farmácias independentes com recursos limitados. A falta de regulamentações específicas para o uso de tecnologias avançadas na farmácia comunitária também contribui para a incerteza quanto às responsabilidades legais em casos de falhas automatizadas.

Portanto, é essencial analisar os impactos multidimensionais da robotização na farmácia comunitária, considerando não apenas os benefícios operacionais, mas também as implicações clínicas, éticas e económicas. Essa análise é fundamental para orientar a integração eficaz das tecnologias emergentes no setor farmacêutico, garantindo a melhoria dos cuidados de saúde sem comprometer os valores fundamentais da profissão.

1.3 Objetivos da tese

A crescente integração de tecnologias digitais, como a automação e a inteligência artificial, na farmácia comunitária tem transformado significativamente os processos operacionais, o papel do farmacêutico e a interação com os pacientes. Estudos indicam que a automação de tarefas rotineiras permite aos farmacêuticos dedicar mais tempo a atividades clínicas e de aconselhamento ao paciente. Além disso, a implementação de sistemas automatizados pode acentuar as desigualdades existentes, especialmente em zonas rurais ou em farmácias independentes com recursos limitados.

Neste contexto, a presente tese tem como objetivo principal analisar os impactos multidimensionais da robotização na farmácia comunitária, abrangendo as dimensões operacionais, clínicas, éticas e económicas. Especificamente, pretende-se:

- Avaliar como a automação influencia a eficiência dos processos de dispensa de medicamentos e a segurança do paciente.
- Investigar as mudanças no papel do farmacêutico, especialmente no que se refere à prestação de serviços farmacêuticos e ao relacionamento com os pacientes.
- Analisar as implicações éticas da robotização, incluindo questões de responsabilidade, confidencialidade dos dados e equidade no acesso às tecnologias.
- Examinar os impactos económicos da implementação de tecnologias automatizadas, considerando os custos de investimento, retorno financeiro e sustentabilidade para diferentes tipos de farmácias.

Através desta análise, espera-se fornecer contributos para a integração eficaz das tecnologias emergentes no setor farmacêutico, garantindo a melhoria dos cuidados de saúde sem comprometer os valores fundamentais da profissão.

Estudo do impacto da robotizaco na farmacia comunitaria: uma analise das implicacoes operacionais, clinicas, eticas e economicas.

2 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA ROBOTIZAÇÃO NA FARMÁCIA

2.1 História da farmácia comunitária

A farmácia comunitária evoluiu de uma prática centrada na preparação galenica de medicamentos para um modelo moderno focado no cuidado centrado no utente e na integração com outros serviços de saúde [1].

Durante o início do século XX, especialmente entre 1920 e 1949, as farmácias nos Estados Unidos e na Europa funcionavam sobretudo como locais de venda de medicamentos e produtos de conveniência. Este período ficou conhecido como a “soda fountain era”, caracterizado por um foco comercial e pouca intervenção clínica [2]. O farmacêutico, nessa época, era visto mais como um comerciante que preparava e vendia medicamentos do que como um profissional de saúde.

Nas décadas de 1950 a 1970, a profissão começou a sofrer mudanças impulsionadas pelo crescimento da indústria farmacêutica e pela produção em massa de medicamentos registados, o que diminuiu a necessidade da preparação magistral e levou os farmacêuticos a reavaliar o seu papel [2]. A prática farmacêutica tornou-se mais voltada para a logística e a dispensa.

A mudança de paradigma ocorreu a partir da década de 1980 com o surgimento do conceito de Pharmaceutical Care, que propunha uma atuação mais ativa do farmacêutico na promoção do uso seguro e eficaz dos medicamentos. Um estudo destaca que esse modelo reposicionou o farmacêutico como responsável pela detecção de problemas relacionados com a terapêutica e pelo acompanhamento farmacoterapêutico [1,2].

Entre 1990 e 2010, assistimos a uma crescente institucionalização desse modelo, com o desenvolvimento de diretrizes, programas de educação farmacêutica clínica e o surgimento de residências em farmácia comunitária (PGY1 nos EUA), preparando profissionais para funções clínicas mais avançadas [3].

Nos últimos 15 anos, com o avanço das tecnologias digitais e da automação, o papel do farmacêutico comunitário tornou-se ainda mais complexo. As farmácias passaram a oferecer serviços como vacinação, monitorização de doenças crónicas, aconselhamento

nutricional e rastreios, especialmente após a pandemia de COVID-19, que reforçou o papel do farmacêutico como agente de saúde pública de primeira linha [4,5].

A história da farmácia comunitária, portanto, é marcada por uma profunda transformação de uma prática galénica e centrada no produto para uma abordagem centrada no utente, altamente regulamentada, tecnologicamente assistida e com um objetivo clínico crescente[1,6].

2.2 Emergência da robotização

A introdução da robotização na farmácia comunitária teve início no final da década de 1990 e foi impulsionada, nas décadas seguintes, por diversos fatores: aumento do volume de prescrições, exigência por maior segurança na dispensa e necessidade de otimizar os recursos humanos. As primeiras soluções tecnológicas foram inicialmente implementadas em contexto hospitalar, mas rapidamente adaptadas ao setor comunitário. Um exemplo notório é a tecnologia da BD Rowa™, cuja capacidade de armazenamento, seleção e dispensa automática de centenas de medicamentos por hora tem vindo a transformar os fluxos de trabalho nas farmácias [7].

Segundo dados do relatório da IQVIA, farmácias que utilizam sistemas BD Rowa™ registaram uma redução de cerca de 6 horas por dia na gestão de stock e abastecimento da zona de dispensa, bem como uma diminuição de 2,4% nas ruturas de stock. Além disso, observou-se um aumento de 5,7% no tempo disponível para aconselhamento farmacêutico, refletindo uma reorganização favorável das funções da equipa [7].

No Japão, um estudo avaliou o impacto da implementação de sistemas robotizados de dispensa em farmácias comunitárias. Os resultados revelaram uma redução do tempo médio de dispensa por receita de menos 62%. Paralelamente, verificou-se uma diminuição acentuada nas taxas de erro de medicação: os erros evitáveis passaram de 0,204% para 0,044%, enquanto os não evitáveis reduziram-se de 0,015% para 0,002% [8].

Adicionalmente, uma investigação recente em 12 farmácias comunitárias nos EUA analisou o impacto da automação robótica de processos (RPA). Com a sua implementação, observou-se uma redução de 67% no tempo de dispensa (de 15 para 5

minutos), uma redução de 83% no tempo de encomenda de medicamentos, e uma diminuição de 80% no tempo necessário para o seguimento de pacientes. O nível de envolvimento dos utentes aumentou em 66,7%, e 78% dos colaboradores mostraram-se favoráveis à manutenção do sistema [9].

Por fim, uma investigação realizada em contexto hospitalar em Taiwan entre 2017 e 2023 examinou o efeito da introdução de tecnologias como armários automatizados (ADC), codificação de barras (BCMA) e sistemas digitais de controlo (SDC). Os resultados demonstraram uma redução estatisticamente significativa nas taxas de erro de dispensa: -39,7%, -44,4% e -77,8%, respetivamente, dependendo da tecnologia implementada [10]. Embora os dados se refiram ao meio hospitalar, eles ilustram o potencial da automação na segurança do circuito do medicamento.

Estes resultados, provenientes de contextos diversos, comprovam que a robotização nas farmácias comunitárias não representa apenas uma modernização técnica, mas sim uma mudança estrutural que redefine os processos operacionais e permite ao farmacêutico dedicar-se mais plenamente ao cuidado direto ao utente.

2.3 Realidade internacional

A adoção da robotização nas farmácias comunitárias varia significativamente de acordo com o contexto económico, político e cultural de cada país. Enquanto algumas nações adotaram precocemente tecnologias automatizadas, outras ainda enfrentam barreiras relacionadas ao custo, à infraestrutura ou à aceitação profissional.

2.3.1 Alemanha: pioneirismo na integração robótica

A Alemanha é considerada um dos países mais avançados na implementação de robôs em farmácias comunitárias. Estima-se que cerca de 15% das farmácias independentes já utilizem sistemas como Rowa™ Vmax para a gestão de stock e dispensação automatizada [8]. Os incentivos fiscais e o elevado volume de vendas em farmácias urbanas contribuíram para essa expansão.

Além disso, estudos indicam que a utilização de robôs resultou em redução de até 25% do tempo operacional diário e em melhoria da rastreabilidade dos medicamentos [8].

2.3.2 Japão: robotização como resposta ao envelhecimento populacional

No Japão, onde a população envelhecida representa mais de 28% do total, a automação das farmácias foi estimulada como forma de lidar com a escassez de profissionais e aumentar a produtividade [9]. Robôs dispensadores são amplamente utilizados, principalmente em farmácias hospitalares e clínicas comunitárias urbanas.

Adicionalmente, um relatório de mercado que indica que o mercado japonês de dispositivos de robotização farmacêutica atingiu 110 milhões USD em 2024, com uma previsão de crescimento para 398 milhões USD até 2032 (CAGR de 5,44%). Entre os principais fatores impulsionadores estão a necessidade de lidar com medicamentos complexos para idosos e a melhoria da precisão na dispensa [11].

2.3.3 Reino Unido: integração com o NHS e farmácias de grande escala

No Reino Unido, a robotização está concentrada em grandes redes como a LloydsPharmacy e a Boots, que utilizam centros de distribuição automatizados para preparar medicamentos que são enviados às farmácias locais. Este modelo, alinhado com o National Health Service (NHS), visa melhorar a eficiência logística e libertar mais tempo de dedicação profissional

Um estudo no Sunderland Royal Hospital mostrou que a integração entre prescrição eletrónica e robôs de dispensa resultou na eliminação total dos erros de dispensa (em cerca de 800 mil itens/ano), além de poupanças superiores a 500 mil libras por ano e libertação de 4 postos de trabalho equivalentes a tempo inteiro [12].

Outro estudo do NHS revelou que sistemas automatizados reduziram os erros de dispensa de 2,7 % para 1,0 % e de 1,2 % para 0,6 %, com menos técnicos necessários, mesmo com aumento do volume de trabalho [13].

2.3.4 França: crescimento recente impulsionado por políticas públicas

Em França, a automação em farmácias comunitárias encontra-se ainda numa fase de expansão, mas com sinais evidentes de crescimento. Estima-se que o mercado francês de dispositivos de automação farmacêutica tenha gerado 141,2 milhões de dólares americanos em 2023, com previsões de atingir 259,8 milhões até 2030, o que representa uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 9,1% [14]. Estes dados evidenciam um interesse crescente na implementação de soluções como robôs dispensadores, carrosséis automatizados e armários inteligentes nas farmácias comunitárias.

Embora os dados quantitativos sobre o número exato de farmácias equipadas ainda sejam limitados, os resultados obtidos em contextos hospitalares franceses sustentam a eficácia da robotização. Um exemplo notável é o do Hôpital Européen Georges Pompidou, em Paris, onde foi avaliada a implementação de um sistema centralizado de dispensa automatizada ao longo de oito anos. O estudo demonstrou uma redução da taxa de erros de dispensa de 2,9% para 1,7% ($p < 0,001$), um retorno financeiro positivo (ROI de +1,86%), e um elevado nível de satisfação por parte da equipa farmacêutica (média de 5,5 em 7) [15].

Estes resultados permitem inferir que, mesmo com um custo inicial considerável, a robotização pode representar um investimento sustentável, com benefícios operacionais e clínicos significativos. O contexto francês confirma assim que a automação não se limita a ganhos logísticos, mas contribui também para a qualidade do serviço farmacêutico.

2.3.5 Países em desenvolvimento: adoção desigual e crescimento potencial

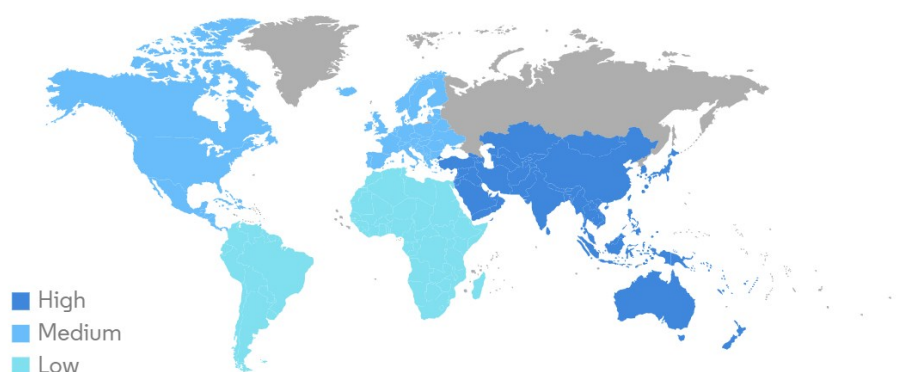
Os desafios à implementação da robotização em farmácias comunitárias de países em desenvolvimento, como o Brasil, a Índia ou Marrocos, estão bem documentados na literatura. Um estudo internacional recente sobre IA na prática farmacêutica assinala que 63,7% dos inquiridos consideram o custo elevado das subscrições e licenças como principal barreira, e 67,6% apontam a falta de acesso às tecnologias como obstáculo significativo [16]. Além disso, um artigo no *Pharmacy Times* refere que a automação farmacêutica enfrenta barreiras importantes nas regiões em desenvolvimento, incluindo custos iniciais elevados de equipamento e infraestrutura limitada, especialmente no que se refere à formação e preparação das equipas [17].

De acordo com um relatório da Grand View Research, o mercado global de automação farmacêutica foi avaliado em 4,5 mil milhões de dólares americanos em 2024, com projeção de atingir 6,61 mil milhões em 2025, refletindo um crescimento anual composto (CAGR) de 8,71% até 2033. Este crescimento é impulsionado, em parte, pela expansão da automação em farmácias de retalho nos países emergentes, com destaque para a América Latina e o Sudeste Asiático [18].

Um exemplo concreto desta evolução foi documentado num estudo de caso realizado numa farmácia comunitária no Brasil. A introdução de um sistema robotizado de dispensa (BD Rowa™) permitiu uma redução de 70% no tempo de receção de stock, 75% no tempo de separação de encomendas online, e entre 36% a 53% nas atividades de atendimento, faturação e embalagem. Estes resultados demonstram que a robotização pode ser viável e altamente eficaz, mesmo em contextos com recursos limitados, quando integrada de forma estratégica [19].

Apesar das limitações atuais, estes dados sugerem que a automação tem o potencial de melhorar significativamente a segurança, a eficiência e a qualidade do serviço farmacêutico nos países em desenvolvimento, especialmente quando aplicada em redes privadas ou instituições com capacidade de investimento.

Pharmacy Automation Market - Growth Rate by Region



Source: Mordor Intelligence



Figura 1 – Mapa sobre a automatização das farmácias.

3 IMPACTOS OPERACIONAIS DA ROBOTIZAÇÃO

3.1 Otimização de processos

A otimização dos processos operacionais é, talvez, o benefício mais imediato e tangível da robotização nas farmácias comunitárias. Os sistemas automatizados permitem realizar tarefas com maior velocidade, menor taxa de erro e com menor envolvimento direto de pessoal, libertando tempo para tarefas farmacêuticas e de gestão.

Estudos demonstram que os robôs de dispensa automatizada conseguem reduzir o tempo de preparação de uma receita em até 60% quando comparados aos métodos manuais [9]. Isto traduz-se diretamente numa melhoria na produtividade da farmácia e numa experiência mais rápida e eficiente para o utente.

Na Irlanda, um estudo de implementação de robô dispensador numa farmácia comunitária em Dublin mostrou que, após dois anos, tanto o volume de dispensas como as consultas farmacêuticas aumentaram, mantendo-se a equipa inalterada, e verificou-se um crescimento de 9% na satisfação dos utentes [20].

Além da velocidade de dispensa, a robotização contribui significativamente para a eficiência na gestão do stock. Os sistemas automatizados permitem o registo automático das entradas de produtos, a verificação sistemática das datas de validade e o controlo rigoroso dos números de lote. Estas funcionalidades reduzem as ruturas de stock, minimizam o desperdício causado por medicamentos fora de prazo e garantem uma maior capacidade de resposta às flutuações na procura.

Num estudo realizado em 253 farmácias comunitárias na Alemanha, observaram que, após a implementação de sistemas robotizados (como o ROWA™), verificou-se uma redução média de 15% no volume de stock parado e uma queda de 12% nos erros de armazenamento, no período de um ano [21].

Estes achados são corroborados por uma revisão sistemática mais recente, que analisou 32 estudos internacionais sobre sistemas de automação farmacêutica. A revisão concluiu que estes sistemas quando bem implementados contribuem para a redução de erros relacionados com armazenamento e distribuição, melhoria do controlo de inventário e

otimização dos custos operacionais a longo prazo, mesmo em ambientes com recursos limitados [22].

Assim, os dados indicam que a robotização representa uma ferramenta eficaz para reforçar a segurança, a rastreabilidade e a sustentabilidade da logística farmacêutica, contribuindo para um modelo de farmácia mais eficiente e centrado no utente.

Outra vantagem frequentemente referida é a aproximação ao “point of care” proporcionada pelos sistemas robotizados. Estudos têm demonstrado que os Automatic Dispensing Cabinets (ADCs) instalados junto às unidades de cuidados melhoram a segurança da administração, reduzem atrasos e erros de dosagem, e permitem a monitorização automática dos níveis de stock evitando falta de medicamentos diretamente na linha de cuidados [23].

Por fim, a integração entre sistemas automatizados (como ADCs) e software de gestão permite a monitorização em tempo real de indicadores-chave (KPIs) tais como doses omitidas, tempos de dispensa e níveis de stock. Num estudo de revisão sistemática sobre ADCs, foi reportado que estes sistemas não apenas evitam doses omitidas por escassez de stock, como também libertam tempo da equipa para atividades clínicas, permitindo tomadas de decisão mais estratégicas e baseadas em dados [24].

3.2 Residências de idosos PIM (preparação individualizada da medicação)

A preparação individualizada da medicação (PIM) em residências de idosos realizada por blisters/saquetas e, cada vez mais, por sistemas automatizados de dose (ADD) procura melhorar a segurança e a continuidade da terapêutica em populações idosas com polimedicação. A evidência indica que o ADD pode otimizar processos e apoiar a adesão, mas também introduzir riscos específicos (p.ex., incidentes de reembalagem, exigências de estabilidade e rastreabilidade), pelo que a sua implementação deve ser acompanhada por revisão farmacoterapêutica e validação profissional. [25,26]

Em lares que utilizam tecnologias de dispensa/embalagem automatizadas, estudos observacionais descrevem erros frequentes de administração (p.ex., técnica inadequada, horários), sublinhando que a automação não elimina a necessidade de protocolos, formação e supervisão; ao mesmo tempo, há estudos que reportam melhorias de

segurança quando a automatização substitui processos manuais, especialmente quando integrada num *workflow* robusto. [27,28]

A combinação ADD + revisão da medicação tem mostrado alterações favoráveis no uso de fármacos em idosos na atenção primária (p.ex., redução do número de medicamentos e ajustamentos de esquemas), reforçando que a PIM deve ser inseparável de intervenção clínica farmacêutica e de comunicação com prescritores e cuidadores. [25]

Boas práticas recomendadas incluem:

- Seleção criteriosa de medicamentos elegíveis para PIM (considerando estabilidade e instruções de partir/moer);
- Rastreio por código de barras e dupla verificação farmacêutica na reembalagem;
- Reconciliação terapêutica na admissão/transferência e revisão da medicação periódica;
- Formação dos cuidadores (administração segura, horários) e materiais de apoio visuais;
- Monitorização contínua de indicadores: erros de administração, doses omitidas, tempo de preparação, problemas relacionados com medicamentos (PRM), incidentes de estabilidade/identificação. [28,29]

3.3 Segurança e precisão

Um dos principais argumentos a favor da robotização nas farmácias comunitárias é o aumento significativo da segurança no circuito do medicamento. A manipulação manual comporta um risco considerável de erros, especialmente em ambientes com elevado volume de dispensa. A automação tem-se revelado eficaz na diminuição destes riscos.

Numa revisão sistemática e meta-análise envolvendo 11 estudos sobre intervenções tecnológicas na dispensa de medicação, demonstrou uma redução global de 34 % nos erros de dispensação prevenidos (de 0,080 % para 0,043%) e 68 % naqueles não prevenidos, após a implementação de sistemas automatizados e formação de pessoal qualificado. [30].

Para além disso, um estudo realizado num grande hospital do Reino Unido analisou as caixas de dispensação automática (ADCs) e concluiu que:

- A configuração correta do ADC minimizou significativamente os erros LASA, separando fisicamente os medicamentos com embalagens ou nomes semelhantes;
- Após implementação, houve uma redução de 56% nos incidentes evitados de dispensa (chamados near misses : de 0,64% para 0,28%) [31].

Estes dados demonstram que a automação, quer através de sistemas automatizados, quer por via de mecanismos de alertas e armazenamento seguro, pode minorar fortemente os erros vinculados à similitude de medicamentos, como troca de dose, confusão de fármacos com embalagens ou nomes parecidos, e datas de validade incorretas pontos críticos do circuito farmacêutico [32,33].

A evidência empírica reforça a ideia de que os sistemas robotizados contribuem significativamente para a redução de erros de dispensa. Um estudo demonstrou que a introdução de um sistema robotizado de dispensa reduziu a taxa de erros de 1,31 % (43 em 3 284 prescrições) para 0,63 % (19 em 3 004 prescrições), o que corresponde a uma redução relativa de risco de 51,7 %. Quando excluídos os erros resultantes da dispensação manual residual, a taxa de erro caiu para 0,12 %, com uma redução relativa de risco de 90,8 % [34].

Além de melhorar a gestão física dos medicamentos, os sistemas automatizados reforçam de forma decisiva a rastreabilidade, garantindo o registo automático do produto, lote e data de validade. Um estudo implementou auditorias mensais em quatro ADCs e constatou que as taxas de medicamentos expirados caíram de 0,4–0,7% para apenas 0,1–0,3%, atingindo até 0% de doses expiradas na unidade com auditoria completa [35].

Outro aspeto crítico é a gestão segura de medicamentos sujeitos a regras especiais, como psicotrópicos ou estupefaciente . ADCs configurados com acesso restrito via autenticação individual (PIN ou biometria), combinados com registo automático de transações, asseguram que apenas profissionais autorizados acessem a estas substâncias. Ao eliminar o uso de chaves partilhadas e permitir a monitorização contínua com auditorias eletrónicas remotas estes sistemas diminuem o risco de desvios ou erros ilegais [36].

A integração com sistemas de prescrição eletrónica (ePrescribing) permite implementar um controlo duplo automático, comparando os dados da receita com a base de dados da farmácia e eliminando discrepâncias. Num estudo de caso, a utilização integrada destas ferramentas resultou em zero erros na dispensa nos produtos processados automaticamente, num universo superior a 800 000 dispensas[12].

Assim, a robotização não elimina apenas o erro humano: ela redefine os padrões de qualidade e segurança, criando um ambiente controlado, auditável e fiável para a dispensa de medicamentos.

3.4 Redefinição das tarefas profissionais

A automação na farmácia comunitária não se limita a otimizar os fluxos operacionais ela transforma profundamente as funções e responsabilidades da equipa farmacêutica, abrindo espaço para uma prática mais centrada no cuidado e na relação com o utente.

Antes da introdução de sistemas robotizados, os farmacêuticos em farmácias comunitárias dedicavam uma parte significativa do seu tempo a tarefas técnicas repetitivas como contagem de comprimidos, preparação de embalagens e verificação manual de prescrições. Um estudo constatou que os farmacêuticos gastavam mais de 60 % do tempo em atividades que poderiam ser delegadas a técnicos ou automatizadas, evidenciando a necessidade de otimização desses processos para libertar tempo para cuidados ao utente. [37].

Com a introdução dos sistemas automatizados, essas tarefas são assumidas pelos robôs, permitindo uma reconfiguração estratégica do papel humano na farmácia.

No seguimento dessa transformação, as farmácias que adotaram robôs dispensadores reportaram uma redução média de 46 minutos por cada 100 prescrições processadas. Este ganho de tempo foi, por sua vez, direcionado para atividades clínicas, como aconselhamento ao utente e revisão da medicação, evidenciando uma transformação do papel do farmacêutico na prática diária [38].



Figura 2 – Robot a armazenar numa farmácia comunitária

Esta transição de funções também afeta os assistentes técnicos de farmácia, cujas competências evoluem da mera manipulação física para a gestão de sistemas, controlo de qualidade, interpretação de alertas automatizados e suporte técnico da robótica [39].

Além disso, há um impacto importante na motivação e satisfação profissional. Estudos qualitativos indicam que os farmacêuticos sentem-se mais valorizados quando podem exercer funções clínicas e comunicacionais, especialmente em temas como adesão ao tratamento, educação terapêutica e prevenção [40]. Este reposicionamento é congruente com o modelo de “farmácia clínica de proximidade” promovido por várias entidades europeias de saúde pública.

No entanto, esta redefinição das funções profissionais exige investimento em formação contínua. A integração de sistemas robotizados requer competências adicionais em informática, análise de dados e manutenção básica. No Reino Unido, por exemplo, o número de vagas de formação para assistentes técnicos em farmácia aumentou de 67% em certas regiões entre 2023 e 2024, refletindo o reconhecimento da necessidade de qualificação técnica para a gestão de sistemas automatizados [41].

Em síntese, a robotização não substitui o farmacêutico: ela liberta-o de tarefas de baixo valor acrescentado e permite o exercício mais pleno da sua vocação farmacoterapêutica, desde que acompanhado por formação, adaptação organizacional e valorização do seu papel humano e técnico.

Estudo do impacto da robotizaco na farmacia comunitaria: uma analise das implicaces operacionais, clinicas, eticas e economicas.

4 IMPACTOS CLÍNICOS E RELAÇÃO FARMACÊUTICO-PACIENTE

4.1 Liberação de tempo para atividades farmacêuticas

Um dos efeitos mais significativos da robotização na farmácia comunitária é a liberação de tempo dos farmacêuticos para a realização de atividades clínicas e de acompanhamento farmacoterapêutico.

Ao automatizar tarefas logísticas como a leitura de prescrições, a separação de embalagens e a gestão de stock, os sistemas robotizados permitem que os profissionais de saúde concentrem os seus esforços na vertente humana do cuidado.

De acordo com uma investigação realizada no Reino Unido, 65% dos farmacêuticos comunitários relataram que a implementação de sistemas robotizados, como o modelo “hub-and-spoke”, permitiu aumentar o tempo disponível para actividades de aconselhamento terapêutico, revisão da medicação e acompanhamento de doentes crónicos. [42].

Esta mudança permitiu uma ampliação do leque de serviços farmacêuticos, como a administração de vacinas, rastreios de doenças cardiovasculares e monitorização de parâmetros como a glicémia ou a tensão arterial. Em particular, na Suécia, a adoção de sistemas de multi-dose drug dispensing (MDD) foi acompanhada por profissionais de saúde que reportaram melhorias na adesão terapêutica entre os idosos polimedicados. Por exemplo, um estudo com 915 profissionais de saúde suecos mostrou que estes identificaram que a MDD “reduz a duplicação de medicação, contribui para dosagens corretas e ajuda os pacientes a tomar a medicação na hora certa” [43].

Este testemunho profissional confirma que os sistemas automatizados, incluindo a robotização, estão a facilitar a implementação de serviços como revisão regular da medicação em pessoas idosas contribuindo positivamente para a adesão terapêutica.

A robotização não só otimiza a eficiência operacional, mas também reconfigura o espaço físico da farmácia, possibilitando a criação de áreas privadas para aconselhamento ao utente. No estudo realizado numa farmácia comunitária no Brasil, os autores reportaram:

- Redução de até 75% no tempo de separação de encomendas online e 70% no tempo de receção de stock, libertando espaço operacional;
- A equipa estimou uma economia de 107 pés quadrados (~10 m²) de área de armazenamento, que foi redirecionada para zonas de atendimento clínico [19]

No contexto pós-COVID-19, a robotização nas farmácias comunitárias mostrou-se uma estratégia eficaz para manter a qualidade do serviço ao utente e reforçar as práticas clínicas. Num estudo realizado nos Emirados Árabes Unidos, 20% dos farmacêuticos afirmaram utilizar robôs para tarefas como abastecimento de stock e embalamento de prescrições. Estes profissionais relataram que esses sistemas os ajudaram a manter o foco em atividades clínicas como aconselhamento, rastreio de parâmetros e apoio à campanha de vacinação sem prejudicar os tempos de atendimento ou aumentar o risco de burnout [44].

Finalmente, esta reorganização do tempo e das tarefas permite reforçar o posicionamento do farmacêutico como profissional de saúde de primeira linha, dotado de competências clínicas e capaz de responder a desafios de saúde pública com agilidade e proximidade.

4.2 Perceção dos pacientes

A introdução da robotização nas farmácias comunitárias não impacta apenas os profissionais de saúde, mas também a experiência e perceção dos utentes. A forma como os pacientes encaram a automatização depende de vários fatores, incluindo o grau de contacto humano mantido, a clareza na comunicação e a confiança no sistema.

Um estudo de satisfação do utente comparou 200 clientes atendidos em farmácias com sistema automatizado de dispensação (ADDS) e farmácias convencionais. O resultado mostrou que a satisfação global foi significativamente maior nas farmácias automatizadas, destacando melhorias na clareza das instruções, educação ao cliente, eficiência do processo e confiança no sistema [45].

Estudos realizados num contexto europeu, notadamente em Finlândia, mostram que muitos utentes associam a digitalização da dispensa tal como acontece com a adoção de sistemas robotizados a um sentimento de modernização, eficiência e segurança. Por exemplo, um inquérito com 1 288 utentes revelou que 48 % consideravam que as prescrições eletrónicas facilitavam a compra de medicamentos, enquanto 39 % valorizavam o armazenamento seguro das receitas em formato digital [46].

Embora alguns utentes, especialmente os mais idosos, manifestem receio de que a robotização torne a farmácia “mais fria” e impessoal, não existe ainda literatura científica que analise esse fenómeno especificamente em farmácias comunitárias robotizadas. Estudos em outros sectores, como o comércio retalhista com self-checkout, apontam para perceções similares (sentimento de menor contacto humano), sugerindo a necessidade de investigação futura neste contexto particular.

Num estudo comparativo com 200 utentes, as farmácias com sistema automatizado de dispensação (ADDS) obtiveram níveis de satisfação significativamente superiores aos de farmácias tradicionais, destacando-se pela clareza das instruções, qualidade da educação farmacêutica, eficiência no processo e maior confiança no sistema [47].

Por fim, é importante sublinhar que os utentes valorizam muito que a automação não substitua o aconselhamento humano, mas sim o complemente. Num estudo comparativo em farmácias comunitárias, verificou-se que os clientes da farmácia automatizada atribuíram pontuações mais altas à competência técnica da equipa, e os profissionais ofereceram mais aconselhamento, apesar de o número de consultas ser semelhante [19]. Quando o tempo libertado pela robotização é investido em diálogo clínico, escuta ativa e esclarecimento de dúvidas, a perceção da tecnologia torna-se claramente positiva.

4.3 Manutenção da qualidade da relação

Apesar dos inegáveis benefícios técnicos da robotização, um dos maiores desafios é garantir que a qualidade da relação farmacêutico–utente não se deteriore com a diminuição da interação humana direta em alguns processos. A confiança, a empatia e a

comunicação clara são pilares da prática farmacêutica e da ética. Devem ser preservados, mesmo num ambiente altamente automatizado.

Um estudo observacional realizado em quatro farmácias comunitárias comparou farmácias com sistemas automatizados e aquelas com dispensa tradicional. Nestas últimas, 173 pacientes e 11 farmacêuticos foram avaliados. Descobriu-se que, mesmo com a automação, a duração das interações clínicas não foi reduzida, e os profissionais continuaram a dedicar tempo significativo aos utentes [31].

Além disso, a disponibilidade de tempo permitiu aos farmacêuticos serem mais proativos na oferta de aconselhamento, reforçando a relação de confiança [31]. O mesmo estudo revelou que os utentes de farmácias automatizadas atribuíram pontuações mais elevadas à competência técnica da equipa, refletindo maior confiança nos processos de dispensação [31].

Nos hospitais do Japão, os sistemas robotizados reduziram os erros de dispensa preveníveis de 0,204% para 0,044%, e os erros não preveníveis de 0,015% para 0,002%. A velocidade de dispensa diminuiu de 60 s para 23 s por receita, o que permite aos farmacêuticos focarem-se em cuidados clínicos [8].

Esta redução nos erros reforça a perceção de segurança dos utentes ao confiarem a sua medicação ao farmacêutico.

Um estudo recente demonstrou que a visibilidade do processo robotizado, aliada a explicações orais ou visuais, reforça significativamente a confiança dos utentes no sistema [48,49].

5 IMPLICAÇÕES ÉTICAS DA ROBOTIZAÇÃO

5.1 Responsabilidade e imputabilidade

A introdução de sistemas automatizados no processo de dispensa de medicamentos levanta questões éticas e jurídicas complexas relacionadas com a responsabilidade profissional. Quando um erro ocorre num sistema parcialmente ou totalmente robotizado, a questão essencial é: quem é responsável? O farmacêutico? O programador do sistema? O fabricante da máquina?

A legislação vigente mantém o farmacêutico como responsável final pela dispensa de medicamentos, mesmo quando esta é parcialmente automatizada. Cabe-lhe verificar a prescrição, confirmar validade e dosagem, garantir a correta entrega ao utente e manter registos [50,51]. Nos EUA, estudos mostram que erros comuns como dispensa do medicamento ou dose errada resultam, em média, em indemnizações acima de 120 000 USD, o que reforça a necessidade de sistemas de verificação robustos mesmo quando se recorre à automação [52,53].

Com o avanço da inteligência artificial e da autonomia dos sistemas robotizados, torna-se cada vez mais difícil determinar a origem precisa de eventuais erros na dispensação. Este cenário trouxe à tona a necessidade de enquadramento legal específico para lidar com falhas em sistemas automatizados, de forma semelhante ao debate já em curso na regulação da IA médica [54].

É necessário estabelecer diretrizes que incluam requisitos de rastreabilidade, registos automatizados de falhas e definições claras sobre responsabilidade partilhada entre profissionais, fabricantes e inovadores de sistemas robótica. Investigadores em bioética e direito da saúde têm realçado essa falha regulatória. Eles apontam para a urgência na criação de diretriz específicos para sistemas robotizados em saúde, semelhantes ao que se discute no domínio da IA médica. Tais marcos devem incluir requisitos claros de rastreabilidade, registo automatizado de falhas, auditorias programadas e atribuição definida de responsabilidades entre profissionais, fabricantes e fornecedores de software [55]

É por isso que vários especialistas defendem a criação de normas ético-legais atualizadas, que incluam:

- Mecanismos de auditoria interna automatizados, com registos detalhados de cada etapa do processo;
- Seguros específicos para falhas tecnológicas em saúde, similares aos existentes na cirurgia robótica;
- E formação contínua dos farmacêuticos sobre responsabilidade digital, para garantir uma supervisão ética e consciente da tecnologia .

Em suma, enquanto os benefícios da robotização são inegáveis, a clareza na repartição da responsabilidade é essencial para proteger o utente, salvaguardar o farmacêutico e garantir a confiança no sistema automatizado de saúde.

5.2 Confidencialidade e proteção de dados

A robotização na farmácia comunitária está intrinsecamente ligada à digitalização dos processos. Com isso, surgem novos riscos éticos e legais, sobretudo no que diz respeito à confidencialidade das informações de saúde e à proteção de dados sensíveis dos pacientes.

Os sistemas robotizados em farmácias comunitárias estão frequentemente integrados com bases de dados clínicas, softwares de gestão de prescrições e plataformas de faturação. Esta interconectividade implica o tratamento constante de dados pessoais e clínicos, incluindo nome, endereço, histórico farmacoterapêutico, alergias e diagnósticos. Segundo o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD), estes dados são classificados como sensíveis e requerem medidas reforçadas de segurança, como o consentimento informado explícito, o princípio da minimização e o controlo rigoroso de acessos [49]. Revisões recentes indicam que falhas no design dos sistemas robotizados como ausência de encriptação em repouso ou má segmentação de permissões podem aumentar o risco de violações de privacidade [56]. Por isso, a implementação de práticas como autenticação multifatorial, registos de acesso e encriptação ponta-a-ponta é recomendada como padrão para ambientes automatizados de saúde [57].

A utilização de serviços cloud na saúde europeia tem aumentado e traz benefícios operacionais, mas também amplia a superfície de ataque e os riscos de privacidade; por isso, entidades como a ENISA e o EDPB recomendam controlos técnicos e organizacionais robustos e especial atenção ao cumprimento do RGPD [58].

Em 2022, um ataque de ransomware ao fornecedor de TI “Advanced”, prestador de serviços ao NHS (incluindo o serviço de emergência), expôs dados de cerca de 80 mil pessoas e causou perturbações operacionais; em 2025, a autoridade britânica (ICO) aplicou uma coima de £3,07 milhões pelo incidente [59]

Além dos riscos técnicos, há também uma preocupação legítima com o uso indevido dos dados dos utentes para fins comerciais ou estatísticos sem o seu consentimento informado. Embora a recolha de dados sobre padrões de consumo ou adesão à medicação possa ser legalmente permitida em determinadas circunstâncias, levanta importantes dilemas éticos sobre a instrumentalização dos utentes. Para garantir conformidade ética e legal, organismos europeus recomendam a adoção de medidas como:

- encriptação ponta-a-ponta para proteger os dados durante o armazenamento e transmissão;
- autenticação multifator e controlo de acesso baseado em funções (RBAC, *Role-Based Access Control*) para restringir o acesso aos sistemas aos profissionais autorizados;
- protocolos de consentimento digital claros e transparentes, informando os utentes sobre a finalidade da recolha, o uso e a forma como os dados serão tratados [56, 60].

Adicionalmente, a presença de um encarregado de proteção de dados (DPO) torna-se recomendada em farmácias com elevado grau de automação, para garantir a auditoria regular dos fluxos de informação e a formação contínua dos profissionais em proteção de dados.

Em suma, a robotização melhora a eficiência e a rastreabilidade, mas só será eticamente aceitável se estiver alinhada com os direitos fundamentais dos utentes à privacidade, autonomia e informação transparente.

5.3 Equidade no acesso às tecnologias

Embora a robotização traga claros benefícios para a eficiência e a segurança das farmácias comunitárias, a sua implementação não ocorre de forma equitativa. Existem barreiras económicas, geográficas e estruturais que limitam o acesso a essas tecnologias, o que

levanta sérias preocupações éticas quanto à justiça distributiva e à igualdade na prestação de cuidados.

O investimento inicial para adquirir e instalar um sistema de automação farmacêutica varia amplamente: um estudo alemão indicou um custo médio de aquisição de 118 400 €, com instalação adicional de cerca de 23 000 € [21]. Em termos mais gerais, sistemas automáticos na Europa custam entre 46 000 € e até 1 140 000 €, dependendo da complexidade, automação, integração com IA e controlo de stock [61].

Esses valores representam barreiras financeiras significativas para pequenas farmácias independentes, especialmente em regiões rurais ou economicamente desfavorecidas, elevando o risco de desigualdade no acesso à tecnologia., especialmente em regiões rurais ou economicamente desfavorecidas.

Esta desigualdade tecnológica pode, potencialmente, repercutir-se na qualidade dos serviços prestados: há evidência de que a automação e robotização na farmácia melhora a eficiência do processo de dispensa e reduz erros, libertando tempo da equipa para tarefas clínicas. Assim, a ausência de automação pode associar-se a tempos de espera maiores e a uma menor capacidade de acompanhamento clínico.

Quanto aos incentivos públicos, não existem políticas nacionais dedicadas ao cofinanciamento da automação em farmácias comunitárias em países como Portugal ou Espanha. O apoio tende a surgir de programas horizontais de modernização de pequenas e médias empresas ou de iniciativas de transição digital, bem como de projetos hospitalares pontuais financiados por fundos europeus. Também na Alemanha e na Suécia predominam programas horizontais de apoio à digitalização e iniciativas dirigidas ao setor hospitalar, mas não políticas nacionais específicas que garantam, com base em critérios de equidade territorial, o financiamento direto da robotização em farmácias comunitárias. [62,63]

Do ponto de vista ético e de políticas públicas, a equidade no acesso e a acessibilidade universal são princípios fundamentais reiterados a nível europeu. Organizações profissionais e entidades de saúde pública sublinham que a introdução de tecnologias inovadoras não deve aprofundar desigualdades no acesso ao medicamento nem comprometer a função social da farmácia.

Por outro lado, a robotização pode também criar uma nova dependência tecnológica, onde farmácias que investem fortemente em sistemas automatizados podem tornar-se vulneráveis a falhas técnicas, ausência de suporte técnico local ou obsolescência programada o que é especialmente problemático em contextos isolados ou com fraca conectividade [8, 21].

Estudo do impacto da robotizaco na farmacia comunitaria: uma analise das implicaces operacionais, clinicas, eticas e economicas.

6 IMPACTOS ECONÓMICOS

6.1 Custos de implementação

A implementação de sistemas robotizados em farmácias comunitárias representa um investimento financeiro significativo, tanto em termos de aquisição como de manutenção e formação. Embora a robotização prometa ganhos operacionais e clínicos, os custos iniciais são frequentemente apontados como uma barreira à sua adoção generalizada.

Relatórios de mercado e informação disponibilizada por fabricantes indicam que o custo médio de instalação de um robô de dispensação simples ronda os 120.000 a 150.000 euros, enquanto sistemas integrados com funcionalidades adicionais como controlo de temperatura, identificação por RFID e interface avançada com softwares de gestão podem ultrapassar os 300.000 euros [Dados de mercado, BD Rowa™, Omnicell]. A estes valores somam-se os custos de infraestrutura, incluindo remodelação do espaço, atualização dos sistemas de TI e formação da equipa.

A literatura científica confirma esta perceção de “alto custo de capital e manutenção”, descrevendo a viabilidade da robotização como fortemente dependente do volume de prescrições e da capacidade de integração com os sistemas já existentes, ainda que raramente apresente valores numéricos exatos [8, 21, 40].

Além disso, os custos operacionais recorrentes incluindo manutenção técnica, substituição de peças, licenças de software e atualizações de segurança são descritos em relatórios de mercado como representando entre 5% e 10% do investimento anualizado. Estes valores, embora potencialmente compensados a médio prazo por ganhos em eficiência, constituem um esforço considerável para farmácias com margens operacionais reduzidas.

Relatórios de fabricantes destacam faixas reais de custos: por exemplo, o modelo de entrada BD Rowa Smart tem preços iniciais na ordem de £56 990 (aproximadamente 65–70 mil euros segundo taxas de câmbio recentes), enquanto projetos mais complexos com BD Rowa Vmax, como um sistema instalado no NHS do Reino Unido, envolveram investimentos de cerca de £750 000 (≈ 850 mil euros) incluindo robot, dupla cabeça de dispensa e reconfiguração física do espaço. Por outro lado, sistemas hospitalares

avançados como o Omnicell XR2 podem atingir investimentos da ordem de US\$ 1,7 milhão (\approx 1,6 milhão de euros).



Figura 3 – *Image do robot omnicell XR2*

A análise de custo-benefício torna-se ainda mais complexa quando se consideram variáveis locais, como o volume de prescrições, o número de funcionários e o tipo de serviços prestados. Relatórios de indústria apontam que o retorno sobre o investimento (ROI) em sistemas robotizados pode variar entre 2 a 6 anos, dependendo da intensidade da utilização e da complexidade do sistema adotado¹. A literatura científica confirma esta percepção de “alto custo de capital e manutenção”, descrevendo a variabilidade do ROI conforme o perfil da farmácia e o grau de integração com os sistemas de gestão existentes, ainda que raramente apresente valores numéricos exatos [8, 21, 40].

Além do aspeto financeiro direto, existe um custo de integração organizacional. A transição para processos automatizados requer reestruturações internas, adaptação dos fluxos de trabalho, e por vezes, resistência à mudança por parte dos profissionais, o que pode afetar temporariamente a produtividade .

Mesmo assim, várias análises apontam que, quando bem dimensionado, o investimento em automação pode ser sustentável a médio prazo. Estudos realizados em diferentes

contextos, como na Alemanha e no Japão, mostram que os sistemas robóticos contribuem para reduzir erros de dispensa, otimizar recursos humanos e aumentar a eficiência operacional, fatores que, em conjunto, favorecem a sustentabilidade económica da farmácia [8, 21]. Relatórios de mercado acrescentam que, em alguns cenários, a automação pode permitir reduções médias de 15–25% nos custos operacionais diretos ao fim de três a cinco anos, sobretudo pela otimização de mão de obra e diminuição de perdas por erros ou ruturas de stock¹.

Contudo, a ausência de apoios financeiros públicos diretos em vários países, incluindo Portugal, torna mais difícil a adoção da robotização fora dos grandes grupos económicos. Isso pode acentuar a polarização do setor entre farmácias altamente tecnológicas e outras que permanecem em modelos operacionais tradicionais.

6.2 Retorno do investimento

O retorno do investimento (ROI) é um dos principais argumentos que sustentam a adoção da robotização na farmácia comunitária. Embora os custos iniciais possam ser elevados (ver. 6.1), os ganhos operacionais, financeiros e qualitativos associados à automação justificam frequentemente o investimento a médio prazo.

Estudos empíricos mostram que o retorno depende de múltiplos fatores, incluindo o volume de prescrições, o nível de automação escolhido, a reorganização do fluxo de trabalho e a integração com serviços farmacêuticos adicionais. A literatura científica descreve a robotização como um investimento de alto custo inicial, mas com potencial de sustentabilidade económica, sobretudo em farmácias com elevado volume de prescrições [8, 31, 23]. Relatórios de mercado acrescentam que farmácias que processam mais de 150 prescrições por dia podem alcançar ROI em 2 a 6 anos¹.

Os principais ganhos observados incluem:

- Otimização de recursos humanos: a automação reduz tarefas repetitivas e permite redistribuir o tempo da equipa para funções clínicas. Estudos mostram ganhos de eficiência no fluxo de trabalho e redução da carga administrativa [21, 46].

Relatórios de mercado quantificam essa otimização em 15–25% de redução de tempo logístico¹.

- Melhor gestão de stock: sistemas automatizados ajudam a evitar ruturas, vencimentos e desperdício de medicamentos, contribuindo para maior eficiência [31, 46]. Relatórios de farmácias europeias estimam economias anuais entre 5.000 e 15.000 € neste domínio¹.
- Aumento da atividade clínica: a automação liberta tempo para consultas farmacêuticas, vacinação e outros serviços remunerados. Em relatórios espanhóis, farmácias robotizadas reportaram até +12% de faturação em três anos.
- Maior satisfação do utente: tempos de espera mais curtos e maior precisão na dispensa estão associados a maior confiança no farmacêutico, o que reforça a fidelização [64].

Contudo, o ROI não é imediato nem uniforme. Em farmácias com baixo volume de prescrições, ou sem serviços clínicos ativos, o retorno pode ultrapassar os 6 ou 7 anos. A presença de financiamento público, como subsídios ou deduções fiscais, acelera significativamente o retorno, mas nem sempre está disponível (ver 5.3).

Além disso, o ROI deve ser entendido não apenas em termos financeiros, mas também estratégicos: a robotização posiciona a farmácia para responder às exigências futuras do setor, com maior capacidade de resposta a crises sanitárias, ampliação de serviços clínicos e integração em redes de saúde digitalizadas.

7 PERSPETIVAS FUTURAS

7.1 Inovações tecnológicas futuras

A integração da inteligência artificial (IA) e do *machine learning* está a transformar de forma crescente o panorama dos cuidados de saúde, incluindo a farmácia comunitária. Estas tecnologias têm o potencial de apoiar a tomada de decisão clínica, otimizar fluxos de trabalho e reforçar a segurança medicamentosa [65,66].

Atualmente, já existem métodos de IA aplicados em tarefas como a identificação de interações medicamentosas, a previsão da evolução de doenças e a otimização de estratégias terapêuticas [65]. A IA pode ainda automatizar processos administrativos e clínicos, melhorar a precisão diagnóstica e apoiar profissionais de saúde em decisões complexas [66].

A análise de grandes volumes de dados permite também prever padrões de consumo e necessidades de stock, algo particularmente relevante em contextos de elevada pressão sobre os serviços, como se verificou durante a pandemia de COVID-19 [67].

Outro campo promissor é a personalização da terapêutica, em que algoritmos de *deep learning* podem ser aplicados em farmacogenómica e em medicina de precisão, ajudando a selecionar tratamentos mais adequados e a reduzir efeitos adversos [68]. A convergência entre inteligência humana e artificial pode resultar numa “medicina de alta performance”, com maior precisão, segurança e eficiência [69].

Contudo, a adoção da IA exige cautela. É essencial garantir que os sistemas sejam transparentes, que os algoritmos sejam auditáveis e que o julgamento clínico do farmacêutico não seja substituído, mas sim complementado. A confiança dos profissionais e dos doentes depende de uma implementação ética e explicável [69].

Em suma, a IA representa uma ferramenta poderosa que, quando integrada de forma adequada, pode transformar o papel do farmacêutico comunitário, libertando-lhe tempo e aumentando a qualidade dos cuidados prestados.

7.2 Formação e competências profissionais

Com a progressiva integração de sistemas robotizados na farmácia comunitária, torna-se cada vez mais evidente que a formação dos profissionais deve evoluir ao mesmo ritmo que a tecnologia. A robotização não elimina o papel do farmacêutico pelo contrário, ela o reposiciona como gestor clínico, supervisor técnico e comunicador de excelência.

Segundo a Federação Internacional Farmacêutica (FIP) e entidades formadoras, a transição digital requer formação contínua em competências como operação de equipamentos automatizados, análise e governação de dados e cibersegurança, a par de literacia digital transversal. Estes documentos não reportam uma percentagem única global, mas convergem na necessidade de capacitação sistemática do pessoal de farmácia para que a adoção tecnológica produza ganhos reais e seguros (cf. 6.2) [70, 71, 72]

Um conjunto de levantamentos e guias (FIP, HEE/NHS e RPS), bem como revisão de escopo sobre educação em literacia digital em farmácia, mostram que a transição digital exige do farmacêutico novos perfis de competência, entre os quais se destacam [70, 71, 73]:

- Conhecimentos básicos de engenharia de processos e fluxos logísticos, incluindo integração, interoperabilidade e automação/robótica em contextos de dispensa;
- Capacidade de interpretar dados de consumo e parametrizar softwares de gestão, com noções de informáticos clínicos e governança de dados;
- Aptidão para liderança de equipas técnicas híbridas (farmacêuticos, técnicos e operadores), com papéis e níveis de proficiência digital mapeados a diferentes estágios de carreira;
- Domínio de ética digital, proteção de dados, segurança e cibersegurança, assegurando práticas auditáveis e conformes. As universidades começam a integrar gradualmente essas temáticas nos currículos de ciências farmacêuticas.

Contudo, como apontam diretrizes internacionais (FIP, HEE/NHS e ACPE), a formação inicial não é suficiente: é indispensável promover programas de formação contínua

acreditada, adaptados às realidades locais das farmácias comunitárias [73, 74]. Estes programas devem incluir:

- Simulações com ambientes e equipamentos de dispensa (incluindo plataformas de simulação de farmácia e treino *hands-on* com tecnologia instalada) [75];
- Certificação/competências em software de gestão farmacêutica e informáticos clínicos, com foco em interoperabilidade, dados e *workflow* [73, 75];
- Atualização regular sobre regulamentação técnica e cibersegurança, à luz das ameaças atuais no setor da saúde [76,77].

Além da vertente técnica, não se podem negligenciar as competências interpessoais. Com a libertação de tempo proporcionada pela automação, espera-se que o farmacêutico assuma um papel mais ativo no acompanhamento clínico. Isso exige formação em comunicação centrada no utente, empatia, gestão de emoções e aconselhamento em saúde, integrada num perfil verdadeiramente centrado na pessoa [77].

Por fim, é essencial criar colaborações com empresas tecnológicas e associações profissionais para garantir que os conteúdos formativos acompanhem a evolução do mercado e as exigências reais das farmácias. O farmacêutico do futuro deve ser, antes de tudo, um profissional em atualização contínua [73, 74].

7.3 Recomendações para uma integração bem-sucedida

A adoção da robotização na farmácia comunitária não deve ser encarada como uma simples substituição tecnológica, mas sim como uma transformação organizacional e humana. Para que essa transição ocorra de forma ética, eficiente e sustentável, é fundamental que farmácias, reguladores, universidades e fornecedores tecnológicos atuem de forma coordenada.

1. Planeamento estratégico e personalizado

A integração de robôs exige um diagnóstico prévio da realidade de cada farmácia (volume de atendimento, espaço, perfil da equipa, serviços). A literatura de implementação em farmácia comunitária recomenda exploração pré-implementação, pilotagem,

envolvimento de toda a equipa e estratégias de *stakeholder engagement* para reduzir resistência e garantir “*fit*” operacional. Estudos em contexto hospitalar mostram também que comunicação e envolvimento dos profissionais antes da implementação mitigam receios e melhoram a aceitação. [77, 78]

2. Reforço da dimensão humana do serviço

A automação deve libertar o farmacêutico de tarefas repetitivas para reforçar a presença clínica (aconselhamento, seguimento, vacinação). Há evidência de que sistemas robotizados reduzem erros de dispensa e tempo de preparação, permitindo realocar tempo ; em ambientes com robotização observou-se redução de 53% do tempo de espera e aumento de ~20–22% da satisfação global após a implementação, quando acompanhada por reorganização do *workflow* e foco no utente. Além disso, estudos comparativos mostram satisfação significativamente superior dos doentes em contextos com sistemas automatizados face aos tradicionais. [79, 80]

3. Suporte técnico e manutenção contínua

Uma integração bem-sucedida exige acesso regular a suporte técnico especializado, com planos de manutenção preventiva, atualizações de software e resposta rápida a falhas. Estudos de implementação mostram que a falta de apoio técnico e de integração sólida aumenta fricções operacionais e perceções negativas da equipa; por contraste, projetos que planificam manutenção e integração desde o início mantêm melhor desempenho e aceitação interna. Para além disso, é recomendável capacitar pelo menos um membro da equipa como “referente técnico interno”(champion) com formação específica no equipamento utilizado, prática alinhada com frameworks de implementação e evidência em farmácia [81, 37].

4. Acompanhamento formativo contínuo

A formação não deve limitar-se à fase de instalação. Guias e revisões apontam que o desenvolvimento de competências digitais e clínicas deve ser contínuo, com reciclagens regulares em especial em cibersegurança, ética digital, governação/uso de dados e utilização avançada dos sistemas. Programas nacionais e revisões recentes em educação farmacêutica sustentam este modelo formativo modular e recorrente Parcerias com

universidades, fornecedores e ordens/associações profissionais facilitam o acesso a formação modular e certificada [82,71].

5. Envolvimento das partes interessadas

Uma transição tecnológica bem-sucedida requer o envolvimento de múltiplas partes (farmacêuticos, técnicos, utentes, reguladores, fabricantes, academia). A literatura de implementação em farmácia identifica engajamento de stakeholderse comunicação precoce como facilitadores críticos para reduzir resistência e ajustar a tecnologia ao contexto local [82]. Na perspetiva da participação do doente em avaliação/adoção de tecnologias de saúde, recomenda-se informação e consulta prévias, associadas a maior aceitabilidade social e sustentabilidade dos projetos [83].

7.4 Implicações para as políticas de saúde

A transformação digital e robotizada da farmácia comunitária não é apenas uma questão tecnológica ou económica — trata-se de um desafio sistémico que exige resposta das políticas de saúde pública. Para garantir que esta evolução seja segura, ética, eficaz e acessível, é necessária uma regulação adaptada e proativa por parte das autoridades de saúde.

Segundo documentos europeus recentes, a integração de automação e sistemas inteligentes na farmácia requer normas técnicas atualizadas, segurança e proteção de dados, bem como clarificação da supervisão humana e da responsabilidade profissional quando decisões clínicas são assistidas por IA [84, 85]. Em particular, o enquadramento europeu para IA estabelece requisitos de gestão de risco, transparência e supervisão humana para sistemas de alto risco em saúde, enquanto orientações setoriais reforçam interoperabilidade e segurança nos circuitos de e-prescrição/dispensa [85, 86].

Atualmente, a maioria dos quadros regulamentares na Europa foi desenhada para farmácias tradicionais. Poucos países possuem diretrizes específicas para o uso de robôs, especialmente no que diz respeito a:

- Certificação de segurança e interoperabilidade entre software de prescrição e sistemas robotizados;
- Responsabilidade em caso de erro técnico com impacto na saúde do utente;

- Regras para delegação de tarefas a operadores não farmacêuticos em ambiente automatizado [85].

Além da regulação técnica, as políticas de saúde devem considerar a automação como ferramenta de combate às desigualdades no acesso aos cuidados. Em zonas com escassez de profissionais, como áreas rurais ou regiões ultraperiféricas, os sistemas automatizados podem garantir continuidade da distribuição de medicamentos, monitorização à distância e apoio clínico automatizado básico [87].

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que os planos nacionais de saúde integrem a robotização farmacêutica como parte dos seus objetivos de transformação digital sustentável, desde que acompanhada de garantias de formação, equidade e avaliação contínua [88].

Adicionalmente, é necessário incluir a farmácia robotizada nos programas de financiamento estratégico (ex. EU4Health, PRR), permitindo que pequenas farmácias independentes tenham acesso aos investimentos necessários para modernizar-se e manter a competitividade num setor em rápida mutação [88].

Por fim, é essencial promover mecanismos de monitorização e auditoria de impacto, através de indicadores como:

- Redução de erros na dispensação;
- Níveis de satisfação dos utentes;
- Acesso equitativo às tecnologias;
- Eficiência operacional pós-automação.

Estes dados devem alimentar ciclos contínuos de avaliação e ajuste das políticas públicas, garantindo que a inovação tecnológica vá de mãos dadas com a qualidade, a segurança e a humanização dos cuidados.

8 CONCLUSÃO

A presente revisão narrativa teve como objetivo explorar de forma abrangente o impacto multidimensional da robotização na farmácia comunitária, analisando suas implicações operacionais, clínicas, éticas e económicas.

Do ponto de vista operacional, verificou-se que a introdução de sistemas robotizados contribui para a eficiência logística, a redução de erros e a redefinição do papel dos profissionais farmacêuticos, libertando tempo para tarefas farmacêuticas de maior valor acrescentado .

No plano técnico, a robotização demonstrou permitir um reforço do acompanhamento terapêutico, ao passo que a relação farmacêutico-utente evolui para um modelo mais centrado na comunicação e na confiança. Contudo, também emergem desafios quanto à perceção dos utentes, que exigem estratégias de humanização do serviço.

As implicações éticas centram-se na necessidade de garantir responsabilidade legal em casos de erro, proteção dos dados pessoais e equidade no acesso às tecnologias, especialmente em contextos de desigualdade geográfica e económica.

Economicamente, apesar dos custos iniciais elevados, a literatura aponta para um retorno do investimento favorável, desde que o processo seja bem planeado e apoiado por políticas públicas inclusivas. O apoio financeiro estruturado e os apoios de financiamento surgem como elementos-chave para promover a democratização tecnológica .

Por fim, as perspetivas futuras da farmácia robotizada exigem formação contínua, integração ética da tecnologia e regulação proativa, de forma a alinhar inovação com os princípios fundamentais da prestação e cuidados.

A robotização representa mais do que uma revolução técnica: é uma oportunidade de reconfigurar a farmácia comunitária como espaço de saúde digital integrado. Ao transferir tarefas mecânicas para sistemas automatizados, cria-se espaço para uma farmácia mais centrada nas necessidades reais do utente, contribuindo para a qualidade, segurança e personalização dos cuidados.

No entanto, esta transformação não é neutra. Ela exige rigor ético, formação estratégica e um compromisso coletivo entre todos os atores do sector farmacêuticos, gestores, entidades reguladoras e utentes. Preservar a dimensão humana e comunitária da farmácia deve permanecer uma prioridade, mesmo num cenário crescentemente tecnológico.

Apesar do crescente número de estudos sobre automação, muitos aspetos permanecem por explorar. Recomenda-se que investigações futuras abordem, entre outros temas:

- O impacto da robotização na saúde mental e no bem-estar dos profissionais farmacêuticos
- A experiência do utente em farmácias totalmente automatizadas, especialmente em zonas rurais
- O desenvolvimento de indicadores padronizados de qualidade em farmácias robotizadas
- A avaliação longitudinal de custos e benefícios em diferentes contextos socioeconómicos.

Finalmente, a robotização na farmácia deve continuar a ser objeto de diálogo contínuo entre tecnologia e humanidade, garantindo que a inovação sirva sempre o bem comum e o acesso universal à saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Urick BY, Meggs EV. Towards a greater professional standing: evolution of pharmacy practice and education, 1920-2020. *Pharmacy(Basel)*. 2019;7(3):98.

doi:10.3390/pharmacy7030098

[2] George PP, Molina JA, Cheah J, Chan SC, Lim BP. The evolving role of the community pharmacist in chronic disease management: a literature review. *Ann Acad Med Singap*. 2010;39(11):861-867.

doi:10.47102/annals-acadmedsg.V39N11p861

[3] Goode JV, Owen J, Page A, Gatewood S. Community-based pharmacy practice innovation and the role of the community-based pharmacist practitioner in the United States. *Pharmacy (Basel)*. 2019;7(3):106.

doi:10.3390/pharmacy7030106.

[4] Pantasri T. Expanded roles of community pharmacists in COVID-19: a scoping literature review. *J Am Pharm Assoc (2003)*. 2022;62(3):649-657.

doi:10.1016/j.japh.2021.12.013.

[5] Aboelzahab YH, McCracken A, Abdoulrezzak R, Naguib S, McLean M, Tricco AC, *et al*. Virtual care in community pharmacy services: a scoping review. *Res Social Adm Pharm*. 2025;21(9):653-666.

doi:10.1016/j.sapharm.2025.03.066

[6] Shen J, Wei S, Guo J, Xu S, Li M, Wang D, Liu L. Evolutionary trend analysis of the pharmaceutical management research field from the perspective of mapping the knowledge domain. *Front Health Serv*. 2024;4:1384364.

doi:10.3389/frhs.2024.1384364.

[7] IQVIA & BD Rowa™. *Mehr Zeit für Beratung, höhere Lagerqualität & geringere Fehlerquote*. IQVIA Germany Report. 2019.

- [8] Takase H, Tsuruoka S, Takahashi T, et al. *Evaluating the safety and efficiency of robotic dispensing systems in community pharmacies: a retrospective study*. J Pharm Health Care Sci. 2022;8(1):27.
- [9] Robbins J., et al. *Automating Community Pharmacy Workflows: The Impact of RPA on Operational Efficiency and Patient Care*. Journal of Medical Management. 2024.
- [10] Tu Y-C, et al. *Implementation of Medication-Related Technology and Its Impact on Dispensing Errors: A 6-Year Prospective Study in Taiwan*. JMIR. 2025.
- [11] TechSci Research. *Japan pharmacy automation device market by product type, end user, region, competition forecast & opportunities, 2018–2032* [Internet]. Noida (IN): TechSci Research; 2024 [cited 2025 Jul 21].
- [12] Beard RJ, Smith P. Integrated electronic prescribing and robotic dispensing: a case study. *SpringerPlus*. 2013;2:295.
doi:10.1186/2193-1801-2-295.
- [13] Fitzpatrick R, Youmbi V, Dixon N. Evaluation of an automated dispensing system in a hospital pharmacy dispensary. *Pharm J*. 2009;282(7535):109–112
- [14] Grand View Research. *France Pharmacy Automation Devices Market Size Report, 2024–2030*. 2023.
- [15] Berdot S, Savoldelli V, Zaugg V, et al. *A centralized automated-dispensing system in a French teaching hospital: return on investment and quality improvement*. Int J Qual Health Care. 2019;31(3):219-224.
- [16] Hassan M, et al. *Barriers to and Facilitators of Artificial Intelligence Adoption in Health Care: Scoping Review*. JMIR Hum Factors. 2024;11:e48633.
- [17] Pharmacy Times. *Pharmacy Automation: The Future of Medication Safety and Efficiency*. 2025.

- [18] Grand View Research. *Pharmacy Automation Market Trends 2025–2033*. 2023.
- [19] Basile K, Martínez M, Lucaci JD, Goldblatt C, Beer I. *Enhancing Operational Efficiency and Service Delivery through a Robotic Dispensing System: A Case Study from a Retail Pharmacy in Brazil*. *Pharmacy*. 2024;12(5):130
- [20] Maher-Loughnan Á, McAuley C, Laffey P, Kearns M. Use of dispensing robot to enhance capacity for community pharmacy workforce. *Int J Integr Care*. 2025 Apr 9;25:690.
doi:10.5334/ijic.ICIC24535
- [21] Rühle F, Braun R, Ostermann H. *Impact of Robotic Dispensing Machines in German Pharmacies on Business Performance Indicators*. *Res Social Adm Pharm*. 2009;5(1):30-41.
- [22] Shbaily EM, Dighriri IM, Alotaibi NS, et al. *Effectiveness of Pharmacy Automation Systems versus Traditional Systems in Hospital Settings: A Systematic Review*. *Cureus*. 2025;17(1):e77934.
- [23] Jeffrey E. *Automated dispensing cabinets and their impact on the rate of omitted and delayed doses: A systematic review*. *Res Social Adm Pharm*. 2024; PMID: 38774122.
- [24] AlMutair A, Elgamri A, Taleb K, et al. *Exploring the Benefits, Barriers and Improvement Opportunities in Implementing Automated Dispensing Cabinets: A Qualitative Study*. *Pharmacy*. 2025;13(1):12.
- [25] Sinnemäki J, Sihvo S, Isojärvi J, Blom M, Airaksinen M, Mäntylä A. Automated dose dispensing service for primary healthcare patients: a systematic review. *Syst Rev*. 2013;2:1. doi:10.1186/2046-4053-2-1.
- [26] Cheung KC, van der Veen W, Bouvy ML, de Smet PAGM, Wensing M. Medication incidents related to automated dose dispensing in community pharmacies and hospitals: a reporting system study. *PLoS One*. 2014;9(7):e101686.
doi:10.1371/journal.pone.0101686.

- [27] Tan JZY, McLachlan AJ, Bell JS. Stability of chronic medications in dosage administration aids: a systematic review. *Saudi Pharm J*. 2016;24(5):533–547. doi:10.1016/j.jsps.2015.01.010.
- [28] van den Bemt PMLA, Idzinga JC, Robertz H, Kormelink DG, Pels N. Medication administration errors in nursing homes using an automated medication dispensing system. *J Am Med Inform Assoc*. 2009;16(4):486–492. doi:10.1197/jamia.M2959.
- [29] Beobide-Tellería I, Ferro-Uriguen Á, Miró-Isasi B, Martínez-Arrechea S, Genua-Goena MI. The impact of automation on the safety of drug dispensing in nursing homes. *Farm Hosp*. 2018;42(4):141–146. doi:10.7399/fh.10949.
- [30] Poole SG, Kwong E, Mok B, et al. *Interventions to decrease the incidence of dispensing errors in hospital pharmacy: a systematic review and meta-analysis*. *J Pharm Pract Res*. 2021;51(1).
- [31] James KL, Barlow D, McArtney R, et al. *The impact of automation on workload and dispensing errors in a hospital pharmacy*. *Int J Pharm Pract*. 2013;21(2):92-104
- [32] Rodríguez-González CG, Herranz-Alonso A, Escudero-Vilaplana V, et al. Impact of implementing an automated dispensing system in a hospital pharmacy service. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*. 2019;25(2):233–240.
- [33] Nanni AN, Rana TS, Schenkat DH. *Screening for expired medications in automated dispensing cabinets: a randomised controlled trial*. *Am J Health Syst Pharm*. 2020;77(24):2107–2111.
- [34] Lichtner V, Prgomet M, Gates P, Franklin BD. *Automatic dispensing cabinets and governance of controlled drugs: an exploratory study in an intensive care unit*. *Eur J Hosp Pharm Sci Pract*. 2023;30(1):17–23.
- [35] Angelo LB, Christensen DB, Ferreri SP. *Impact of Community Pharmacy Automation on Workflow, Workload, and Patient Interaction*. *J Am Pharm Assoc*. 2005;45(2):138-144.

- [36] Swisslog Healthcare. *The impact of automation on pharmacists*. Estudo citado pela National Library of Medicine, 2024.
- [37] The Community Pharmacy Technician's Role in the Changing Pharmacy Landscape. *Int J Pharm Pract*. 2021.
- [38] James KL, Barlow D, Bithell A, et al. *The impact of automation on pharmacy staff experience of workplace stressors*. *Int J Pharm Pract*. 2013;21(2):105–116.
- [39] GOV.UK. *Pharmacy supervision: consultation document*. UK Government, 2023–2024.
- [40] Uppal IK. *Pharmacists' and pharmacy support staff's perceptions and experiences of automation in community pharmacy: a qualitative study in England* [dissertação de doutoramento]. Coventry: Coventry University; 2020.
- [41] Bardage C, Ekedahl A, Ring L. Health care professionals' perspectives on automated multi-dose drug dispensing. *Pharmacy Practice*. 2014;12(4):470.
- [42] Alahmari AA, Alharbi MS, Alkhalaf AA, Alasmari SA, Alqahtani MM, Alanazi AT, et al. Utilization of Telepharmacy and Medication Delivery Service During COVID-19 Pandemic and Comparison with Pre-Pandemic: A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Basel)*. 2024 May 24;12(6):784. doi:10.3390/healthcare12060784.
- [43] Alhomoud F, AlYami MS, Alturki A, et al. Patient Satisfaction With Automated and Traditional Drug Dispensing Systems in Community Pharmacies: A Cross-Sectional Study. *J Patient Exp*. 2024;11:23743735241255870. doi:10.1177/23743735241255870
- [44] Lämsä E, Timonen J, Mäntyselkä P, Ahonen R. Pharmacy customers' experiences with the national online service for viewing electronic prescriptions in Finland. *Int J Med Inform*. 2017;97:221–228. doi:10.1016/j.ijmedinf.2016.12.010

[45] Leung H, Eriksson H, Johansson G, et al. *Social robots counselling in community pharmacies: boosting patient trust*. *Front Public Health*. 2024;12:1332110. doi:10.3389/fpubh.2024.1332110

[46] [Cureus editorial team]. *Effectiveness of Pharmacy Automation Systems Versus Traditional Systems in Hospital Settings: A Systematic Review*. *Cureus*. 2024. doi:10.7759/cureus.332211

[47] Gaissi AO, Almalki SH, Alotaibi YS, et al. *Legal Responsibilities of Pharmacists in Dispensing Medications*. *LHEP*. 2024;2024:1–10.

[48] Vivian JC. *Pharmacists' Duties for Patient Care: A Primer*. *US Pharm*. 2024;49(7):9–12.

[49] Reiner G, Pierce SL, Flynn J. *Wrong drug and wrong dose dispensing errors identified in pharmacist professional liability claims*. *J Am Pharm Assoc*. 2020;60(5):e50–e56. doi:10.1016/j.japh.2020.02.027

[50] Leenes R, Palmerini E, Koops B-J, Bertolini A, et al. *Regulatory Challenges of Robotics: Some Guidelines for Addressing Legal and Ethical Issues*. *Law Innov Technol*. 2017;9(1):44. doi:10.1080/17579961.2017.1304921

[51] Fosch-Villaronga E, Drukarch H. *On Healthcare Robots: Concepts, definitions, and considerations for healthcare robot governance*. *arXiv*. 2021 Jun 7.

[52] European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). *Off J Eur Union*. 2016;L119:1–88.

[53] Shojaei P, Vlahu-Gjorgievska E, Chow Y-W. *Security and Privacy of Technologies in Health Information Systems: A Systematic Literature Review*. *Computers*. 2024;13(2):41.

- [54] Wardle N, Reissner D. How pharmacists can comply with GDPR. *Pharm J*. 2018 May 25.
- [55] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). *Cloud Security for Healthcare Services*. January 2021. (ENISA; ISBN 978-92-9204-405-3; DOI 10.2824/454966
- [56] Information Commissioner’s Office (ICO). *Software provider fined £3m following 2022 ransomware attack*. 27 March 2025. Fined Advanced Computer Software Group Ltd £3.07 million for security failings affecting 79 404 individuals
- [57] de Kok JWTM, Putten D, Haverkate M, van Baarsen B, Kroese MEAL, Hooft L, et al. A guide to sharing open healthcare data under the General Data Protection Regulation. *Crit Care Explor*. 2023;5(2):e0873. doi:10.1097/CCE.0000000000000873
- [58] Nicholls M. Automatic dispensing systems: increasing safety and efficiency. *Healthcare in Europe*. 2009 Sep 28.
- [59] Rühle F, Braun R, Ostermann H. Impact of robotic dispensing machines in German pharmacies on business performance indicators. *Pharm World Sci*. 2009;31(5):609–16. DOI:10.1007/s11096-009-9304-
- [61] Hammar T, Jentzer J, Hasselström J, et al. The use of a decision support system in Swedish community pharmacies: a nationwide intervention study. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2020;20:269. DOI:10.1186/s12911-020-01310-3.
- [62] Westerlund T, Marklund B. Community pharmacy and primary health care in Sweden. *BMC Health Serv Res*. 2020;20:944. doi:10.1186/s12913-020-05847-6.
- [63] Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng*. 2018;2(10):719-31. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.
- [64] Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J*. 2019;6(2):94-8. doi:10.7861/futurehosp.6-2-94.

[65] Wosik J, Fudim M, Cameron B, Gellad ZF, Cho A, Phinney D, et al. Telehealth transformation: COVID-19 and the rise of virtual care. *J Am Med Inform Assoc.* 2020;27(6):957-62. doi:10.1093/jamia/ocaa067.

[66] Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, Kuleshov V, DePristo M, Chou K, et al. A guide to deep learning in healthcare. *Nat Med.* 2019;25(1):24-9. doi:10.1038/s41591-018-0316-z.

[67] Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7

[68] International Pharmaceutical Federation (FIP). *Statement of Policy: Digital Health.* The Hague: FIP; 2021.

[69] Health Education England (NHS). *Supporting Digital Literacy in the Pharmacy Workforce.* London: HEE; 2021

[70] Alowais M, Rudd G, Besa V, Nazar H, Shah T, Tolley C. Digital literacy in undergraduate pharmacy education: a scoping review. *J Am Med Inform Assoc.* 2024;31(3):732-45. doi:10.1093/jamia/ocad223.

[71] Crilly P, Fletcher J, Chandegra N, Khalefa A, Rouf SKM, Zein M, et al. Assessing the digital literacy levels of the community pharmacy workforce using a survey tool. *Int J Pharm Pract.* 2023;31(1):55-61. doi:10.1093/ijpp/riac091

[72] International Pharmaceutical Federation (FIP). *Pharmacy's role in the digital transformation of health.* The Hague: FIP; 2025

[73] Accreditation Council for Pharmacy Education (ACPE). *Accreditation Standards and Key Elements for the Professional Program in Pharmacy (Standards 2016).* Chicago: ACPE; 2015

[74] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). *ENISA Threat Landscape: Health Sector (Jan 2021–Mar 2023).* Athens: ENISA; 2023

- [75] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). *Cyber Hygiene in the Health Sector*. Athens: ENISA; 2025
- [76] Weir NM, Newham R, Dunlop E, et al. Factors influencing national implementation of innovations within community pharmacy: a systematic review applying the CFIR. *Implement Sci*. 2019;14:21. doi:10.1186/s13012-019-0867-5
- [77] Crawford SY, Grussing PG, Clark TG, Rice JA. Staff attitudes about the use of robots in pharmacy before implementation of a robotic dispensing system. *Am J Health Syst Pharm*. 1998;55(18):1907-14. doi:10.1093/ajhp/55.18.1907
- [78] Momattin H, et al. Robotic Pharmacy Implementation and Outcomes in Saudi Arabia: A 21-Month Usability Study. *JMIR Hum Factors*. 2021;8(3):e28381. doi:10.2196/28381.
- [79] Amirthalingam P, et al. Comparing Patient Satisfaction with Automated Drug Dispensing System and Traditional Drug Dispensing System: A Cross-Sectional Study. *Patient Prefer Adherence*. 2024;18:2337-45. doi:10.2147/PPA.S492802.
- [80] Weir NM, Newham R, Dunlop E, Bennie M. Factors influencing national implementation of innovations within community pharmacy: a systematic review applying the CFIR. *Implement Sci*. 2019;14:21. doi:10.1186/s13012-019-0867-5
- [81] Centre for Pharmacy Postgraduate Education (CPPE). *Consultation skills for pharmacy practice: taking a person-centred approach*. Manchester: CPPE; 2020
- [82] Jakab I, Dimitrova M, Houyez F, et al. Recommendations for patient involvement in health technology assessment in Central and Eastern European countries. *Front Public Health*. 2023;11:1176200. doi:10.3389/fpubh.2023.1176200
- [83] European Medicines Agency. Reflection paper on the use of Artificial Intelligence (AI) in the medicinal product lifecycle. Amsterdam: EMA; 2024

[84] Pharmaceutical Group of the European Union (PGEU). *Position Paper on Artificial Intelligence in Community Pharmacy*. Brussels: PGEU; 2025

[85] Poudel A, Nissen LM. Telepharmacy: a pharmacist's perspective on the clinical benefits and challenges. *Integr Pharm Res Pract*. 2016;5:75–82. doi:10.2147/IPRP.S101685.

[86] Sinnemäki J, Airaksinen M, Valaste M, Saastamoinen LK. Impact of automated dose dispensing with medication review on drug use: nationwide controlled study in Finland. *Scand J Prim Health Care*. 2017;35(4):379–86. doi:10.1080/02813432.2017.1397261

[87] World Health Organization. *Global strategy on digital health 2020–2025*. Geneva: WHO; 2021.

[88] European Union. *Regulation (EU) 2021/522 establishing the EU4Health Programme (2021–2027)*. Off J Eur Union. 2021