



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa  
Licenciatura em Fisioterapia  
Projeto de Investigação

**“Têxteis inteligentes em fisioterapia: Uma revisão das aplicações,  
tecnologias e lacunas da investigação”**

Jorge da Costa Lourenço  
Estudante de Fisioterapia  
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa  
42142@ufp.edu.pt  
Prof. Ricardo Cardoso  
Professor adjunto  
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa  
rcardoso@ufp.edu.pt

Porto, Outubro de 2025

## **Resumo**

**Introdução:** Os têxteis inteligentes representam uma inovação tecnológica com interesse crescente na fisioterapia, ao integrarem sensores e atuadores em tecidos capazes de recolher dados fisiológicos e funcionais em tempo real. **Objetivo:** mapear o estado atual da literatura sobre a utilização de têxteis inteligentes em fisioterapia, identificando aplicações clínicas, tipos de dispositivos, contextos de utilização, benefícios potenciais e lacunas de investigação. **Metodologia:** Foi realizada a pesquisa nas bases de dados Pubmed, Web Of Science, Scopus, Scielo e no motor de busca Google Scholar. **Resultados:** 12 estudos preencheram os critérios de inclusão onde analisaram diferentes dispositivos. Os benefícios mais frequentes incluíram melhorias funcionais, aumento da motivação e adesão ao tratamento, bem como benefícios na autonomia. **Conclusão:** Os têxteis inteligentes apresentam elevado potencial para transformar a prática da fisioterapia, embora ainda careçam de investigação rigorosa e padronizada que permita validar a sua eficácia clínica e viabilidade prática.

**Palavras-chave:** *fisioterapia, têxteis inteligentes, reabilitação, monitorização, tecnologia vestível*

## **Abstract**

**Introduction:** Smart Textiles represent an innovation of technology with kind growth in physiotherapy, by integrating sensors and actuators in tissue are capable of collecting physiological and functional data in real time. **Objective:** mapping current state of literature about utilization of smart textiles in physiotherapy, identifying clinical applications, types of divisions, context of utilization, potential benefits and gaps of investigation. **Methodology:** It was carried out a search in data bases Pubmed, Web Science, Scopes, Sielo and in search engine Google Scholar.

**Results:** Twelve studies met the inclusion criteria, analyzing different devices. The most frequent benefits included functional improvements, increased motivation and treatment adherence, and autonomy. **Conclusion:** Smart textiles have great potential to transform physical therapy practice, although rigorous and standardized research is still needed to validate their clinical efficacy and practical feasibility.

**Keywords:** physiotherapy, smart textiles, rehabilitation, monitoring, wearable technology.

## **Introdução**

O progresso tecnológico tem favorecido o desenvolvimento de soluções inovadoras na saúde, entre as quais se destacam os têxteis inteligentes com potencial para monitorização fisiológica, avaliação funcional e apoio no tratamento de diversas condições clínicas. No âmbito da fisioterapia, estas tecnologias permitem a recolha contínua de dados imediatos, favorecendo uma prática mais personalizada e interativa (Heisser et al., 2022). A integração de sensores em tecidos possibilita medir variáveis como a postura, o movimento, a força, a temperatura, a atividade muscular, a frequência cardíaca e respiratória, ampliando o alcance diagnóstico, a eficácia reabilitativa e a autonomia do doente. Tais inovações aproximam a fisioterapia de um modelo mais centrado no utilizador, suportado por dados objetivos e capaz de oferecer intervenções seguras e adaptáveis. Paralelamente, os têxteis inteligentes têm capacidade de fornecer feedback tátil, auditivo ou térmico, corrigindo padrões motores, ajustando protocolos terapêuticos e antecipando possíveis alterações funcionais (Brendgen et al., 2022; Chen et al., 2022). Além disso, a expansão da teleconsulta vem ainda fortalecer o papel desta tecnologia, permitindo o acompanhamento fisioterapêutico à distância. Os têxteis inteligentes já demonstraram aplicabilidade em áreas como a reabilitação neuromuscular, respiratória, musculoesquelética, geriátrica e desportiva, sendo úteis em internamento, reabilitação domiciliária e em contextos desportivos. Podem ainda beneficiar populações como idosos ou pessoas com mobilidade reduzida, bem como ser aplicados noutras áreas médicas, como cardiologia, neurologia, psiquiatria, ortopedia e dermatologia, o que evidencia o seu carácter interdisciplinar (Wang et al., 2025; Semjonova et al., 2022; Ravichandran et al., 2023).

A diversidade de sensores incorporados demonstra a versatilidade destes dispositivos: de estiramento, força, pressão, temperatura, respiração, frequência cardíaca, eletromiografia e movimento, até sistemas de feedback ativo que apoiam a correção motora e aumentam a eficácia terapêutica (Žaimis et al., 2024; Liu & Lee, 2024). Mesmo assim, há ainda desafios por ultrapassar, estando estes relacionados com padronização, interoperabilidade, energia, conectividade, lavagem dos tecidos e ausência de estudos clínicos fiáveis, fatores que dificultam a plena integração na prática (Shuvo et al., 2021; Angelucci et al., 2021). Do conhecimento dos autores, é a primeira

revisão sobre o tema e como tal, torna-se pertinente mapear a evidência disponível, identificando aplicações clínicas, tipos de dispositivos, contextos de utilização, benefícios e lacunas de investigação. Este *scoping review* pretende sintetizar o estado atual da literatura sobre o uso de têxteis inteligentes em fisioterapia, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do seu papel e do seu potencial futuro.

## **Métodos**

A presente revisão adota o formato de *scoping review*, considerado adequado para esclarecer conceitos, analisar definições existentes na literatura e identificar características centrais de um determinado tema, incluindo aspetos metodológicos (Peters et al., 2020). Este tipo de revisão tem sido amplamente utilizado em saúde, sobretudo quando se pretende responder a questões de investigação abrangentes ou mapear o conhecimento disponível (Tricco et al., 2018). A condução do trabalho seguiu as orientações do JBI Manual for Evidence Synthesis, que define etapas essenciais como a formulação da questão de investigação, a seleção criteriosa dos estudos, a extração sistemática da informação e a apresentação estruturada dos resultados (Peters et al., 2020). Foram ainda respeitadas as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews* (PRISMA-ScR), que asseguram transparência e rigor em todas as fases do processo — da identificação e avaliação dos estudos até à síntese e comunicação final (Tricco et al., 2018; Page et al., 2021; Shamseer et al., 2015).

## **Questão de investigação (QI)**

A QI da presente *scoping review* foi formulada segundo a mnemónica PCC (População, Conceito e Contexto), recomendada pelo JBI como estrutura de referência para a definição clara dos critérios de inclusão em *scoping reviews* (Peters et al., 2020). Neste estudo, a **População (P)** refere-se a pessoas de qualquer idade submetidas a intervenções enquadradas no âmbito da fisioterapia. O **Conceito (C)** corresponde à utilização de têxteis inteligentes, isto é, tecidos com sensores, atuadores ou outras funcionalidades tecnológicas incorporadas. O **Contexto (C)** inclui qualquer cenário de

aplicação, seja clínico, domiciliário, comunitário ou desportivo. Assim, a QI é: “Quais são as aplicações clínicas, as tecnologias utilizadas e as lacunas de investigação identificadas na literatura científica relativamente à utilização de têxteis inteligentes em fisioterapia?”

### **Crítérios de Inclusão e Exclusão**

De acordo com o JBI, a definição antecipada de critérios de inclusão e exclusão é uma etapa crucial na condução de uma *scoping review*, pois orienta a seleção dos estudos a partir dos elementos centrais da questão de investigação, assegurando consistência, transparência e validade em todo o processo (Aromataris et al., 2024; Peters et al., 2020). Nesta revisão, foram incluídos estudos primários de natureza quantitativa, qualitativa ou mista, bem como revisões que contribuíssem para o mapeamento da evidência, protocolos e literatura cinzenta considerada relevante. Apenas foram aceites publicações redigidas em inglês, português, espanhol ou francês, restringindo-se a pesquisa aos últimos cinco anos, de modo a garantir a atualidade da informação. Foram admitidos diferentes desenhos metodológicos, desde que explorassem a aplicação de têxteis inteligentes em contextos relacionados com a fisioterapia. Foram excluídos os trabalhos de carácter exclusivamente técnico, sem ligação direta à prática fisioterapêutica, os estudos centrados em *wearables* que não fossem têxteis — como relógios, *trackers* ou sensores aplicados diretamente sobre a pele sem componente têxtil —, bem como publicações sem acesso integral ou cuja informação não permitisse responder adequadamente à questão de investigação.

### **Estratégia de Pesquisa**

A pesquisa foi feita nas base de dados, PubMed, SciELO, Scopus, Web Science e Google Scholar, considerando-se neste último apenas os primeiros duzentos resultados apresentados, de acordo com Haddaway et al. 2015.

A estratégia de pesquisa teve por base os elementos definidos pela mnemónica PCC e utilizou uma combinação de descritores e palavras-chave. A lógica booleana aplicada recorreu ao operador AND para associar os diferentes elementos do PCC e ao

operador OR para integrar sinónimos ou termos relacionados, garantindo uma maior abrangência da pesquisa em cada base de dados.

A *string* de pesquisa utilizada na PubMed foi a seguinte: ("smart textile\*" OR "e-textile\*" OR "intelligent clothing" OR "wearable textile sensor\*") AND (physiotherapy OR "physical therapy" OR rehabilitation).

### **Extração de dados**

A extração dos dados foi realizada de forma sistemática, utilizando uma ferramenta de extração previamente definida e adaptada a partir do modelo recomendado pelo JBI. Os dados extraídos incluíram as seguintes variáveis principais: autor e ano de publicação, país, tipo de estudo, objetivo do estudo, população-alvo, tipo de *smart textile*, sensores incorporados, aplicação clínica, contexto de utilização, principais resultados e lacunas identificadas (ver Apêndice 1- Tabela- síntese dos estudos). Há que salientar que, de acordo com as orientações do JBI, não foi realizada avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos, uma vez que o objetivo desta *scoping review* é mapear a evidência existente e não avaliar a robustez científica individual dos artigos (Munn et al., 2018; Peters et al., 2020).

### **Seleção dos Estudos**

Após a execução da estratégia de pesquisa em todas as bases de dados definidas, as referências identificadas foram exportadas para um software de gestão bibliográfica (Zotero), de modo a organizar os registos e proceder à remoção de duplicados. De seguida, foi realizada a triagem inicial de títulos e resumos, com base nos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Esta etapa teve como objetivo excluir artigos manifestamente irrelevantes para a questão de investigação. Os estudos considerados potencialmente elegíveis avançaram para a leitura integral do texto completo. As razões para a exclusão de artigos na fase de leitura integral foram devidamente registadas e relatadas na revisão final, de forma a garantir transparência metodológica.

O processo de seleção foi documentado e apresentado através do fluxograma PRISMA adaptado às *scoping reviews* (PRISMA-ScR), evidenciando as etapas de: (1) Identificação dos estudos; (2) Triagem; (3) Elegibilidade; (4) Inclusão final. Este

procedimento assegura clareza na descrição do processo de seleção e permite replicabilidade da revisão (Tricco et al., 2018)

## **Análise e Apresentação dos Dados**

A evidência extraída dos estudos incluídos foi organizada de forma a responder diretamente à questão de investigação e ao enquadramento PCC. Os dados são apresentados em dois níveis:

(1) Apresentação tabular - Os resultados foram sintetizados em tabelas. A tabela de extração de dados foi utilizada como base para a construção das tabelas-síntese final dos artigos incluídos, destacando autor e ano de publicação, país, tipo de estudo, objetivo do estudo, população-alvo, tipo de *smart textile*, sensores incorporados, aplicação clínica, contexto de utilização, principais resultados e lacunas identificadas;

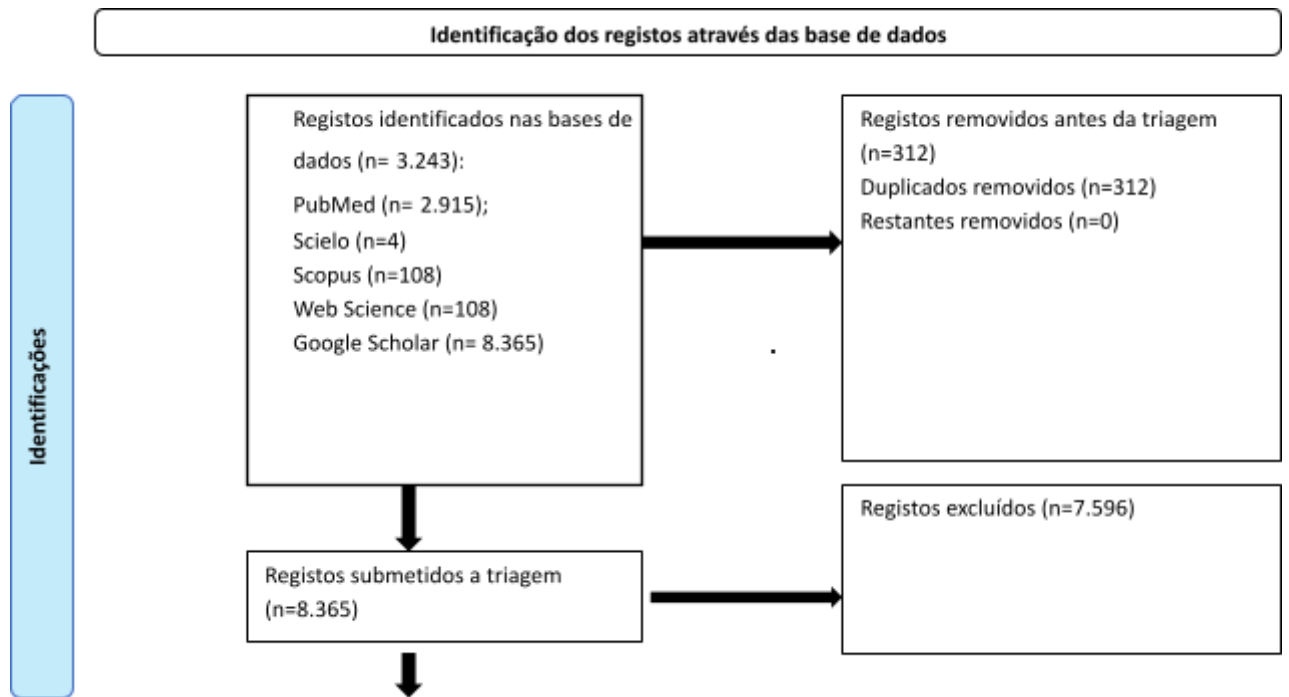
(2) Apresentação descritiva/narrativa – Complementarmente, os resultados foram apresentados de forma descritiva, para contextualizar e integrar a evidência disponível.

## **Resultados**

### **Fluxograma PRISMA-ScR**

Na fase de Identificação, foram encontrados 3.243 registos através das bases de dados: PubMed (n = 2.915), SciELO (n = 4), Scopus (n = 108), Web Science (n=108). No motor de busca Google Scholar surgiram 5.230, onde analisaram os primeiros 200 estudos (Haddway et al. 2015). Após a remoção de 312 registos duplicados, permaneceram 2.808 registos submetidos à triagem. Na fase de Triagem (títulos e resumos), foram excluídos 7.596 artigos, por não responderem à questão de investigação ou não cumprirem os critérios de inclusão. Assim, 140 artigos seguiram para leitura integral. Na fase de Elegibilidade, foram avaliados 140 artigos em texto completo, dos quais 128 foram excluídos pelos seguintes motivos principais: 52 artigos sem ligação explícita à fisioterapia/reabilitação (p. ex., aplicações em saúde sem componente terapêutica ou fora do âmbito clínico); 36 artigos centrados em *wearables* não têxteis (relógios, *patches* adesivos, sensores colados à pele sem componente têxtil); 24 artigos de natureza estritamente técnica/engenharia sem aplicação clínica em contexto fisioterapêutico; 9 artigos com tipo de publicação não elegível (editoriais, *letters*, resumos de conferência sem texto completo); 7 artigos fora do intervalo

temporal/idioma definido. No final, 12 artigos preencheram os critérios de inclusão e foram integrados nesta revisão. Este processo encontra-se representado no fluxograma PRISMA 2020 (Figura 1), adaptado de Page et al. (2021).



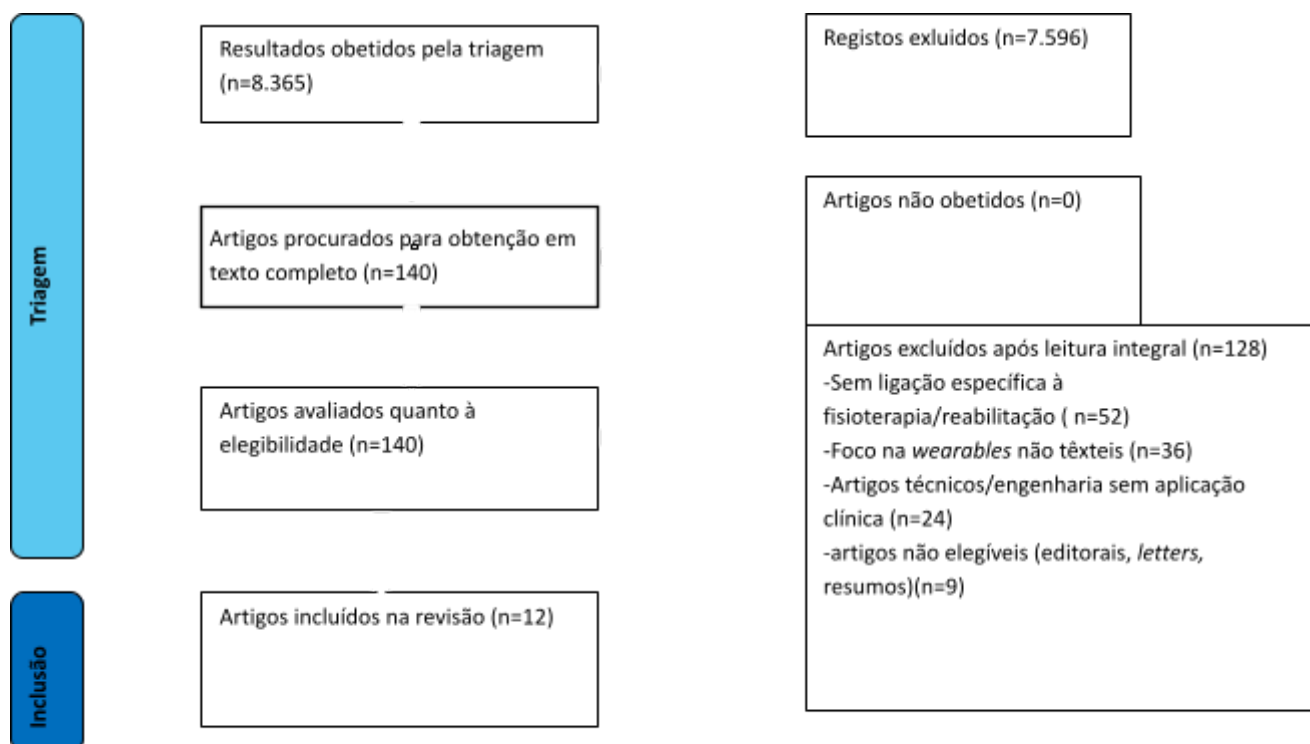


Figura 1. Fluxograma PRISMA 2020 de seleção dos estudos. Fonte: Adaptado de Page et al. (2021)

## Apresentação Tabular

Tal como anteriormente mencionado, os dados foram sintetizados de forma tabular, com vista a apresentar de forma sucinta as principais características dos estudos incluídos na *scoping review* (Tabela 1).

**Tabela 1.** Síntese dos Estudos Incluídos

Autor/A no	País	Tipo de Estudo	População- Alvo	Tipo de Dispositiv o/ <i>Smart Textile</i>	Aplicaç ão Clínica	Principais Resultad os	Lacunas Identifica das
<b>Korzeni ewska et al. (2020)</b>	Polónia	Estudo experi mental (caso clínico)	Doente pós-AVC com espasticidad e da mão	Luva textrónica com elétrodos condutivos	Reabilita ção motora da mão pós-AV C	Melhoria significativ a da função manual	Apenas 1 caso; falta de comparaç ão sistemátic a

<b>Tanczak et al. (2025)</b>	Singapura/Suíça	Estudo de viabilidade	8 doentes com hemiplegia crónica pós-AVC	Ortótese robótica suave (RELab tenoexo 2.0)	Reabilitação funcional da mão	Boa adesão, melhorias funcionais mantidas no <i>follow-up</i>	Amostra reduzida; problemas técnicos; <i>follow-up</i> curto
<b>Marek et al. (2025)</b>	Polónia	Ensaio clínico piloto RCT	16 doentes pós-AVC (fase aguda a crónica)	Luva sensorial ligada a app móvel	Reabilitação da mão pós-AVC	Melhoria significativa na função e motivação	Amostra pequena; limitações ergonómicas; curta duração
<b>Magalhães et al. (2022)</b>	Brasil	Revisão narrativa	Pessoas com disfunções neurológicas e motoras	Dispositivos diversos (luvas, exoesqueletos, VR, etc.)	Reabilitação motora e funcional	Evidências de benefícios na função, adesão e qualidade de vida	Revisão não sistemática; custo elevado; falta de ensaios robustos
<b>Abtey et al. (2025)</b>	Paquistão	Revisão narrativa	Pessoas com deficiência física	Roupas e luvas inteligentes	Reabilitação física e monitorização	Potencial para autonomia e monitorização contínua	Falta de validação clínica; custos; acessibilidade limitada
<b>Lee et al. (2024)</b>	EUA	Estudo qualitativo ( <i>focus groups</i> )	Fisioterapeutas (n=8)	<i>Motion Tape</i> (fita inteligente com grafeno)	Monitorização da dor lombar	Aceitação clínica positiva; apoio à telemonitorização	Dificuldade de uso; desconforto; necessidade de melhorias técnicas
<b>Neto et al. (2024)</b>	Brasil	Revisão integrada	Doentes musculoesqueléticos e neurológicos	<i>Wearables</i> e roupas inteligentes com IA	Reabilitação motora e cognitiva	IA permite personalização, monitorização e adesão	Falta de ensaios; custos; desafios éticos e de privacidade
<b>Abdelrouf et al. (2025)</b>	Arábia Saudita/Egito	Ensaio clínico RCT	49 doentes pós-AVC crónico	Luva robótica suave vs.	Reabilitação da mão	Ganhos superiores e mantidos	Amostra limitada; falta de análise

				terapia do espelho	pós-AVC	com luva robótica	custo-efetividade
<b>Mukherjee et al. (2022)</b>	Índia	Revisão narrativa	Indivíduos com doenças crônicas	Têxteis inteligentes vestíveis	Monitorização fisiológica e reabilitação	Potencial elevado para personalização e telessaúde	Falta de ensaios robustos; custo; privacidade e de dados
<b>Vasudevan (2021)</b>	Canadá	Estudo experimental (protótipo)	Doentes pós-reconstrução mandibular (testado em saudáveis)	Banda inteligente com sensores e atuadores	Reabilitação mastigatória	Feedback tátil eficaz; dispositivo robusto	Protótipo inicial; não testado em doentes; falta de validação clínica
<b>Luo et al. (2025)</b>	China (Hong Kong/Pequim/Shenzhen)	Ensaio clínico piloto crossover	33 sobreviventes de AVC crónico	Sistema vestível de ecografia portátil	Reabilitação da dorsiflexão do tornozelo	Melhorias significativas na força e espessura muscular	Estudo piloto; curta duração; falta de medidas funcionais
<b>de Fazio et al. (2023)</b>	Itália/México	Revisão narrativa	Doentes em reabilitação e atletas	Têxteis inteligentes e <i>wearables</i>	Monitorização fisiológica e funcional	Evidência de apoio à monitorização clínica e desportiva	Revisão sem ensaios; heterogeneidade; custos elevados

## **Apresentação descritiva/narrativa**

Foram incluídos doze estudos publicados entre 2020 e 2025, desenvolvidos em diferentes países (Polónia, Singapura, Suíça, Brasil, Paquistão, Estados Unidos da América, Arábia Saudita, Egito, Índia, Canadá, China, Itália e México). Estes trabalhos englobaram ensaios clínicos, estudos experimentais, revisões narrativas e integrativas, bem como análises qualitativas.

Na Polónia, Korzeniewska et al. (2020) testaram uma luva textrónica com eléctrodos condutivos em reabilitação pós-AVC, observando melhorias significativas da destreza manual num estudo de caso. Também neste país, Marek et al. (2025) realizaram um ensaio clínico piloto com a luva sensorial *Przypominajka*, ligada a aplicação móvel, reportando benefícios funcionais e motivacionais, embora limitados pelo tamanho da amostra e questões ergonómicas.

Em Singapura e na Suíça, Tanczak et al. (2025) avaliaram a ortótese robótica suave RELab tenoexo 2.0 em doentes pós-AVC crónico, destacando a elevada adesão, melhorias funcionais sustentadas e boa usabilidade, mas apontando problemas técnicos e necessidade de maior duração de *follow-up*.

No Brasil, Magalhães et al. (2022) realizaram uma revisão narrativa que categorizou diferentes dispositivos inteligentes aplicados à fisioterapia em perturbações neurológicas, demonstrando benefícios na função motora, marcha, equilíbrio e qualidade de vida, mas com limitações de custo e falta de ensaios robustos. Também no Brasil, Neto et al. (2024) publicaram uma revisão integrativa sobre a utilização da inteligência artificial em conjunto com dispositivos vestíveis, salientando o potencial para planos personalizados de reabilitação e telereabilitação, embora sublinhando desafios éticos, de privacidade e acessibilidade.

No Paquistão, Abteew et al. (2025) exploraram o potencial dos *smart textiles* em pessoas com deficiência física, destacando aplicações na reabilitação e monitorização funcional, mas alertando para a ausência de validação clínica e limitações de acessibilidade em países em desenvolvimento.

Nos Estados Unidos da América, Lee et al. (2024) investigaram a aceitação do dispositivo *Motion Tape* por fisioterapeutas, verificando utilidade na monitorização da dor lombar e em contextos de telereabilitação, embora tenham sido apontadas limitações relacionadas com desconforto e usabilidade.

Num estudo multicêntrico na Arábia Saudita e Egito, Abdelraouf et al. (2025) compararam os efeitos das luvas robóticas suaves com a terapia do espelho em doentes pós-AVC crónico, concluindo que as luvas proporcionaram benefícios funcionais superiores e duradouros, apesar da ausência de análise custo-efetividade.

Na Índia, Mukherjee et al. (2022) realizaram uma revisão narrativa sobre dispositivos vestíveis e *smart textiles*, realçando o potencial para personalização terapêutica e integração com telessaúde, mas salientando a necessidade de ensaios clínicos mais rigorosos.

No Canadá, Vasudevan (2021) desenvolveu um protótipo de banda inteligente para biofeedback tátil durante a mastigação em doentes submetidos a reconstrução mandibular, testado apenas em sujeitos saudáveis, com resultados favoráveis mas ainda sem validação clínica.

Na China, Luo et al. (2025) conduziram um ensaio clínico piloto que avaliou o uso de ecografia portátil vestível para treino da dorsiflexão do tornozelo em sobreviventes de AVC crónico, verificando melhorias na força e espessura muscular, embora o estudo tenha sido de curta duração.

Por fim, na Itália e México, de Fazio et al. (2023) apresentaram uma revisão narrativa sobre sensores vestíveis aplicados à reabilitação e ao desporto, apontando benefícios na monitorização fisiológica, mas também a necessidade de padronização metodológica e redução de custos.

De forma global, os estudos analisados mostram que os *smart textiles* e os dispositivos vestíveis oferecem aplicações pertinentes em fisioterapia, com destaque para a reabilitação motora pós-AVC, treino funcional, monitorização clínica contínua e telereabilitação. Os benefícios incluem melhorias funcionais, aumento da adesão, motivação, autonomia e qualidade de vida. No entanto, continuam por preencher lacunas de investigação, relacionadas com amostras pequenas, curta duração, falhas técnicas, questões ergonómicas, custos elevados, barreiras de acessibilidade, ética e privacidade de dados.

## **Discussão dos resultados**

O objetivo desta *scoping review* foi mapear o estado atual da literatura sobre a utilização de *smart textiles* em fisioterapia, identificando as aplicações clínicas, os tipos de dispositivos, os contextos de utilização, os benefícios potenciais e as principais lacunas de investigação. Os resultados obtidos evidenciam uma área em crescimento, com contributos diversificados oriundos de vários países e que, apesar de ainda apresentar limitações, aponta para um futuro auspicioso na integração destas tecnologias nos cuidados de saúde e na reabilitação.

Em termos gerais, os estudos incluídos nesta revisão mostraram que os *smart textiles* têm sido aplicados sobretudo na reabilitação motora pós-AVC, no controlo da dor, na monitorização fisiológica contínua e em contextos de telereabilitação. Estes dados são consistentes com o que tem sido descrito em investigações anteriores sobre o desenho e implementação de vestuário inteligente para fins terapêuticos. Por exemplo, Wang et al. (2015) salientaram a importância do desenho funcional e estético de *smart garments* para aumentar a adesão dos doentes, aspeto que também emergiu nos estudos analisados nesta *scoping review*, onde vários autores reportaram dificuldades ergonómicas ou problemas técnicos como barreiras à utilização prolongada.

A par disso, a revisão de Xu et al. (2023) centrada em contextos desportivos colocou em evidência a necessidade de garantir conforto, respirabilidade e precisão dos sensores em situações de uso prolongado. A perspetiva apresentada reitera um dos pontos identificados nos artigos aqui incluídos, em que a durabilidade dos materiais, a robustez dos sensores e a usabilidade foram frequentemente assinaladas como limitações. Tal como referido por Meena et al. (2023), a integração de dispositivos eletrónicos em tecidos deve procurar um equilíbrio entre funcionalidade clínica e viabilidade prática, de modo a que os *smart textiles* possam de facto ajudar na monitorização de indicadores fisiológicos e a reabilitação funcional, sem prejudicar o conforto do utilizador.

A revisão de Dang e Zhao (2020) amplia ainda mais o horizonte, ao constatar que os *smart textiles* não se limitam à área da saúde, mas têm potencial em domínios

como a proteção militar, o desporto, a moda e a vida quotidiana, revelando a natureza transversal desta tecnologia. Esta visão corrobora a tendência identificada nos estudos desta *scoping review*, que apontam para dispositivos aplicados não somente em ambiente clínico, mas também em contextos domiciliários e de treino autónomo, aproximando a reabilitação da vida diária das pessoas. De forma complementar, Patwary (2015) enfatiza a integração de sensores, atuadores, fontes de energia e comunicação em sistemas têxteis completos, algo que ainda se encontra numa fase embrionária nos estudos analisados, mas que representa uma das direções futuras mais relevantes.

Apesar dos benefícios reportados, como melhorias funcionais, maior adesão ao tratamento, benefícios motivacionais e possibilidade de monitorização contínua, há ainda domínios de investigação insuficientemente explorados. Os estudos incluídos nesta revisão apresentam maioritariamente amostras reduzidas, ensaios de curta duração e protótipos ainda pouco testados em contextos clínicos reais, o que limita a generalização dos resultados. Além disso, desafios relacionados com custos, acessibilidade digital, privacidade de dados e padronização metodológica continuam a ser barreiras importantes, refletindo o que já tinha sido apontado em revisões anteriores sobre o tema.

Neste seguimento, futuras investigações deverão privilegiar ensaios clínicos de elevada qualidade metodológica e multicêntricos, com amostras maiores e heterogéneas, bem como a análise da relação custo-benefício e a integração sustentável destas tecnologias nos sistemas de saúde. Será igualmente crucial investir na ergonomia, durabilidade e usabilidade dos dispositivos, garantindo que estes possam ser utilizados de forma prolongada e acessível por diferentes perfis de utentes, incluindo idosos e pessoas com limitações motoras significativas.

Em síntese, esta discussão evidencia que, embora os têxteis inteligentes possam trazer benefícios inequívocos em fisioterapia e reabilitação, a literatura disponível aponta para a necessidade de confirmar a eficácia clínica, melhorar a acessibilidade e resolver barreiras técnicas e éticas, permitindo que o potencial destas soluções se concretize em práticas efetivas integradas nos cuidados de saúde atuais.

## **Conclusão**

A análise da literatura demonstra que os *smart textiles* configuram uma tecnologia emergente, com capacidade relevante para transformar a prática da fisioterapia. Os estudos incluídos revelam aplicações diversificadas, desde a monitorização em tempo real de indicadores fisiológicos até ao apoio na reabilitação motora, permitindo recolher dados objetivos em diferentes contextos, incluindo ambiente clínico e domiciliário. Esta capacidade de integração contínua de informação abre novas perspetivas para uma intervenção mais personalizada, orientada por dados e centrada no utente. Apesar do interesse crescente, ainda se verificam lacunas importantes, designadamente a escassez de estudos de larga escala, a predominância de protótipos em fases iniciais de desenvolvimento e a limitada validação em populações clínicas específicas. Os aspetos apontados demonstram a urgência de novos estudos que fortaleçam a evidência e permitam a sua aplicação prática.

Para a fisioterapia, os resultados sugerem implicações pertinentes: a possibilidade de monitorizar a evolução funcional de forma mais precisa, apoiar a adesão ao exercício terapêutico em contexto domiciliário, e ampliar o papel do fisioterapeuta enquanto profissional capaz de integrar novas tecnologias no plano de cuidados. Neste sentido, a incorporação de *smart textiles* poderá contribuir para uma prática mais moderna, eficiente e centrada nas necessidades dos utentes, proporcionando ganhos clínicos e aumentando a autonomia na gestão da própria saúde.

## Referências Bibliográficas

- Abdelraouf, O. R., Abdel Ghafar, M. A., Mohamed, M. E., Ibrahim, Z. M., Harraz, E. M., Seyam, M. K., Mousa, G. S., Radwan, R. E., & El-Bagalaty, A. E. (2025). Soft robotic gloves versus mirror therapy: a long-term comparative study on hand function and motor recovery in post-stroke rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 57(1), 1–12. <https://doi.org/10.2340/jrm.v57.43482>
- Abtew, M. A., Atalie, D., Dejene, B. K., & McBee-Black, K. (2025). Intelligent and electronic textile materials for adaptive apparel: Innovations, functional design, and future directions. *Journal of Industrial Textiles*, 55(0), 1–55. <https://doi.org/10.1177/15280837251346789>
- Angelucci, A., Cavicchioli, M., Cintorrino, I., Lauricella, G., Rossi, C., Strati, S., & Aliverti, A. (2021). Smart Textiles and Sensorized Garments for Physiological Monitoring: A Review of Available Solutions and Techniques. *Sensors*, 21(3), 814. <https://doi.org/10.3390/s21030814>
- Aromataris, E., Lockwood, C., Porritt, K., Pilla, B., & Jordan, Z. (Eds.). (2024). *JBIMES manual for evidence synthesis*. JBI. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>
- Brendgen, R., Nolden, R., Simon, J., Junge, T., Zöll, K., & Schwarz-Pfeiffer, A. (2022). Textile Strain Sensor Enhancement by Coating Metal Yarns with Carbon-Filled Silicone. *Polymers*, 14(13), 2525. <https://doi.org/10.3390/polym14132525>
- Chen, Y., Yan, X., Zhu, Y., Cui, M., Kong, L., Kuang, M., Zhang, X., & Wang, R. (2022). A carbon nanotube-based textile pressure sensor with high-temperature resistance. *RSC Advances*, 12(36), 23091–23098. <https://doi.org/10.1039/D2RA04036K>
- Dang, T., & Zhao, M. (2021). The application of smart fibers and smart textiles. *Journal of Physics: Conference Series*, 1790, 012084.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1790/1/012084>

de Fazio, R., Mastronardi, V. M., de Vittorio, M., & Visconti, P. (2023). Wearable Sensors and Smart Devices to Monitor Rehabilitation Parameters and Sports Performance: An Overview. *Sensors*, 23(4), 1–40.

<https://doi.org/10.3390/s23041856>

Heisser, R. H., Bawa, M., Shah, J., Bu, A., & Raman, R. (2025). Soft biological actuators for meter-scale homeostatic biohybrid robots. *Chemical Reviews*, 125(7), 3976-4007.

Haddaway, N. R., Collins, A. M., Coughlin, D., & Kirk, S. (2015). *The Role of Google Scholar in Evidence Reviews and Its Applicability to Grey Literature Searching*. *PloS one*, 10(9), e0138237. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138237>

Joanna Briggs Institute. (2015). *Joanna Briggs Institute reviewers' manual: 2015 edition/supplement*. The Joanna Briggs Institute.

<https://reben.com.br/revista/wp-content/uploads/2020/10/Scoping.pdf>

Korzeniewska, E., Krawczyk, A., Mróz, J., Wyszynska, E., & Zawislak, R. (2020). Applications of Smart Textiles in Post-Stroke Rehabilitation. *Sensors*, 20(8), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s20082370>

Lee, A., Dionicio, P., Farcas, E., Godino, J., Patrick, K., Wyckoff, E., Loh, K. J., & Gombatto, S. (2024). Physical Therapists' Acceptance of a Wearable, Fabric-Based Sensor System (Motion Tape) for Use in Clinical Practice: Qualitative Focus Group Study. *JMIR Human Factors*, 11, e55246. <https://doi.org/10.2196/55246>

Liu, H., & Lee, J. (2024). A Feedback Active Control Approach to Road Noise Based on a Single Microphone Sensor to Improve Automotive Cabin Sound Comfort. *Sensors*, 24(8), 2515. <https://doi.org/10.3390/s24082515>

Luo, Y.-Y., Huang, C., Song, Z., Nazari, V., Wong, A. Y.-L., Yang, L., Dong, M., Zhang, M., Zheng, Y.-P., Fu, A. S.-N., & Ma, C. Z.-H. (2025). Wearable Ultrasound-Imaging-Based Visual Feedback (UVF) Training for Ankle Rehabilitation of Chronic Stroke Survivors: A Proof-of-Concept Randomized Crossover Study. *Biosensors*, 15(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/bios15060365>

- Magalhães, G. C., Antas, B. C. M. R., Martins, R. de L., Santos, C. F. P. dos, Chaves, P. K. de A., & Costa-Ribeiro, A. (2022). Implicações e benefícios da Smart Rehabilitation nas disfunções neurológicas: uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, *11*(1), 1–15. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24856>
- Marek, K., Górski, J., Karolczyk, P., Redlicka, J., Zubrycki, I., & Miller, E. (2025). Feasibility of Wearable Devices for Motivating Post-Stroke Patients. *Sensors*, *25*(16), 1–19. <https://doi.org/10.3390/s25165204>
- Meena, J. S., Choi, S. bin, Jung, S.-B., & Kim, J.-W. (2023). Electronic textiles: New age of wearable technology for healthcare and fitness solutions. *Materials Today Bio*, *19*, 100565. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100565>
- Mukherjee, S., Suleman, S., Pilloton, R., Narang, J., & Rani, K. (2022). State of the Art in Smart Portable, Wearable, Ingestible and Implantable Devices for Health Status Monitoring and Disease Management. *Sensors*, *22*(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/s22114228>
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, *18*(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Neto, A. M., Souza, B. da H., Marques, E. M., Vinhati, L. P., & de Abreu, J. R. G. (2024). O impacto da inteligência artificial nos tratamentos fisioterapêuticos. *Praxis Em Saúde*, *1*(1), 01–16. <https://doi.org/10.56579/prxis.v1i1.1303>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372* (71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patwary, M. S. (2015). Smart Textiles and Nano-Technology: A General Overview. *Journal of Textile Science & Engineering*, *05*(01), 1–7. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000181>
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2020). Chapter 11: Scoping Reviews. In E. Aromataris & Z. Munn (Eds.), *JBI*

*Manual for Evidence Synthesis* (pp. 406–451). JBI.

<https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>

- Ravichandran, V., Sadhu, S., Convey, D., Guerrier, S., Chomal, S., Dupre, A.-M., Akbar, U., Solanki, D., & Mankodiya, K. (2023). iTex Gloves: Design and In-Home Evaluation of an E-Textile Glove System for Tele-Assessment of Parkinson's Disease. *Sensors*, 23(6), 2877. <https://doi.org/10.3390/s23062877>
- Semjonova, G., Davidovica, A., Kozlovskis, N., Okss, A., & Katashevs, A. (2022). Smart Textile Sock System for Athletes' Self-Correction during Functional Tasks: Formative Usability Evaluation. *Sensors*, 22(13), 4779. <https://doi.org/10.3390/s22134779>
- Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*, 349, g7647
- Shuvo, I. I., Decaens, J., Lachapelle, D., & Dolez, P. I. (2021). Smart textiles testing: A roadmap to standardized test methods for safety and quality-control. In *Textiles for Functional Applications*. IntechOpen.
- Tanczak, N., Plunkett, T. K., Lin, S., Kuenzler, L., Lau, M., Kuah, W. K. C., Ng, C. Y., Gassert, R., Chua, K., & Lamercy, O. (2025). Feasibility of post-stroke hand rehabilitation supported by a soft robotic hand orthosis in-clinic and at-home. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01717-6>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Vasudevan, P. (2021). *Smart headband for jaw rehabilitation following reconstruction*

(Master's thesis, University of Alberta). University of Alberta Education and Research Archive. <https://doi.org/10.7939/r3-szzq-6z73>

Wang, K., Liu, W., Wu, J., Li, H., Peng, H., Zhang, J., Ding, K., Wang, X., Hou, C., Zhang, H., & Luo, Y. (2025). Smart Wearable Sensor Fuels Noninvasive Body Fluid Analysis. *ACS Applied Materials & Interfaces*, *17*(9), 13279–13301. <https://doi.org/10.1021/acsami.4c22054>

Wang, Q., Chen, W., & Markopoulos, P. (2015). *Smart Garment Design for Rehabilitation* (pp. 260–269). [https://doi.org/10.1007/978-3-662-48645-0\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48645-0_22)

Xu, Z., Zhang, C., Wang, F., Yu, J., Yang, G., Surmenev, R. A., Li, Z., & Ding, B. (2025). Smart Textiles for Personalized Sports and Healthcare. *Nano-Micro Letters*, *17*(1), 232. <https://doi.org/10.1007/s40820-025-01749-6>

Žaimis, U., Petronienė, J. J., Dzedzickis, A., & Bučinskas, V. (2024). Stretch Sensor: Development of Biodegradable Film. *Sensors*, *24*(2), 683. <https://doi.org/10.3390/s24020683>



## Apêndices

### Apêndice 1- Tabela-síntese dos estudos

Autor e ano	País	Tipo de estudo	Objetivo	População-alvo	Tipo de <i>smart textile</i>	Sensores incorporados	Aplicação clínica	Contexto de utilização	Principais resultados	Lacunas identificadas
Korzeniewska et al. 2020	Polónia	Estudo experimental com estudo de caso clínico	Desenvolver e testar elétrodos têxteis alternativos para estimulação elétrica em reabilitação pós-AVC, especialmente em doentes com elevada espasticidade da mão	Doentes pós-acidente vascular cerebral (AVC) com paresia e espasticidade da mão (caso clínico: mulher, 36 anos)	Luva tetrónica (TipStim ©), adaptada com elétrodos em têxtil condutivo	Eléttrodos de prata obtidos por deposição física de vapor (PVD), colocados nas pontas dos dedos	Reabilitação motora da mão pós-AVC através de estimulação elétrica dos nervos mediano e ulnar	Utilização em clínica de reabilitação e em contexto domiciliário	Após 4 semanas de estimulação diária, registou-se melhoria significativa da destreza manual, força muscular e sensibilidade superficial e profunda	Necessidade de estudos com amostras maiores; limitação por ser apenas um estudo de caso; falta de comparação sistemática com outros dispositivos e terapias

Tanczak et al. (2025)	Singapura / Suíça	Estudo de viabilidade, intervenção em dois contextos (clínica e domicílio)	Avaliar a viabilidade, adesão, usabilidade e efeitos clínicos da ortótese robótica suave de mão (RELab tenoexo 2.0) em doentes pós-AVC crónico	8 adultos (21–80 anos) com hemiplegia crónica pós-AVC, tempo médio após AVC: 17 meses	Ortótese robótica suave de mão (RELab tenoexo 2.0)	Mecanismo de mola deslizante para flexão/extensão dos dedos, sistema eletrónico portátil (com registo automático de dados), botão de ativação	Reabilitação funcional da mão e membro superior pós-AVC	Treino funcional em clínica (3 semanas) seguido de treino autónomo em casa (2 semanas)	levada adesão (81–118 % do prescrito), média de 2102 repetições ao longo do programa, melhorias clinicamente significativas no <i>Action Research Arm Test</i> (ARAT) (+5 pontos) e na <i>Fugl-Meyer Assessment</i> (FMA) (+6 pontos), ganhos mantidos após 1 mês; boa usabilidade medida pelo <i>System Usability Scale</i> (SUS) 72,5/100 e pelo <i>Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology</i> (QUEST) 3,94/5.	Tamanho reduzido da amostra; problemas técnicos de durabilidade dos dedos da ortótese; ausência de melhoria significativa na qualidade de vida; necessidade de maior duração de follow-up e amostras mais heterogéneas
-----------------------	-------------------	--	--	---	--	---	---	--	--	--

Marek et al. 2025	Polónia	Ensaio clínico randomizado controlado (piloto de viabilidade)	Avaliar a viabilidade e a eficácia clínica do dispositivo Przyminajka (luva sensorial + aplicação móvel) para motivar e apoiar a reabilitação da mão pós-AVC	16 doentes (8 mulheres, 8 homens), idade média 67,5 anos, pós-AVC isquémico (fase aguda, subaguda e crónica), com paresia ou espasticidade do membro superior	Luva sensorial conectada a aplicação móvel (“Przyminajka”)	Sensores de flexão no polegar e no dedo médio, unidade de medição inercial (IMU – <i>Inertial Measurement Unit</i> , composta por acelerómetro e giroscópio), botão tátil; comunicação via Bluetooth.	Reabilitação da mão e membro superior pós-AVC, treino funcional e motivacional	Exercícios diários durante 2 semanas; grupo experimental com luva sensorial + aplicação; grupo controlo com instruções em papel	Grupo experimental apresentou melhoria clinicamente significativa no <i>Fugl-Meyer Upper Extremity</i> (+9,38 pontos, $p=0,0316$ ), aumento de motivação e melhor adesão; efeitos positivos na função e independência, embora menores no FIM ( <i>Functional Independence Measure</i> )	Amostra pequena (16 doentes) e curta duração (2 semanas); limitações ergonómicas do protótipo (dificuldade em vestir, cabos frágeis); risco de exclusão digital em idosos; necessidade de estudos multicêntricos maiores e dispositivos mais robustos.
-------------------	---------	---	--	---	--	---	--	---	---	--

Magalhães et al. 2022	Brasil	Revisão narrativa	Rever a literatura sobre dispositivos inteligentes ( <i>smart rehabilitation</i> ) em fisioterapia, categorizando e explorando a aplicabilidade nas perturbações neurológicas	Pessoas com disfunções neuromusculares: AVC, paralisia cerebral (PC), traumatismo crânio-encefálico (TCE), doença de Parkinson (DP), esclerose lateral amiotrófica (ELA), lesão medular	Diversos dispositivos inteligentes: luvas sensoriais (ex.: Rapael Glove™), roupas com sensores (ex.: Zishi), sapatos inteligentes, exoesqueletos (ex.: Lokomat), andadores robóticos (ex.: CPWalker, AGoRA), sistemas de realidade virtual, cadeiras de rodas inteligentes	Sensores inerciais (IMU), acelerômetros, giroscópios, sensores de força, eletrodos para estimulação elétrica, sensores de flexão, LiDAR ( <i>Light Detection and Ranging</i> ), câmaras, feedback tátil/vibrotório	Reabilitação motora (membro superior e inferior), treino de marcha, treino de equilíbrio, comunicação alternativa (ELA), apoio funcional em atividades de vida diária	Utilização em clínicas de reabilitação, hospitais e em programas de treino domiciliário com suporte remoto	Evidências mostram benefícios na função motora, marcha, equilíbrio, adesão ao treino, motivação e qualidade de vida; tecnologias permitem maior autonomia e apoio no processo terapêutico	Revisão não sistemática, risco de vieses; ausência de padronização metodológica; acessibilidade limitada devido ao alto custo; barreiras digitais em idosos;
-----------------------	--------	-------------------	---	---	--	--	---	--	---	--

										necessidade de mais ensaios clínicos randomizados com amostras representativas; falta de integração plena no sistema público de saúde
Abteu et al 2025	Paquistão	Revisão narrativa	Explorar aplicações de têxteis inteligentes e eletrônicos em pessoas com deficiência física, incluindo contexto de fisioterapia e reabilitação	Pessoas com deficiência física, incluindo doentes com disfunções neurológicas ou motoras	Roupas inteligentes com fibras condutivas, luvas sensoriais, tecidos com sensores de pressão e movimento, vestuário eletrônico para monitorização fisiológica	Sensores de pressão, sensores de movimento, fibras condutivas, eletrodos integrados, sistemas de feedback tátil	Reabilitação física, treino de marcha, monitorização de sinais fisiológicos e atividades de vida diária	Clínicas de reabilitação, hospitais e uso domiciliar	Potencial para melhorar a independência, qualidade de vida e monitorização contínua de dados clínicos; aplicações em fisioterapia e suporte funcional	Revisão sem análise crítica profunda; falta de validação em ensaios clínicos; acessibilidade limitada em países em desenvolvimento; desafios técnicos de durabilidade, custo e conforto

Lee et al. 2024	EUA	Estudo qualitativo com grupos focais ( <i>focus groups</i> )	Avaliar a aceitação do <i>Motion Tape</i> por fisioterapeutas para monitorização e tratamento da dor lombar baixa, explorando usabilidade, utilidade e sugestões de melhoria	Fisioterapeutas licenciados (n=8), média de 20 anos de experiência clínica, maioria em contexto ortopédico ambulatório	<i>Motion Tape</i> (fita de <i>cinesiotape</i> com <i>nanosheets</i> de grafeno, autoadesiva e descartável)	Sensores piezoresistivos baseados em grafeno para medir deformação cutânea e movimentos multissegmentares da coluna lombar	Monitorização e avaliação do movimento e postura lombar em doentes com dor lombar baixa (LBP – <i>low back pain</i> )	Clínicas de fisioterapia, sessões híbridas de telereabilitação e monitorização domiciliar	Fisioterapeutas consideraram o dispositivo útil para aumentar a especificidade da avaliação, apoiar telemonitorização e promover adesão ao exercício; bom potencial de aceitação clínica	Limitações apontadas: dificuldade de autocolagem pelo utente, excesso de fios, risco de desconforto cutâneo, interpretação complexa dos dados, formato descartável pouco sustentável; necessidade de melhorias ( <i>wireless</i> , reutilizável, <i>app</i> mais intuitiva com dados em graus de amplitude)
-----------------	-----	--	--	--	---	--	---	---	--	---

Neto et al. 2024	Brasil	Revisão integrada	Explorar as aplicações da inteligência artificial (IA) na fisioterapia, com destaque para os benefícios e limitações	Pessoas com problemas musculoesqueléticos e neurológicos que necessitam de reabilitação	<i>Smartwatches</i> , pulseiras fitness, roupas inteligentes com sensores e integração de IA com realidade virtual	Sensores de movimento (acelerómetros, giroscópios), sensores fisiológicos (frequência cardíaca, temperatura, atividade muscular), sistemas de electroestimulação	Diagnóstico e monitorização, desenvolvimento de planos personalizados de tratamento, apoio à reabilitação motora e cognitiva, telereabilitação	Clínicas de fisioterapia, hospitais e programas de reabilitação à distância (teleconsulta e treino domiciliário com apoio digital)	Potencial para diagnósticos mais rápidos e precisos, planos de exercício personalizados, monitorização em tempo real e maior adesão ao tratamento; realidade virtual aumenta motivação e qualidade de vida	Revisão dependente de literatura secundária; falta de ensaios clínicos que validem eficácia; elevado custo e acessibilidade limitada; desafios éticos e de privacidade de uso de dados; necessidade de integração sustentável no sistema de saúde
Abdelraouf et al. 2025	Arábia Saudita / Egito / Arábia Saudita (colaboração multicêntrica)	Ensaio clínico randomizado, controlado e comparativo (n=49)	Comparar os efeitos a longo prazo das luvas robóticas suaves (SRGs – <i>soft robotic gloves</i> ) e da terapia do espelho (MT – <i>mirror therapy</i> ) na recuperação motora da mão pós-AVC	49 doentes pós-AVC crónico (40–80 anos, hemiparesia moderada a grave, ≥6 meses após AVC)	Luva robótica suave ( <i>Soft Rehabilitation Glove</i> , <i>Shanghai SiYi Intelligent Technology Co., Ltd</i> )	Atuadores pneumáticos para flexão/extensão dos dedos, sensores de força e movimento integrados	Reabilitação funcional da mão e membro superior após AVC	Centros de reabilitação de longa duração, com treino 5x/semana durante 8 semanas, seguido de acompanhamento de 6 meses	Grupo SRGs mostrou ganhos superiores em destreza manual avaliados pelo <i>Box and Block Test</i> (BBT), força de preensão e <i>Fugl-Meyer Assessment para o membro superior</i> (FMA-UE – <i>Upper Extremity</i> mantidos aos 6	Amostra relativamente pequena para ensaio multicêntrico; não incluiu neuroimagem para correlacionar plasticidade cerebral; ausência de análise de custo-efetividade; necessidade de estudos com maior

									meses (p<0,01), enquanto grupo MT teve melhorias iniciais que não se mantiveram; adesão elevada (~90%)	dimensão e integração em protocolos clínicos padronizados
Mukherjee et al. 2022	Índia	Revisão narrativa (estado da arte)	Reversos avanços recentes em dispositivos inteligentes portáteis, vestíveis, ingeríveis e implantáveis para monitorização do estado de saúde e gestão de doenças	Indivíduos com doenças crônicas, limitações motoras ou que necessitam de monitorização clínica contínua	Têxteis inteligentes integrados em roupas (camisolas, meias, luvas) para monitorização fisiológica e funcional	Sensores inerciais (IMU), eletrocardiografia (ECG), sensores de temperatura, pressão, glicemia, bioimpedância e eletromiografia (EMG)	Monitorização fisiológica contínua, apoio ao diagnóstico precoce e à reabilitação motora	Hospitais, clínicas de reabilitação e monitorização remota domiciliar via telemedicina	Aponta o grande potencial dos têxteis inteligentes e dispositivos vestíveis na personalização terapêutica, na prevenção de complicações e na integração com tele saúde	Falta de validação em ensaios clínicos robustos; desafios técnicos (miniaturização, autonomia energética, conforto); barreiras éticas e de privacidade no uso de dados; custo elevado que limita acessibilidade
Vasudevan 2021	Canadá	Estudo experimental (tese de mestrado, desenvolvimento e validação inicial de protótipo)	Desenvolver uma banda inteligente ( <i>smart headband</i> ) para fornecer biofeedback tátil durante a	Doentes submetidos a reconstrução mandibular após cancro da cabeça e pescoço (testado apenas em sujeitos saudáveis – autor e supervisores)	Banda inteligente em tecido elástico, lavável, com integração de sensores e atuadores	Sensores de pressão (para ajuste da tensão da banda) e 3 atuadores piezoelétricos para estímulos vibratórios	Reabilitação da mastigação e deglutição após reconstrução mandibular, fornecem percepção de texturas	Testes laboratoriais em protótipo; avaliação em sujeitos saudáveis (autor + supervisores), simulação de percepção de	Atuadores piezoelétricos transmitir sinais de textura com elevada fidelidade; utilizadores distinguiram corretam	Estudo restrito a protótipo inicial e amostra mínima; não testado em doentes reais; ausência de ensaios clínicos; falta de compara

			mastigação em doentes submetidos a reconstrução mandibular				alimentos	textura alimentar	ente os estímulos acima do acaso; banda robusta, confortável e lavável	ção com outros métodos de biofeedback; necessidade de validação em contexto clínico
Luo et al. 2025	China (Hong Kong SAR, Pequim, Shenzhen)	Ensaio clínico piloto randomizado em crossover (prova de conceito)	Investigar os efeitos do feedback visual baseado em ecografia portátil e vestível (UVF – <i>ultrasound visual feedback</i> ) no treino de dorsiflexão do tornozelo em sobreviventes de AVC crónico	33 sobreviventes de AVC crónico (idade média 60,5 anos; hemiplegia unilateral; tempo pós-AVC médio 6,4 anos)	Sistema vestível de ecografia portátil fixado por banda elástica no tornozelo	Sonda de ecografia portátil sem fios (7.5 MHz), com ligação Wi-Fi, imagens em tempo real (B-mode, 20 Hz)	Reabilitação da dorsiflexão do tornozelo e fortalecimento do músculo tibial anterior em sobreviventes de AVC	Sessões de treino isométrico em dinamómetro, em condições randomizadas com e sem feedback visual não previsto (UVF – <i>Unvisual Feedback</i> ), realizadas em ambiente laboratorial.	Treino com UVF aumento significativo do torque de dorsiflexão (%MVC +26%, p=0.007), torque médio e máximo nas fases média e final da contração (p≤0.044), e espessura muscular do tibial anterior durante a fase média (p=0.045); correlações moderadas entre torque e espessura muscular	Estudo piloto, curta duração, foco em tarefa isolada (dorsiflexão isométrica) sem avaliação funcional (marcha, equilíbrio); ausência de medidas neurofisiológicas (EEG, fNIRS); necessidade de ensaios longitudinais com avaliação clínica e funcional; amostra limitada a indivíduos ambulatorios

de Fazio et al. 2023	Itália / México	Revisão narrativa (overview)	Fornecer uma visão abrangente sobre sensores vestíveis e dispositivos inteligentes para monitorizar parâmetros fisiológicos em reabilitação e desporto	Doentes em reabilitação pós-operatória ou após lesões; atletas em treino e monitorização de performance	Têxteis inteligentes integrados em roupas (ex.: camisolas, faixas elásticas, meias) e dispositivos vestíveis aplicados sobre a pele	Sensores eletromecânicos para detetar parâmetros fisiológicos: acelerómetros, giroscópios, sensores de pressão, sensores de frequência cardíaca, respiração e temperatura	Monitorização de parâmetros fisiológicos, cinemática articular e sinais vitais durante a reabilitação e treino	Clínicas de reabilitação, hospitais, treino desportivo e monitorização remota ( <i>e-health</i> )	Mostra que sensores vestíveis podem recolher dados fisiológicos de forma não invasiva, melhorar a monitorização de doentes e atletas, apoiar decisões clínicas e otimizar treino	Revisão sem ensaios clínicos; elevada heterogeneidade dos dispositivos; custos ainda elevados; necessidade de validação em larga escala; ausência de padronização metodológica
----------------------	-----------------	------------------------------	--	---	---	---	--	---	--	--