



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL  
E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO (REDE) - CCSA  
PROFNIT - Ponto Focal UFPE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

MARIA AUGUSTA FERREIRA LOPES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM SEQUELAS  
PÓS-AVC PARA CLÍNICAS DE FISIOTERAPIA**

Recife  
2025



MARIA AUGUSTA FERREIRA LOPES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM SEQUELAS  
PÓS-AVC PARA CLÍNICAS DE FISIOTERAPIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Mestre em Programa de Pós-Graduação em  
Propriedade Intelectual e Transferência de  
Tecnologia para Inovação – PROFNIT – Ponto  
Focal Universidade Federal de Pernambuco

Orientador (a): Prof. Dr José Gilson de Almeida  
Teixeira Filho

Recife  
2025



Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Lopes, Maria Augusta Ferreira.

Prospecção tecnológica na reabilitação de pacientes com sequelas Pós-AVC para clínicas de fisioterapia / Maria Augusta Ferreira Lopes. - Recife, 2025.

100f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, 2025.

Orientação: José Gilson de Almeida Teixeira Filho.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. AVC; 2. Fisioterapia; 3. Inovação. I. Teixeira Filho, José Gilson de Almeida. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central



MARIA AUGUSTA FERREIRA LOPES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM SEQUELAS  
PÓS-AVC PARA CLÍNICAS DE FISIOTERAPIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre Programa de  
Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e  
Transferência de Tecnologia para Inovação -  
PROFNIT- Ponto Focal Universidade Federal de  
Pernambuco

Aprovada em: 27/08/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr José Gilson de Almeida Teixeira Filho  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dra. Camyla Piran Stiegler Leitner  
Universidade do Estado de Mato Grosso

---

Prof. Dr. Andre Marques Cavalcanti  
Universidade Federal de Pernambuco



## DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação a todos os milhares de pacientes que enfrentam, com coragem e esperança, o desafio da recuperação pós-AVC, inspirando a busca por soluções que tornem seu caminho menos árduo e mais promissor.*

*Dedico também aos empreendedores, empresários, inventores e pesquisadores empenhados em transformar ideias em inovações reais, cujos esforços constantes alimentam o progresso da fisioterapia e despertam novas possibilidades de reabilitação e qualidade de vida.*



## AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Mágda Barbosa de Santana, por seu amor, paciência, compreensão e incentivo incondicional ao longo desta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Gilson de Almeida Teixeira Filho, pela orientação firme, generosa e comprometida, por acreditar nesta pesquisa e por todo o apoio intelectual e humano oferecido.

À minha mãe, Maria Auxiliadora, e a toda a minha família, pelo suporte emocional, força e ensinamentos que me guiaram até aqui.

Às minhas colegas de mestrado, Camila Fonseca e Jessyca Páscoa, pelo companheirismo, trocas construtivas e apoio mútuo durante os desafios da pós-graduação.

A cada professor do Programa de Mestrado PROFNIT, que de forma dedicada e inspiradora contribuíram para o meu crescimento acadêmico e profissional.

À clínica MOVA-SE NEURO FISIO, pela contribuição prática e pelo apoio das fisioterapeutas que colaboraram com este trabalho, fortalecendo a ponte entre ciência e aplicação clínica.

À FORTEC – Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia, proponente do PROFNIT junto à CAPES, pelo suporte institucional que tornou esta formação possível,

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui meu sincero agradecimento.

LOPES, Maria Augusta e Ferreira. **Prospecção tecnológicas na reabilitação de pacientes com sequelas pós-AVC para clínicas de fisioterapia.** 2024. (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

## RESUMO

A crescente demanda por soluções inovadoras na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-Accidente Vascular Cerebral (AVC) impulsiona a necessidade de identificar tecnologias com potencial clínico e viabilidade de aplicação. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma prospecção tecnológica de anterioridade, com base em bancos de patentes nacionais e internacionais, para verificar o potencial de patenteabilidade e o grau de maturidade de tecnologias aplicáveis à fisioterapia neurológica. A metodologia adotada foi dedutiva, bibliográfica e documental, com foco em bases de dados de patentes (WIPO, ESPACENET e INPI), utilizando critérios específicos de busca, palavras-chave em português e inglês, e códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) voltados à área da saúde e tecnologias assistivas. Foram identificadas 455 patentes, das quais 10 foram selecionadas para análise aprofundada por duas fisioterapeutas, com base na proximidade clínica e na aplicabilidade prática em contextos de reabilitação neurológica. Para essas dez tecnologias, foram enviados questionários por e-mail aos respectivos inventores, com o intuito de realizar uma avaliação qualitativa quanto ao nível de maturidade tecnológica por meio da escala internacional TRL (Technology Readiness Level). Três inventores responderam, permitindo a análise qualitativa direta. Os resultados evidenciaram que uma das tecnologias se encontra em estágio intermediário (TRL 6), com protótipo funcional e testes em ambiente relevante, enquanto as demais permanecem nas fases iniciais (TRL 3), ainda sem validação clínica ou comercial. Os resultados evidenciaram que uma das tecnologias encontra-se em estágio intermediário (TRL 6), com protótipo funcional e testes em ambiente relevante, enquanto as demais permanecem nas fases iniciais (TRL 3), ainda sem validação clínica ou comercial. A pesquisa destaca que, embora exista um volume significativo de inovações depositadas, grande parte ainda não atingiu estágio de prontidão para uso clínico. Conclui-se que a análise de maturidade tecnológica, aliada à prospecção de anterioridade, é uma ferramenta eficaz para orientar investimentos, acelerar processos de inovação em saúde e apoiar estratégias de incorporação tecnológica na fisioterapia.

**Palavras-chave:** acidente vascular cerebral, fisioterapia, reabilitação neurológica, gameterapia, robótica, estimulação elétrica funcional, prospecção tecnologia, inovação.

LOPES, Maria Augusta e Ferreira. **Technological prospecting in the rehabilitation of patients with post-stroke sequelae for physiotherapy clinics.** 2024. (Master in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation) – Center for Applied Social Sciences. Federal University of Pernambuco, Recife, 2024.

## ABSTRACT

The growing demand for innovative solutions in the physiotherapeutic rehabilitation of patients with post-stroke sequelae highlights the need to identify technologies with clinical potential and practical applicability. In this context, the objective of this research was to conduct a prior art technology prospecting based on national and international patent databases, in order to assess the patentability potential and the maturity level of technologies applicable to neurological physiotherapy. The adopted methodology was deductive, bibliographic, and documental, focusing on patent databases (WIPO, ESPACENET, and INPI), using specific search criteria, keywords in Portuguese and English, and International Patent Classification (IPC) codes related to health and assistive technologies. A total of 455 patents were identified, of which 10 were selected for in-depth analysis by two physiotherapists, based on their clinical relevance and practical applicability in neurological rehabilitation settings. For these ten technologies, questionnaires were sent via email to the respective inventors, aiming to carry out a qualitative assessment of the technological maturity level using the international Technology Readiness Level (TRL) scale. The results showed that one of the technologies is at an intermediate stage (TRL 6), with a functional prototype and testing in a relevant environment, while the others remain in early stages (TRL 3), with no clinical validation or commercial readiness. The study reveals that, although a significant number of innovative technologies have been filed, most are still far from clinical implementation. It is concluded that the analysis of technological maturity, combined with prior art prospecting, is an effective tool for guiding investments, accelerating innovation in healthcare, and supporting strategic technology adoption in physiotherapy.

**Keywords:** stroke, physiotherapy, neurological rehabilitation, game therapy, robotics, functional electrical stimulation, technology prospecting, innovation.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Tecnologias aplicadas à fisioterapia.....	21
TABELA 2	Base de dados utilizadas na busca de patentes.....	29
TABELA 3	Resultados de patentes por string de busca nas bases de patentes.....	29
TABELA 4	10 Tecnologias selecionadas para análise detalhada.....	31

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>AVC</b>	Acidente Vascular Cerebral
<b>BWS</b>	Body-Weight Support
<b>COFFITO</b>	Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional
<b>CPM</b>	Mobilização Passiva Contínua
<b>EEF</b>	Estimulação Elétrica Funcional
<b>EEG</b>	Eletroencefalograma
<b>EMG</b>	Eletromiografia
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration
<b>FES</b>	Functional Electrical Stimulation
<b>HHMI</b>	Interface Homem-Máquina Hápatica
<b>HMD</b>	Head-Mounted Display
<b>INPI</b>	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
<b>MU</b>	Modelo de Utilidade
<b>PI</b>	Patente de Invenção
<b>PROFNIT</b>	Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
<b>RA</b>	Realidade Aumentada
<b>RV</b>	Realidade Virtual
<b>SES</b>	Sensory Electrical Stimulation
<b>SIM</b>	Sistema de Informações sobre Mortalidade
<b>TR</b>	Terapia Robótica
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>UFPE</b>	Universidade Federal de Pernambuco
<b>WIPO</b>	World Intellectual Property Organization

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	OBJETIVOS .....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
4	METODOLOGIA .....	28
5	TECNOLOGIAS SELECIONADAS: DESCRIÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NA REABILITAÇÃO PÓS-AVC .....	31
6	PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E ANÁLISE DE MATURIDADE (TRL) ..	40
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
	REFERÊNCIAS .....	48
	APÊNDICE A – 55 Tecnologias selecionadas para um refinamento qualitativo .....	53
	APÊNDICE B – Template do email enviado aos inventores .....	57
	APÊNDICE C – Artigo submetido Revista de Ciência e Inovação - RCI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha .....	58
	APÊNDICE D – Artigo submetido Revista da FAE - PR .....	77
	APÊNDICE E – Produto técnico-tecnológico .....	98
	ANEXO A – Comprovante de submissão/publicação de artigo .....	99
	ANEXO B – Comprovante de submissão/publicação de artigo – Revista FAE .....	100

## 1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou acidente vascular encefálico (AVE), popularmente conhecido como derrame ocorre quando vasos que levam sangue ao cérebro entopem ou se rompem, provocando a paralisia da área cerebral que ficou sem circulação sanguínea (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024).

Sabe-se que o AVC pode ser classificado em dois tipos principais: isquêmico e hemorrágico. O AVC isquêmico ocorre quando uma oclusão em um vaso sanguíneo impede o fluxo de oxigênio e nutrientes para o cérebro, resultando na morte do tecido cerebral na área afetada. Esse bloqueio pode ser causado por coágulos sanguíneos (trombos) ou fragmentos que se deslocam da corrente sanguínea (êmbolos), levando à isquemia cerebral. A aterosclerose, uma condição onde há o acúmulo de placas nas paredes arteriais, é uma das principais causas de AVC isquêmico. Já o AVC hemorrágico é provocado pelo rompimento de um vaso sanguíneo cerebral, frequentemente causado por aneurismas ou traumas, o que resulta no extravasamento de sangue para áreas do cérebro, sendo fortemente relacionado à hipertensão. Ambos os tipos podem resultar em danos neurológicos severos e potencial risco de morte (DE PAULA PIASSAROLI et al., 2012, p. 130).

O AVC é uma das condições mais incapacitantes do mundo, representando a segunda principal causa de morte em pessoas acima de 60 anos e a quinta entre indivíduos de 15 a 59 anos, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). O AVC em jovens é especialmente devastador, pois suas sequelas resultam em incapacidades que impactam diretamente a qualidade de vida, gerando uma enorme carga não só para os pacientes, mas também para suas famílias e para a sociedade como um todo. (NAMAGANDA et al., 2022, p. 335).

De acordo com a Sociedade Brasileira de AVC (2019), no ano de 2020 foram registradas 99.010 mortes por acidente vascular cerebral (AVC) no Brasil, segundo dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), do Ministério da Saúde – DATASUS. Além do impacto letal, o AVC gera implicações afetando diretamente a capacidade e a qualidade de vida do paciente, podendo tornar o indivíduo parcialmente ou totalmente incapaz de realizar suas atividades no cotidiano. (SCHMIDT, M. H. et al, 2019, p. 139-144)

Análise mais recente sobre o período de 2018 a 2023 demonstrou uma média anual de aproximadamente 169 mil internações por AVC não especificado (CID I64), com variação

entre 153.714 casos em 2020 e 196.113 em 2023. As faixas etárias mais afetadas foram de 60 a 79 anos, enquanto os óbitos se concentraram em pessoas com 80 anos ou mais. A mortalidade média anual foi de 25.575 óbitos, com o menor número também registrado em 2020 (23.474) e o maior em 2023 (27.471). Regionalmente, o Sudeste apresentou os maiores números absolutos de internações e mortes, seguido por Nordeste e Centro-Oeste. Esses achados evidenciam a necessidade de políticas públicas direcionadas a grupos etários específicos e com foco regional, a fim de reduzir a carga da doença no país (SILVA et al., 2024).

Geralmente, após receberem alta dos centros de reabilitação, 65% dos indivíduos ainda não apresentam recuperação motora completa e não conseguem envolver ativamente os membros afetados nas atividades de vida diária, indicando necessidade de intervenção mais intensiva. (MACEIRA-ELVIRA P, POPA T, SCHMID AC, HUMMEL FC, 2019)

A fisioterapia tem papel essencial na reabilitação de pacientes pós-AVC, buscando maximizar a capacidade funcional e prevenir complicações secundárias. O fisioterapeuta, como especialista do movimento, desenvolve estratégias terapêuticas individualizadas, levando em conta também fatores psicológicos e sociais que influenciam a recuperação (DE PAULA PIASSAROLI et al., 2012, p. 130).

A atuação fisioterapêutica envolve intervenções direcionadas à melhora dos déficits motores, sensoriais, cognitivos e emocionais. Avaliações clínicas e funcionais abrangem aspectos como força, resistência, amplitude de movimento e marcha, permitindo o planejamento de condutas específicas (GONÇALVES, 2019). Entre as estratégias utilizadas, destacam-se os treinos de transferência de peso e os exercícios de "sentar e levantar", fundamentais para o restabelecimento da marcha e para o controle postural (BARRECA et al., 2004).

Recursos como realidade aumentada, robótica assistiva e estimulação funcional elétrica têm se mostrado promissores ao proporcionar ambientes seguros e estimulantes para a prática repetitiva de movimentos funcionais, capazes de promover neuroplasticidade e ganhos mais robustos (MALIK et al., 2022).

Nesse sentido, observa-se um avanço significativo no desenvolvimento de tecnologias voltadas à reabilitação pós-AVC. No entanto, ainda é incipiente o mapeamento dessas

tecnologias sob a perspectiva da inovação e da proteção intelectual, especialmente no que tange à identificação de soluções com potencial de patenteabilidade.

Assim, esta pesquisa propõe a realização de um estudo de prospecção tecnológica de anterioridade, com o objetivo de identificar tecnologias aplicáveis à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC que apresentem potencial de inovação e proteção por patente. A prospecção tecnológica, conforme Porter (1992), contribui não apenas para o desenvolvimento do pensamento estratégico e para a definição de direções futuras de pesquisa, como também oferece os seguintes benefícios:

- Melhor compreensão do ambiente tecnológico;
- Aumento da capacidade de lidar com incertezas;
- Integração de áreas do conhecimento e fortalecimento de redes de informação;
- Visão global das inter-relações entre ciência, tecnologia e mercado;
- Estímulo à criatividade e à inovação;
- Identificação de novas oportunidades de desenvolvimento.

Dessa forma, a pergunta norteadora desta investigação é: Como a prospecção tecnológica de anterioridade pode contribuir para identificar inovações com potencial de patenteabilidade na reabilitação fisioterapêutica pós-AVC, antecipando tendências e orientando estratégias de desenvolvimento tecnológico?

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Essa pesquisa tem como objetivo geral realizar uma prospecção tecnológica de anterioridade com foco na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC, a fim de verificar o potencial de patenteabilidade de tecnologias inovadoras aplicáveis ao contexto clínico.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diante do objetivo geral do trabalho, os seguintes objetivos específicos foram abrangidos:

- Identificar, por meio de revisão bibliográfica exploratória, inovações e tecnologias relevantes com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes pós-AVC;
- Realizar uma busca prospectiva sobre as tendências tecnológicas na reabilitação pós-AVC, com base em bases de dados nacionais e internacionais de patentes;
- Analisar qualitativamente documentos de patente relacionados às tendências tecnológicas emergentes na área, considerando sua viabilidade e aplicabilidade em contextos clínicos locais;
- Verificar o potencial de patenteabilidade e o nível de maturidade tecnológica das tecnologias encontradas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentado o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa, proporcionando ao leitor uma compreensão mais aprofundada do tema em questão.

#### 3.1 INOVAÇÃO

No cenário econômico contemporâneo, a inovação é amplamente discutida por sua relevância no desenvolvimento das nações. Entre os pensadores que consolidaram a compreensão sobre seu papel estratégico, destaca-se Joseph Schumpeter, que, ainda na primeira metade do século XX, apresentou a inovação como força motriz do crescimento econômico. Para Schumpeter, o progresso ocorre a partir de ciclos de “destruição criadora”, nos quais as inovações tecnológicas transformam processos produtivos, modelos de negócio e estruturas de mercado, impulsionando a competitividade e a renovação do sistema econômico. (SCHUMPETER, 1985)

Segundo Schumpeter (SCHUMPETER, 1975), a inovação é definida como a introdução comercial ou industrial de algo novo (ou significativamente melhorados), seja um produto, um processo ou método de produção, um novo mercado ou uma nova forma de organização empresarial, comercial ou financeira. Essa definição destaca a ampla gama de formas pelas quais a inovação pode se manifestar e seu impacto transformador em diferentes aspectos da atividade econômica.

A inovação pode ocorrer de forma incremental ou radical, e é crucial para o crescimento econômico e a adaptação das empresas às mudanças do mercado.

De acordo Freeman (FREEMAN, 1988) entende-se inovação radical como desenvolvimento e introdução de um novo produto, processo ou forma de organização da produção completamente nova. Essa forma de inovação pode representar uma ruptura estrutural com o padrão tecnológico anterior, resultando na criação de novas indústrias, setores e mercados. Além disso, as inovações radicais podem trazer consigo redução de custos e aumento da qualidade em produtos já existentes.

Algumas inovações radicais históricas são citadas, como a introdução da máquina a vapor no final do século XVIII e o desenvolvimento da microeletrônica a partir da década de 1950. Essas e outras inovações radicais tiveram um impacto significativo na economia e na sociedade, alterando permanentemente o perfil da economia mundial e impulsionando a

formação de novos padrões de crescimento, conforme novos paradigmas tecnoeconômicos foram estabelecidos. (LEMOS, 1999)

Freeman (FREEMAN, 1988) também descreve inovação incremental como a introdução de melhorias em um produto, processo ou organização de produção dentro de uma empresa, sem alterar a estrutura industrial como um todo. Essas melhorias podem ser pequenas atualizações ou aprimoramentos contínuos em produtos existentes, processos de fabricação ou métodos organizacionais. Ao contrário das inovações radicais, que representam mudanças significativas e disruptivas, as inovações incrementais são mais modestas em escopo, mas ainda assim desempenham um papel crucial no progresso e na competitividade das empresas.

De acordo o Manual de Oslo (OCDE/FINEP, 2005), a implementação da inovação é essencial para que ela se concretize. Isso ocorre quando um novo produto ou melhoria é lançado no mercado, ou quando novos processos, métodos de marketing e estratégias organizacionais são efetivamente empregados nas operações empresariais. A abordagem das atividades de inovação pode variar consideravelmente entre as empresas. Algumas empresas se concentram em projetos específicos de inovação, como o desenvolvimento e lançamento de novos produtos, enquanto outras preferem realizar melhorias contínuas em seus produtos, processos e operações.

No entanto, é importante notar que, tanto mudanças significativas quanto pequenas mudanças incrementais podem ser consideradas inovações. Uma inovação pode se manifestar como a implementação de uma única mudança significativa ou como uma série de pequenas mudanças que, juntas, resultam em uma transformação significativa. (OCDE/FINEP, 2005)

### **3.1.1 Tipos de Inovação**

Uma empresa tem a flexibilidade de implementar várias mudanças em suas operações para melhorar sua produtividade e desempenho comercial. De acordo o Manual de Oslo (OCDE/FINEP, 2005) diferenciam-se quatro tipos de inovação que serão definidas nos subtópico abaixo: de produto, de processo, de marketing e organizacional, que abrangem uma variedade de mudanças nas atividades das empresas.

#### **3.1.1.1 Inovação de produto**

Inovações de produto acontecem quando uma empresa lança um novo bem ou serviço no mercado ou melhora significativamente um já existente, seja em suas características técnicas, facilidade de uso ou outras funcionalidades. Isso pode ser impulsionado por novas

tecnologias ou pela reinvenção de tecnologias existentes. Por exemplo, a introdução de smartphones dobráveis representa uma inovação de produto usando tecnologias inovadoras. Melhorias em produtos existentes também são consideradas inovações, como a atualização de software de edição de fotos com inteligência artificial. No setor de serviços, inovações de produto podem incluir melhorias na entrega de serviços ou o lançamento de novos serviços, como um aplicativo de entrega de mantimentos com rastreamento em tempo real. (OCDE/FINEP, 2005)

### 3.1.1.2 Inovação de processo

Inovação de processo refere-se à implementação de novos métodos ou melhorias significativas nos métodos existentes de produção ou distribuição. Isso pode envolver mudanças em técnicas, equipamentos e softwares utilizados nas operações de uma empresa. Essas inovações têm como objetivo principal a redução de custos, melhoria da qualidade ou introdução de novos produtos ou serviços no mercado. Exemplos práticos incluem a introdução de automação em linhas de produção, adoção de sistemas de rastreamento na logística, desenvolvimento de novos métodos de reserva em serviços, e aplicação de tecnologias de informação para otimizar atividades auxiliares como compras e contabilidade. (OCDE/FINEP, 2005)

### 3.1.1.3 Inovação de marketing

Inovações de marketing referem-se a mudanças importantes na forma como os produtos ou serviços são promovidos e comercializados por uma empresa. Isso pode incluir ajustes no design do produto, como embalagem e estilo, para atrair novos grupos de consumidores. Também pode envolver a introdução de novos canais de vendas, como vendas diretas ou franquias, e a apresentação criativa de produtos em locais de exposição. Além disso, inovações de marketing podem incluir novas abordagens na promoção de produtos, como o uso de endossos de celebridades, a criação de uma nova marca ou a personalização da oferta para atender às necessidades individuais dos clientes. Mudanças rotineiras nos métodos de marketing não são consideradas inovações, a menos que envolvam o uso de abordagens totalmente novas pela empresa. (OCDE/FINEP, 2005)

### 3.1.1.4 Inovação de organizacional

Inovação organizacional é a implementação de novos métodos na forma como uma empresa opera, organiza seu local de trabalho e gerencia suas relações externas. Isso pode incluir a adoção de práticas para melhorar o compartilhamento de conhecimento, descentralização das atividades de grupo e estabelecimento de novas parcerias com

organizações externas. É importante ressaltar que as mudanças organizacionais só são consideradas inovações se representarem a implementação de novos métodos em resposta a uma nova estratégia gerencial. Por exemplo, a introdução de uma estratégia para melhorar o compartilhamento de conhecimento não é uma inovação por si só, mas se for implementada por meio de novos softwares e práticas, torna-se uma inovação organizacional. Fusões ou aquisições não são consideradas inovações por si só, a menos que tragam consigo a introdução de novos métodos organizacionais durante o processo. (OCDE/FINEP, 2005)

### 3.2 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Prospecção tecnológica é uma ferramenta estratégica utilizada para identificar, mapear e analisar tecnologias existentes e emergentes, com o objetivo de avaliar seu estágio de desenvolvimento, potencial de inovação e impacto na sociedade. Ela permite levantar informações sobre tecnologias concorrentes, lacunas a serem preenchidas, inventores, empresas interessadas e países envolvidos, além de facilitar a tomada de decisão e a gestão da inovação. (QUINTELLA et al., 2011)

Um passo fundamental dentro da prospecção tecnológica é a busca de anterioridade, que consiste na investigação do estado da técnica de uma invenção para verificar se ela já foi desenvolvida ou patenteada. Essa etapa envolve a análise de documentos de patentes e publicações científicas relacionadas, evitando o desperdício de recursos em ideias que não sejam realmente inovadoras ou patenteáveis. Além disso, a busca de anterioridade contribui para avaliar o nível de maturidade da tecnologia, identificar concorrentes e oportunidades de inserção no mercado. (QUINTELLA, C. M. et al., 2018)

Nesse sentido, destaca-se o uso da escala TRL – Technology Readiness Level, uma abordagem estruturada que permite mensurar o grau de desenvolvimento tecnológico de uma invenção. Padronizada pela ISO 16290 (2013) e adotada por instituições como NASA, EMBRAPII e EMBRAER, a escala TRL classifica as tecnologias em nove níveis progressivos. Esses níveis vão desde a formulação de conceitos básicos (TRL 1) até a operação comercial consolidada (TRL 9), passando pelas fases de prototipagem, validação e testes em ambientes laboratoriais e reais. (QUINTELLA et al., 2017)

De maneira geral, os níveis TRL 1 a 3 são associados à fase conceitual e de bancada, enquanto os TRL 4 a 6 referem-se ao desenvolvimento piloto e validação funcional em ambiente relevante. Já os TRL 7 a 9 representam os estágios de demonstração final e comercialização, envolvendo testes clínicos, certificações e entrada no mercado. A aplicação

dessa ferramenta fortalece o processo de inteligência tecnológica, auxiliando na avaliação de riscos, definição de estratégias de P&D, estimativa de retorno sobre investimento e comparação entre tecnologias concorrentes. (QUINTELLA et al., 2017)

### 3.3 PATENTES

Segundo o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2021), a patente é um direito legal concedido pelo Estado que garante ao titular a exclusividade de exploração comercial de uma invenção ou melhoria tecnológica por um tempo determinado. Esse direito impede que terceiros usem, produzam, vendam ou importem o invento sem autorização do titular, funcionando como um incentivo à inovação e à proteção do esforço criativo.

No Brasil, existem duas modalidades principais de patente:

- Patente de Invenção (PI) – Protege criações técnicas inéditas, como novos produtos ou processos. Tem validade de 20 anos a partir do depósito.
- Patente de Modelo de Utilidade (MU) – Voltada a melhorias funcionais em objetos de uso prático, com validade de 15 anos.

A proteção por patente oferece benefícios diretos ao inovador, como vantagem competitiva no mercado, possibilidade de licenciamento e recuperação do investimento em pesquisa e desenvolvimento. Para a sociedade, a patente gera impacto positivo duplo: ao estimular o surgimento de novas tecnologias e ao tornar público o conhecimento técnico descrito no pedido, que entra no domínio público ao final da vigência da patente. (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2021)

Além disso, o sistema de patentes ajuda no avanço científico e tecnológico. Ao exigir a descrição detalhada da invenção, permite que outros pesquisadores usem esse conhecimento como base para novas pesquisas, evitando retrabalho e promovendo o progresso tecnológico. O conteúdo das patentes, disponível em bases públicas, serve como fonte rica para inovação, inclusive na fronteira do conhecimento. (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2021)

### 3.4 AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA ÁREA DA FISIOTERAPIA

Nos últimos anos, a fisioterapia tem passado por uma transformação significativa graças aos avanços tecnológicos. A adoção dessas novas tecnologias não apenas amplia as opções de tratamento, mas também melhora a adesão dos pacientes aos processos de reabilitação, tornando as sessões mais dinâmicas e interativas. Isso resulta em uma melhor

qualidade de vida para os indivíduos e projeta uma imagem positiva para as clínicas de fisioterapia e seus profissionais, demonstrando um compromisso contínuo com a inovação e o aprimoramento dos serviços oferecidos. (MARCO ADDED, 2023)

As tecnologias modernas aplicadas à fisioterapia oferecem vários benefícios, incluindo uma recuperação mais rápida e eficiente, a prevenção de novas lesões, aumento da mobilidade e melhoria geral da qualidade de vida. Essas inovações complementam, em vez de substituir, as técnicas tradicionais, combinando o melhor dos dois métodos e ampliando as possibilidades de tratamento para atender às diversas necessidades dos pacientes. (MARCO ADDED, 2023)

Logo abaixo, apresentamos um quadro com as principais tecnologias analisadas nesta pesquisa, trazendo uma breve descrição de cada uma. Em seguida, cada tecnologia será detalhada em seção própria, com suas aplicações, benefícios e perspectivas na reabilitação fisioterapêutica pós-AVC.

**Tabela 1 – Tecnologias aplicadas à fisioterapia**

Tecnologia	Breve descrição
Estimulação Elétrica Funcional (FES)	Utiliza pulsos elétricos de baixa intensidade aplicados aos músculos para induzir contrações funcionais. Auxilia na recuperação de movimentos comprometidos por lesões neurológicas, como no AVC, favorecendo a reeducação motora e a plasticidade neural.
Realidade Virtual (RV)	Proporciona ao paciente a interação em ambientes virtuais, imersivos ou não imersivos, com tarefas terapêuticas personalizadas. Favorece a motivação, a repetição de movimentos e o engajamento no processo de reabilitação, utilizando recursos lúdicos como jogos sérios.
Robótica	Inclui o uso de dispositivos robóticos e exoesqueletos para auxiliar no treino motor intenso e repetitivo. Permite movimentos orientados e precisos, reduz o esforço físico dos terapeutas e potencializa a recuperação de marcha e membros superiores em pacientes pós-AVC.

Fonte: os autores.

### **3.4.1 Estimulação Elétrica Funcional - EEF**

A Estimulação Elétrica Funcional (do inglês, Functional Electrical Stimulation - FES) consiste na aplicação de pulsos elétricos nos músculos, induzindo contrações controladas (POPOVIĀLc, 2014). Recentemente, Popovic e Marquez-Chin (MARQUEZ-CHIN, POPOVIC 2020) definiram a Terapia por Estimulação Elétrica Funcional (do inglês, Functional Electrical Stimulation Therapy - FEST) como uma terapia para auxiliar a habilidade motora indivíduos com deficiências neurológicas.

A FES é empregada para auxiliar pacientes paralisados na recuperação da capacidade de movimento comprometida por lesões no sistema nervoso central, como lesão medular ou AVC (ARSIANTI; ARIFIN, 2023). Originada na década de 1960 como tecnologia auxiliar, a

FES tem evoluído e hoje é aplicada de forma direcionada à contração muscular funcional, contribuindo para a reabilitação de indivíduos com sequelas neurológicas (MARQUEZ-CHIN; POPOVIC, 2020).

Estudos mostram que a FES pode beneficiar pessoas com sintomas do AVC e melhorar o aumento da força muscular aprimorando habilidades motoras de membros superiores e membros inferiores (BAO et al., 2020). Como por exemplo nos membros inferiores, o pé equino, condição em que o pé está permanentemente voltado para baixo, como se a pessoa estivesse em pontas de pé o tempo todo (FUKUDA, 2023), é uma das principais queixas devido a alteração da marcha do indivíduo sequelado e a terapia de eletroestimulação traz como benefício a melhora das funções (ALON; LEVITT; MCCARTHY, 2007) e na recuperação de habilidades motoras em membros superiores há uma melhora significativa nas funções de alcançar e agarrar (SOUZA, 2023).

A aplicação clínica da FES envolve correntes de baixa intensidade para estimular ou reeducar músculos, com eletrodos aplicados na pele para gerar contrações musculares específicas. Trata-se de uma técnica supervisionada por fisioterapeutas e frequentemente associada a outras modalidades de reabilitação, potencializando os resultados sem substituir os métodos convencionais (CLÍNICA VICCO, 2023).

Nesse contexto, o dispositivo WalkAide® representa uma inovação incremental ao incorporar a tecnologia FES de maneira personalizada e automática, adaptando-se à biomecânica da marcha. Utilizando sensores inerciais, como inclinômetros, o sistema identifica o momento exato da fase de balanço durante a marcha e promove a dorsiflexão do tornozelo, sem necessidade de sensores plantares. Essa característica torna o WalkAide® mais prático e eficiente, promovendo maior adesão ao tratamento e otimizando a reabilitação da marcha em pacientes com pé caído (RUSSELL et al., 2011; KOTTINK et al., 2007; NAKAMURA et al., 2023). Além disso, sua capacidade de promover neuroplasticidade e fornecer estimulação sincronizada à atividade funcional consolida seu potencial como ferramenta de reabilitação neurológica baseada em evidências.

Em seu artigo Dantas et al. (2023) avaliaram os efeitos da FES combinada com treinamento em esteira em pessoas com AVC, constatando melhorias na função sensório-motora, equilíbrio, capacidade de resistência e coordenação motora, especialmente quando a FES foi associada ao treinamento. A ordem dos protocolos influenciou os resultados, sendo mais eficaz iniciar com esteira antes de adicionar FES. Embora a FES não tenha afetado significativamente a velocidade de caminhada, ela melhorou a mobilidade geral, sugerindo

que a combinação de FES com treinamento em esteira é uma abordagem superior para reabilitação de mobilidade em indivíduos com AVC. Estudos futuros devem considerar períodos mais longos de intervenção e análises mais detalhadas.

### 3.4.2 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite aos usuários visualizar, explorar e interagir com dados complexos em tempo real. Ela oferece uma forma sofisticada de interface, proporcionando uma sensação de envolvimento ao usuário, o que permite a navegação e interação em um ambiente tridimensional, utilizando vários dispositivos sensoriais (KIRNER E SISCOUTTO, 2007).

Existem dois tipos principais de realidade virtual: imersiva e não imersiva. A distinção entre eles está na utilização de tecnologias físicas - hardware - combinadas com tecnologias lógicas - software.

A RV imersiva, isola o usuário do mundo real e depende de recursos tecnológicos adicionais, como capacetes de realidade virtual, luvas ou até mesmo salas de projeção, que permitem a interação física entre o usuário e o sistema computacional (HARMA, 2003). Ou seja, a realidade virtual imersiva é uma tecnologia que envolve o usuário em um ambiente simulado, proporcionando uma experiência sensorial abrangente e realista.

Por outro lado, a RV não imersiva o usuário tem acesso ao ambiente virtual, sem se isolar do mundo real, os recursos tecnológicos são baseados em monitores e dispositivos mais simples, como por exemplo mouse e controles de vídeo games, não exigindo equipamentos sofisticados (HARMA, 2003). Ou seja, a realidade virtual não imersiva utiliza tecnologias que permitem ao usuário interagir com ambientes virtuais sem a sensação completa de estar fisicamente presente nesse ambiente. Na reabilitação, a RV não imersiva se destaca por oferecer exercícios e atividades através de Jogos Sérios que fornecem feedback imediato sobre a evolução do paciente (PEREZ, 2020).

Os jogos sérios são desenvolvidos com objetivos educacionais e terapêuticos, indo além do mero entretenimento. Eles podem ser divertidos, mas seu foco principal é atender a finalidades específicas, como a reabilitação de pacientes. Utilizados por profissionais de diversas áreas, incluindo a saúde, esses jogos são criados para abordar as necessidades particulares de cada caso, proporcionando uma ferramenta eficaz e personalizada para a recuperação e o desenvolvimento de habilidades funcionais (PEREZ, 2020).

A RV é uma ferramenta inovadora e promissora na reabilitação de pacientes que sofreram um AVC. Dada a prevalência e as graves consequências do AVC, que frequentemente resulta em limitações motoras e cognitivas significativas, a busca por métodos avançados de reabilitação é essencial. Em sua pesquisa Rocha (ROCHA, 2021) relata abordagens inovadoras, que complementa e melhora os métodos da reabilitação tradicional.

A RV permite a criação de ambientes tridimensionais interativos que estimulam áreas específicas do cérebro, incluindo o sistema de neurônios espelhos. Essa estimulação é crucial para a reorganização cortical, essencial para a recuperação das funções motoras afetadas pelo AVC. Além disso, a capacidade da RV de facilitar a repetição de movimentos mantém o paciente motivado e engajado, aumentando a eficácia do tratamento. (AUGUST et al., 2006; SMALL et al., 2012).

Uma das grandes vantagens da RV é a possibilidade de personalização das tarefas de acordo com as necessidades individuais de cada paciente. As tarefas podem ser ajustadas em termos de dificuldade e frequência, proporcionando um cronograma de terapia flexível e adaptado. (KHAN, PODLASEK & SOMAA, 2021). Adicionalmente, a RV oferece um ambiente seguro e controlado, onde os pacientes podem praticar movimentos sem o risco de lesões, crucial para aqueles com limitações físicas severas. O feedback em tempo real proporcionado pela interação com o ambiente virtual permite a correção imediata de movimentos, melhorando ainda mais a eficácia das sessões de reabilitação. (ROCHA, 2021)

A acessibilidade da RV é outra vantagem significativa, dispositivos como o Nintendo Wii e o Xbox Kinect, utilizados em várias pesquisas, são relativamente acessíveis e podem ser usados tanto em clínicas quanto em domicílios. Esta flexibilidade torna a reabilitação mais conveniente e acessível para os pacientes. Estudos indicam que a RV, quando usada como complemento às terapias tradicionais, pode resultar em ganhos funcionais adicionais. (ROCHA, 2021)

### 3.4.2.1 Gameterapia

A gameterapia representa uma aplicação prática da realidade virtual no contexto da fisioterapia, especialmente na reabilitação neurológica. Introduzida no Brasil em 2007 e reconhecida pelo COFFITO - Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional desde 2015, essa técnica utiliza jogos virtuais para tornar as sessões mais dinâmicas e atraentes. Por meio de sensores de movimento e ambientes de realidade virtual, a gameterapia pode

melhorar o condicionamento cardiovascular, a coordenação motora, a amplitude de movimento e o equilíbrio (CRISTINA, 2022).

Trata-se de uma terapia complementar, sempre monitorada por fisioterapeutas, que não substitui os métodos convencionais, mas os complementa de forma lúdica e eficaz. É indicada para diversas condições, incluindo lesões cerebrais, problemas ortopédicos e cardiopulmonares, e aproveita a neuroplasticidade — a capacidade do cérebro de formar novas conexões neurais — para facilitar a recuperação de pacientes, inclusive os que sofreram AVC (CRISTINA, 2022).

A gameterapia se caracteriza por desafiar os pacientes com tarefas que simulam movimentos terapêuticos. Ao completar essas tarefas com sucesso, os pacientes recebem reforços positivos na forma de recompensas visuais ou sonoras, apresentados em tempo real durante a sessão. Esse tipo de feedback informa o paciente sobre seu desempenho, tornando a reabilitação mais motivadora e envolvente (MELLO, 2015).

### 3.4.3 Robótica

A introdução de tecnologias avançadas, como a reabilitação assistida por robô, tem mostrado potencial para melhorar significativamente os resultados de pacientes que lutam na recuperação de suas funções motoras. Os avanços na robótica possibilitaram o treinamento assistido por robôs como uma nova abordagem na reabilitação da marcha, com treino locomotor e dos membros superiores do indivíduo, onde o treinamento repetitivo e prolongado é essencial.

Nas últimas décadas, novas abordagens terapêuticas, como o treinamento locomotor com suporte parcial de peso corporal (em inglês Body-weight support - BWS) e assistência manual, foram desenvolvidas. Esse método envolve suportar parte do peso do paciente em uma esteira enquanto terapeutas auxiliam nos movimentos das pernas para imitar uma marcha normal. Apesar dos resultados promissores na melhoria da locomoção, a terapia é fisicamente desgastante para os terapeutas e requer recursos significativos, o que limita sua aplicação em muitos ambientes de reabilitação. Para superar essas limitações, foram desenvolvidos dispositivos robóticos, como exoesqueletos, que ajudam na replicação dos movimentos de marcha de forma mais eficiente e com menos desgaste físico para os terapeutas. (TEFERTILLER et al., 2011)

Os exoesqueletos são dispositivos robóticos projetados para alinhar-se com as articulações dos membros do indivíduo, com eixos articulares coincidentes. Esses robôs

controlam separadamente cada articulação, guiando e possibilitando uma ampla gama de movimentos com adequada orientação do membro. Eles são indicados para a realização de treinamento orientado a tarefa (MEHRHOLZ et al., 2020; NEF et al., 2009).

Em uma revisão bibliográfica TEFERTILLER (TEFERTILLER et al., 2011), verificou que o treinamento locomotor assistido por robótica com BWS proporciona melhorias significativas na velocidade e resistência da caminhada para pacientes com AVC, especialmente durante as fases mais iniciais da reabilitação. A intensidade e a frequência do treinamento, bem como o tempo pós-AVC, são fatores importantes que influenciam a eficácia dos resultados.

#### 3.4.3.1 Terapia Robótica (TR)

Atualmente, a terapia assistida por robôs ou terapia robótica (TR) é uma abordagem inovadora na reabilitação que utiliza dispositivos robóticos para auxiliar a recuperação motora. Esses dispositivos permitem a prática intensiva, repetitiva, interativa, individualizada, adaptável e quantificável de tarefas motoras. A TR é eficaz em promover a reorganização cerebral e melhorar habilidades motoras e o desempenho funcional (FERREIRA, 2021). Surgida no final dos anos 80 (MACIEJASZ et al., 2014), a terapia robótica se tornou comercialmente disponível para clínicas e hospitais após o ano 2000 (DURET; GROSMAIRE; KREBS, 2019).

De acordo Dehem (Dehem, Stéphanie et al., 2019) a TR para membros superiores é promissora na reabilitação de pacientes com AVC, especialmente na fase inicial. Um estudo randomizado e controlado comparou a eficácia da TR como substituição parcial à terapia convencional em 45 pacientes com AVC agudo, divididos em dois grupos. Após 9 semanas de tratamento, avaliações cegas mostraram que o grupo TR teve melhorias significativas em destreza manual, capacidade funcional dos membros superiores e participação social, comparado ao grupo de terapia convencional. A combinação de TR com terapia convencional mostrou-se mais eficaz do que a terapia convencional sozinha.

Evidenciou-se que a terapia com exercícios intensificados melhora significativamente as atividades da vida diária (AVD), especialmente nos primeiros seis meses após um AVC. Os dispositivos robóticos são adequados para proporcionar um treinamento motor intensivo e orientado a tarefas, movimentando os membros do paciente sob supervisão de fisioterapeutas, potencializando assim a reabilitação convencional (CALAFIORE, et al., 2022).

A TR oferece diversas vantagens significativas na reabilitação motora. Primeiramente, permite a realização de práticas motoras de alta intensidade por longos períodos, de maneira consistente e precisa, o que é crucial para a recuperação motora. A alta repetitividade proporcionada pelos dispositivos robóticos aumenta a eficácia da terapia, já que a repetição é fundamental para a reorganização cerebral e a melhora das habilidades motoras. Além disso, esses dispositivos possibilitam que os pacientes realizem o tratamento de forma independente, o que aumenta a produtividade e eficiência da reabilitação (FERREIRA, 2021).

Outra vantagem importante é a capacidade dos dispositivos robóticos de fornecer medições em tempo real do desempenho do paciente. Isso permite que os terapeutas ajustem o protocolo terapêutico de maneira precisa, com base no progresso do paciente. A utilização de equipamentos robóticos também pode aumentar a motivação dos pacientes durante a terapia, devido ao caráter interativo e tecnológico dos dispositivos (FERREIRA, 2021).

Com benefícios que incluem a recuperação aprimorada da função motora, maior intensidade e repetição de exercícios, protocolos padronizados, reabilitação personalizada, melhoria nas atividades da vida diária e potencial para benefícios a longo prazo, esta terapia robotizada tem o potencial de revolucionar a prática clínica. No entanto, mais ensaios clínicos randomizados são necessários para confirmar a eficácia da reabilitação assistida por robô e para explorar totalmente seu impacto na reabilitação de pacientes com AVC. Com a contínua evolução da tecnologia, a terapia assistida por robô pode se tornar um componente essencial da reabilitação de AVC, melhorando significativamente a qualidade de vida dos pacientes (AHN et al., 2024).

#### 4 METODOLOGIA

Para a presente pesquisa, adotou-se o método dedutivo, de natureza aplicada que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos, também é de base exploratória onde se analisa uma determinada ação efetiva em um grupo de pesquisa (SANTOS, 2002). A abordagem fundamentou-se em pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório, teve como objetivo embasar o referencial teórico, a partir do levantamento de publicações sobre os principais temas relacionados à investigação, como inovação, prospecção tecnológica, patentes, acidente vascular cerebral, fisioterapia, reabilitação neurológica, gameterapia, robótica e estimulação elétrica funcional. A partir dessa revisão da literatura, buscou-se compreender o estado da arte e as discussões conceituais relevantes, fornecendo um panorama amplo e fundamentado sobre os assuntos abordados. A pesquisa bibliográfica, conforme definida por Severino (2007), “[...] se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.” (SEVERINO, 2007, p. 122).

No que se refere especificamente à prospecção tecnológica, foi adotada também a pesquisa documental, visando ampliar as fontes e o embasamento da investigação. Neste tipo de pesquisa, os documentos utilizados “[...] ainda não tiveram nenhum tratamento analítico, são ainda matéria-prima, a partir da qual o pesquisador vai desenvolver sua investigação e análise” (SEVERINO, 2007, p. 123).

A prospecção tecnológica foi conduzida exclusivamente em bases de dados de patentes, por meio da estratégia de busca por anterioridade, conforme proposta por Quintella et al. (2018).

Essa abordagem permite verificar o grau de novidade e o estado da técnica de determinadas invenções por meio da identificação de tecnologias já registradas e disponíveis no domínio público. Segundo os autores, a busca por anterioridade deve ser pautada na definição clara dos critérios e parâmetros de busca, os quais podem ser aplicados a diferentes campos do documento (título, resumo, reivindicações ou conteúdo completo). O processo exige a compreensão das características da tecnologia em análise, bem como a escolha criteriosa das palavras-chave e a identificação das áreas tecnológicas envolvidas, com o auxílio de sistemas de classificação como a Classificação Internacional de Patentes (IPC). (QUINTELLA et al., 2018).

Para esta pesquisa, foram utilizados os seguintes códigos da IPC, por estarem relacionados a tecnologias de reabilitação, dispositivos médicos, fisioterapia e soluções digitais aplicadas à saúde: A61H (Aparelhos para fisioterapia), A61B (Diagnóstico; cirurgia; identificação), A61F (Filtros implantáveis; próteses; dispositivos para estomia), A61N (Aparelhos de terapia física), G06F (Computação digital), A63B (Equipamentos de exercícios físicos e treinamento), B25J (Manipuladores; robôs), H04R (Transmissão e recepção de som).

Foram realizadas buscas nas seguintes bases de patentes, como mostrado na Tabela 1:

**Tabela 2 – Base de dados utilizadas na busca de patentes.**

Base de Dados de Patentes	Característica	Acesso
WIPO - World Intellectual Property Organization	Gratuita e Internacional	<a href="https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf">https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf</a>
ESPACENET	Gratuita e Internacional	<a href="https://worldwide.espacenet.com/">https://worldwide.espacenet.com/</a>
INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial	Gratuita e Nacional	<a href="https://busca.inpi.gov.br/pePI/">https://busca.inpi.gov.br/pePI/</a>

Fonte: os autores.

As buscas foram realizadas com os seguintes palavras-chave:

- Em português (INPI): Acidente Vascular Cerebral, Fisioterapia, Estimulação Elétrica Funcional, Realidade Virtual, Robótica e Gameterapia.
- Em inglês (WIPO e ESPACENET): Stroke, Physiotherapy, Functional Electrical Stimulation, Virtual Reality, Robot, Robotics e Game therapy.

As buscas foram realizadas entre março e maio de 2025, utilizando combinações específicas de palavras-chave (strings), baseadas na literatura e nas classificações da IPC. Os filtros aplicados incluíram o período de publicação de 01/01/2015 a 01/03/2025, em documentos com conteúdo nos campos de título ou resumo.

A Tabela 2 - Resultados de patentes por string de busca nas bases de patentes, apresenta uma visão consolidada dos resultados obtidos nas bases WIPO e ESPACENET, de acordo com os temas de interesse da pesquisa. Esses dados evidenciam a quantidade de patentes depositadas relacionadas à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com AVC, a partir de diferentes abordagens tecnológicas.

**Tabela 3 – Resultados de patentes por string de busca nas bases de patentes**

String de Busca	WIPO	ESPACENET

Stroke and Physiotherapy	60	57
Stroke and Rehabilitation and Physiotherapy	31	24
Functional Electrical Stimulation and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	41	21
Virtual Reality and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	31	22
Robot or Robotics and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	90	71
Game Therapy and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	6	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor nas bases WIPO e ESPACENET (2025).

Cabe destacar que, na base nacional INPI, embora tenham sido utilizadas as mesmas strings de busca e filtros temporais, não foram encontradas patentes que atendessem aos critérios estabelecidos, indicando uma baixa representatividade nacional no recorte temático investigado. Esse dado reforça a importância de uma análise internacional para identificar tendências tecnológicas relevantes no campo da fisioterapia aplicada à reabilitação neurológica.

Após o levantamento inicial, foram identificadas 455 patentes. A partir da string Stroke and Rehabilitation and Physiotherapy, realizou-se uma filtragem inicial que resultou em 55 patentes. Em seguida, foi conduzido um refinamento qualitativo por duas fisioterapeutas especialistas da área — Karolinna Ferreira Lopes e Nauane de Oliveira Lima, do Centro Integrado de Terapia Neurológicas LTDA, empresa apoiadora e interessada nos resultados desta dissertação. Esse processo resultou na seleção de 10 tecnologias para análise detalhada, descrita na sessão 5 - Tecnologias Selecionadas: Descrição e Potencial de Aplicação na Reabilitação Pós-AVC. Dessas, três inventores gentilmente responderam ao pedido de informações enviado por e-mail, permitindo a coleta de dados qualitativos sobre:

- Nível de prontidão tecnológica (Technology Readiness Level – TRL);
- Intenção de comercialização e empresas/parceiros envolvidos;
- Desafios técnicos ou regulatórios enfrentados;
- PÚblico-alvo originalmente previsto para a aplicação da tecnologia.

O objetivo dessa etapa foi identificar o nível de maturidade tecnológica (Technology Readiness Level - TRL), as perspectivas de comercialização, os desafios técnicos ou regulatórios enfrentados e o público-alvo das inovações. As respostas obtidas foram posteriormente analisadas e apresentadas na seção 6 - Prospecção Tecnológica e Análise de Maturidade (TRL), contribuindo para uma compreensão mais aprofundada sobre o potencial de aplicação prática e de patenteabilidade das tecnologias identificadas.

## 5 TECNOLOGIAS SELECIONADAS: DESCRIÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NA REABILITAÇÃO PÓS-AVC

Neste capítulo, são apresentadas e descritas em detalhe as dez tecnologias selecionadas a partir do refinamento qualitativo de 55 patentes extraídas das bases de dados, por meio da string de busca "Stroke AND Rehabilitation AND Physiotherapy" e a seleção final foi realizada com o apoio de duas especialistas na área de fisioterapia, como mencionado na sessão de metodologia.

Essas tecnologias representam inovações relevantes para o campo da fisioterapia neurofuncional e foram escolhidas com base em sua aplicabilidade clínica, originalidade e potencial de contribuição para a reabilitação de pacientes com sequelas neurológicas, especialmente após Acidente Vascular Cerebral (AVC). Além da descrição técnica, este capítulo busca traduzir as informações para uma linguagem acessível a profissionais da área da saúde, ressaltando o objetivo terapêutico de cada patente, seu funcionamento básico e os recursos tecnológicos envolvidos.

A seleção, tabela 3, contempla dispositivos baseados em realidade virtual, estimulação elétrica funcional, exoesqueletos, robótica, demonstrando a diversidade de abordagens voltadas à recuperação funcional de membros superiores e inferiores, com foco em tecnologias assistivas e interativas.

**Tabela 4 – 10 Tecnologias selecionadas para análise detalhada**

	<b>Código da Patente</b>	<b>Tipo de Tecnologia</b>	<b>Descrição Resumida</b>
1	US20200393905	Interface homem-máquina com FES e feedback multissensorial	Sistema vestível que combina captação e estimulação elétrica, com integração à realidade virtual e controle remoto de dispositivos.
2	US20240390675	Estimulação sensorial adaptativa	Estimulação elétrica em nervos periféricos com ajuste em loop fechado, baseada em biomarcadores e desempenho motor.
3	KR101991435	Dispositivo	Combina exercícios articulares

		mecânico + FES	motorizados com estimulação elétrica sincronizada para reabilitação funcional.
4	CN117982858	Realidade virtual com feedback vibratório	Sistema com luva sensorizada e feedback tátil por vibração sincronizado com ações em RV.
5	CN110706776	Realidade virtual + análise de dados	Sistema baseado em RV com coleta de dados fisiológicos e planos personalizados com supervisão remota.
6	WO202308795 4	RV imersiva + robótica esférica	Treino funcional com robô esférico e ambiente virtual, focado na recuperação de membros superiores.
7	CN115444717	Interface cérebro-computador (BCI) + robótica + RV	Controle de robôs por sinais EEG a partir de imaginação motora em ambientes virtuais.
8	CN116531003	EMG + FES simultâneos	Sistema que permite aquisição limpa de sinais EMG durante aplicação de FES, com filtragem de ruído.
9	CN113183119	Exoesqueleto de membros inferiores	Robô vestível baseado em atuadores flexíveis para reabilitação da marcha e força muscular.
10	RU0002830938	Conteúdo de RV personalizado	Exibe clipes em RV adaptados à resposta fisiológica do paciente, promovendo imaginação motora ativa.

Fonte: os autores.

As descrições das tecnologias apresentadas neste capítulo foram elaboradas com base na leitura e interpretação dos resumos e conteúdos técnicos disponibilizados nas bases de dados de patentes WIPO e Espacenet (WIPO, 2025; ESPACENET, 2025), e que servem de base para análise posterior quanto ao nível de maturidade tecnológica (TRL), à viabilidade de aplicação

clínica, e ao potencial de transferência para a prática fisioterapêutica no contexto da reabilitação neurológica.

### 5.1 US20230214022 – WEARABLE ELECTRONIC HAPTIC FEEDBACK SYSTEM FOR VR/AR AND GAMING

A presente invenção descreve um sistema vestível de interface homem-máquina haptica (HHMI) que combina captação e estimulação elétrica para fins terapêuticos, educacionais e de entretenimento, com aplicações em reabilitação neurológica, especialmente em pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) e lesões medulares.

O sistema é composto por eletrodos endereçáveis individualmente, integrados a dispositivos eletrônicos vestíveis como luvas, braçadeiras ou orbes tátteis, capazes de captar sinais bioelétricos (EMG/EEG) e aplicar sinais elétricos modulados em músculos e nervos do usuário. A captação ocorre por meio da leitura da atividade elétrica muscular (EMG-eletromiografia) ou neural (EEG - eletroencefalograma), enquanto a estimulação fornece feedback sensorial tático sincronizado com estímulos visuais e auditivos gerados em ambientes de realidade virtual ou realidade aumentada (AR).

A interface HHMI permite que os sinais elétricos aplicados gerem contrações musculares involuntárias, cuja intensidade e duração variam conforme os parâmetros dos sinais, podendo simular forças físicas como peso ou impacto, além de modular sensações de toque, pressão e vibração. Isso possibilita a estimulação sensorial e proprioceptiva com base nas ações executadas pelo usuário ou em resposta a eventos programados.

O sistema também pode transmitir os sinais captados a dispositivos remotos, como robôs, drones ou próteses, permitindo o controle remoto de máquinas por meio de intenções motoras do usuário. Além disso, há potencial aplicação para terapias cognitivas, alívio da dor, reabilitação de tremores, treinamento acelerado e participação remota em eventos – conceito este denominado pela patente como remotality, ou seja, a percepção de uma realidade que ocorre remotamente no tempo, no espaço ou na forma física.

Do ponto de vista técnico, destaca-se a capacidade do sistema de sincronizar a estimulação elétrica com feedback audiovisual, promovendo uma experiência multisensorial imersiva e personalizada, o que pode aumentar a motivação e o engajamento dos pacientes durante sessões de reabilitação. Esse tipo de solução representa uma inovação significativa na convergência entre neurotecnologia, reabilitação funcional e interfaces computacionais avançadas.

## 5.2 US20240390675 – METHODS AND APPARATUSES FOR IMPROVING PERIPHERAL NERVE FUNCTION

A patente US20240390675 descreve um sistema inovador de estimulação elétrica sensorial dos nervos periféricos, com o objetivo de melhorar a função motora de pacientes com sequelas neurológicas, como aquelas causadas por AVC, lesões cerebrais traumáticas ou outras condições. Essa tecnologia também pode ser aplicada para o aperfeiçoamento do desempenho motor de pessoas saudáveis, como atletas ou jogadores profissionais.

O método baseia-se em um sistema vestível, como uma pulseira, luva ou palmilha inteligente, que aplica estimulação elétrica de baixa intensidade (geralmente imperceptível ou quase imperceptível) nos nervos periféricos — especialmente os localizados nos membros superiores, como os nervos radial, mediano e ulnar.

O diferencial do sistema está no controle em loop fechado, ou seja, os parâmetros da estimulação (como intensidade, frequência e duração) são ajustados automaticamente com base em biomarcadores fisiológicos, como a atividade cerebral medida por eletroencefalograma, e em indicadores de desempenho funcional, como o tempo de reação ou a precisão em tarefas motoras (ex: movimentação de dedos durante jogos ou exercícios manuais).

Durante o uso, o paciente realiza tarefas de treinamento motor ou cognitivas, que podem ser integradas a jogos, promovendo o engajamento e a motivação. O sistema coleta dados constantemente, ajustando a estimulação para otimizar os efeitos da terapia. Esse processo visa estimular a plasticidade neural, ou seja, a capacidade do cérebro de reorganizar suas conexões, favorecendo a recuperação da função motora.

Além do uso clínico, essa tecnologia pode ser aplicada em contextos educacionais, reabilitação cognitiva, controle remoto de dispositivos e treinamento de habilidades motoras finas. O sistema também pode emitir sinais táteis, auditivos ou visuais para garantir que o usuário perceba que o dispositivo está ativo, mesmo que a estimulação elétrica não seja sentida diretamente.

## 5.3 KR101991435 – REHABILITATION THERAPY DEVICE COMBINING JOINT EXERCISE THERAPY AND FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION

A patente KR101991435 descreve um dispositivo de reabilitação desenvolvido para pacientes com hemiplegia decorrente de lesões cerebrais ou AVC, que combina terapia de movimento articular com FES para promover a recuperação funcional de membros afetados, principalmente punhos e articulações.

O sistema é composto por duas estruturas principais chamadas "suportes" que envolvem a articulação a ser tratada (um suporte inferior e outro superior), conectadas por uma dobradiça (hinge) que permite o movimento de rotação controlada. Essa movimentação é realizada por um mecanismo motorizado, que simula o movimento natural da articulação. Ao mesmo tempo, eletrodos aplicam estímulos elétricos nos músculos ao redor da articulação, promovendo contrações musculares ativas sincronizadas com o movimento induzido mecanicamente.

O sistema também conta com sensores para medir ângulo de rotação, velocidade e tempo de movimentação, permitindo o ajuste preciso dos parâmetros de estímulo (intensidade e duração) conforme o avanço da reabilitação. A estimulação é aplicada de forma controlada, em pontos específicos do movimento, o que ajuda a sincronizar o estímulo neural com o movimento físico, favorecendo a plasticidade neuromuscular e a recuperação motora.

Esse tipo de abordagem busca resolver limitações comuns em terapias convencionais, como a dependência de sessões presenciais com terapeutas, custos elevados com atendimentos individuais e a dificuldade de personalizar o tratamento às características fisiológicas do paciente. Ao unir movimento físico passivo com contrações musculares ativas induzidas eletricamente, o dispositivo propõe uma alternativa mais eficaz e autônoma, que pode otimizar os ganhos motores durante o período crítico de recuperação neurológica após o AVC.

#### **5.4 CN117982858 – VR STROKE NERVE REHABILITATION TRAINING SYSTEM AND METHOD BASED ON VIBRATION TACTILE FEEDBACK**

A presente tecnologia descreve um sistema de reabilitação neurológica voltado para pacientes pós-AVC, que integra recursos de RV com feedback tático por vibração. O sistema é composto por uma luva de reabilitação equipada com sensores de movimento e dispositivos de vibração, um capacete de RV, um controlador central e uma interface homem-máquina.

Durante o treinamento, o paciente executa ações motoras por meio de jogos desenvolvidos em ambiente virtual tridimensional. Os sensores capturam os movimentos das mãos em tempo real, enquanto os dispositivos de feedback vibratório fornecem estímulos táticos sincronizados com as ações realizadas. Além disso, o sistema é capaz de coletar sinais de ondas cerebrais durante o processo de reabilitação, possibilitando ajustes personalizados de dificuldade e conteúdo com base na resposta neurofisiológica do usuário.

A solução proposta permite sessões de reabilitação contínuas, mesmo fora de ambientes clínicos especializados, com personalização do plano terapêutico e estímulo à adesão por meio de estratégias lúdicas. Ao incorporar elementos de gamificação, feedback sensorial multicanal

e monitoramento neural, a tecnologia visa promover maior engajamento do paciente, estimular a neuroplasticidade e potencializar os resultados funcionais da reabilitação motora de membros superiores.

#### 5.5 CN110706776 – STROKE REHABILITATION TRAINING SYSTEM BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY AND APPLICATION METHOD THEREOF

A tecnologia descrita nesta patente apresenta um sistema de treinamento para reabilitação de pacientes pós-AVC baseado em RV, com o objetivo de substituir equipamentos tradicionais e oferecer uma alternativa mais acessível e eficiente. O sistema é composto por três módulos principais: um módulo de hardware vestível para medição, que inclui sensores de eletromiografia e detectores de tendências de saúde cardíaca e cerebral; um módulo de dispositivo cliente com software de análise de big data pré-instalado; e um módulo de realidade virtual, também vestível, que permite a interação entre paciente e ambiente simulado.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte forma: os sensores coletam sinais fisiológicos que são enviados ao módulo cliente, onde são processados e analisados para gerar um plano de treinamento personalizado. Este plano é então transmitido ao módulo de RV, que simula o ambiente de treino e orienta o paciente por meio de estímulos visuais e interativos. O sistema ainda possibilita a comunicação remota com profissionais de saúde via vídeo, permitindo supervisão e ajustes em tempo real, otimizando o uso do tempo dos terapeutas e possibilitando o atendimento simultâneo de múltiplos pacientes.

Essa abordagem inovadora visa superar limitações de métodos convencionais, como dependência de equipamentos volumosos, custo elevado, necessidade de deslocamento até centros de reabilitação e a subjetividade na avaliação do progresso dos pacientes. O uso de big data torna os planos mais personalizados e baseados em evidências, enquanto a imersão promovida pela RV estimula maior engajamento do paciente no processo de reabilitação.

#### 5.6 WO2023087954 – UPPER LIMB REHABILITATION TRAINING SYSTEM FOR STROKE PATIENT

A patente descreve um sistema de reabilitação do membro superior voltado para pacientes com sequelas de AVC, que utiliza tecnologia de realidade virtual imersiva integrada a um dispositivo robótico esférico. O paciente utiliza um visor de realidade virtual montado na cabeça (Head-Mounted Display – HMD), um equipamento semelhante a óculos ou capacete, que projeta um ambiente virtual tridimensional e interativo. Através desse dispositivo, o

paciente visualiza um cenário virtual em primeira pessoa, como se estivesse dentro do ambiente, promovendo uma experiência imersiva durante o treino.

Dentro desse ambiente virtual, o paciente interage com um objeto esférico (robô esférico), utilizando o braço afetado pelo AVC. As tarefas propostas incluem empurrar a esfera para frente, para o lado saudável e para o lado afetado. Essas ações têm objetivos terapêuticos específicos, como estimular o alcance funcional do membro superior, promover o deslocamento do centro de gravidade, inibir espasticidade (espasmos) e fortalecer a musculatura comprometida.

O sistema também permite treinos com movimentos seletivos, como a pronação e supinação do antebraço, que são essenciais para a recuperação da funcionalidade manual. A abordagem combina estímulo multissensorial (visual, auditivo e tátil) com atividades motoras, aproveitando o potencial de neuroplasticidade do cérebro pós-AVC. Ao engajar o paciente em tarefas significativas e com retorno sensorial, a tecnologia busca maximizar os ganhos funcionais e a motivação para o tratamento.

#### **5.7 CN115444717 – LIMB FUNCTION REHABILITATION TRAINING METHOD AND SYSTEM BASED ON BRAIN-COMPUTER INTERFACE**

A patente descreve um sistema inovador de reabilitação funcional de membros, que combina tecnologia de interface cérebro-computador (Brain-Computer Interface – BCI) com realidade virtual e robótica. O método proposto busca integrar sinais eletroencefalográficos (EEG) — coletados a partir da imaginação motora do paciente — com um robô de reabilitação de membros, permitindo que os comandos mentais sejam interpretados em tempo real e utilizados para controlar dispositivos terapêuticos.

O processo inicia com a criação de um cenário virtual imersivo, no qual o paciente realiza tarefas de reabilitação simuladas. Durante essas atividades, sinais cerebrais relacionados à imaginação de movimento dos membros são captados por um dispositivo EEG e decodificados. Esses sinais são comparados com padrões previamente definidos, e, quando reconhecidos como uma intenção motora válida, são traduzidos em comandos para movimentar o robô de reabilitação, promovendo o movimento físico do membro correspondente.

Diferente das abordagens tradicionais, nas quais o paciente assume papel passivo e o terapeuta controla o movimento, o sistema proposto favorece a participação ativa do paciente, estimulando diretamente a reorganização de circuitos neurais e a plasticidade cortical. Além

disso, a interface EEG permite acompanhamento em tempo real da resposta cerebral, fornecendo feedback imediato e possibilitando ajustes dinâmicos no treino.

Entre os diferenciais técnicos, destaca-se o uso de métodos avançados para eliminação de artefatos nos sinais EEG (como interferências de movimento ocular e muscular) por meio de codificadores automáticos esparsos em pilha (stacked sparse autoencoders). O sistema também dispõe de módulos específicos para treinamento inicial, atualização em tempo real dos dados neurais, e simulações online, o que confere flexibilidade e personalização ao processo terapêutico.

Ao associar imaginação motora, controle cognitivo e execução robótica, essa solução proporciona ganhos funcionais mais eficientes em pacientes com sequelas motoras pós-AVC, especialmente na reabilitação de punho e mão. A abordagem é não invasiva, baseada em aprendizado individualizado e visa otimizar o engajamento e os resultados clínicos da reabilitação neurológica.

### **5.8 CN116531003 – SURFACE MYOELECTRICITY ACQUISITION SYSTEM UNDER FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION**

A presente invenção descreve um sistema integrado voltado à reabilitação neuromuscular, que permite a aquisição de sinais eletromiográficos de superfície (EMG) mesmo durante a aplicação de FES. O sistema é composto por módulos de interação homem-máquina, controle central, aquisição de sinais EMG, geração de estimulação elétrica, gerenciamento de energia, além de eletrodos e um módulo de comutação rápida de canais.

A tecnologia resolve uma das principais limitações de dispositivos convencionais: a interferência da corrente de estimulação elétrica nos sinais eletromiográficos, que dificulta a análise precisa do estado funcional muscular. Para isso, o sistema propõe uma solução híbrida de hardware e software. Durante os intervalos dos pulsos de estimulação, relés de alta velocidade comutam os canais de aquisição para capturar os sinais EMG com maior fidelidade, evitando a saturação do circuito amplificador causada pela sobreposição dos sinais de estimulação. Posteriormente, algoritmos de filtragem digital removem os resíduos de interferência elétrica, permitindo a análise de um sinal limpo.

O sinal EMG obtido pode ser utilizado para avaliar a condição funcional de grupos musculares ou nervos periféricos e também servir como feedback para modular em tempo real a aplicação da FES, promovendo uma reabilitação personalizada e inteligente.

Esse sistema é especialmente aplicável à reabilitação de pacientes com AVC ou lesão medular, proporcionando ganhos clínicos relevantes ao possibilitar a associação entre monitoramento fisiológico em tempo real e controle terapêutico adaptativo, o que favorece a plasticidade neural e a recuperação funcional.

#### 5.9 CN113183119 – WEARABLE LOWER LIMB EXOSKELETON ROBOT BASED ON ROPE-DRIVEN REDUNDANT FLEXIBLE DRIVERS

A presente invenção descreve um robô exoesqueleto vestível desenvolvido para os membros inferiores, estruturado com base em atuadores flexíveis redundantes acionados por cabos. O sistema é composto por duas estruturas exoesqueléticas simétricas — uma para cada perna — sendo cada uma constituída por dois atuadores flexíveis de entrada múltipla, duas estruturas de fixação (tipo bandagem) e uma base plantar.

Cada atuador de entrada múltipla consiste em dois atuadores flexíveis interligados por cabos, que juntos permitem gerar movimentos com grau de liberdade rotacional. As unidades atuadoras são conectadas por um dispositivo mecânico intermediário, possibilitando a sincronização e coordenação dos movimentos. Uma das estruturas de bandagem é conectada diretamente ao atuador flexível, enquanto a outra é fixada ao dispositivo mecânico. A base plantar (ou palmilha) é integrada ao sistema por meio de um suporte adaptador conectado ao segundo atuador flexível.

Além da aplicação no campo militar — onde o sistema pode auxiliar soldados a melhorar a capacidade de locomoção durante missões de longa duração —, o robô também apresenta significativa aplicabilidade na reabilitação funcional de pacientes com sequelas motoras, especialmente aqueles acometidos por AVC. Neste contexto, o dispositivo pode oferecer suporte à marcha e à recuperação motora de membros inferiores, promovendo ganhos em força, controle e eficiência do movimento durante o processo fisioterapêutico.

#### 5.10 RU0002830938 – METHOD FOR REHABILITATION OF PATIENTS WITH MOTOR ACTIVITY DISORDERS USING PERSONALIZED CONTENT OF VIRTUAL REALITY CLIPS

A presente invenção insere-se no campo da medicina, com ênfase nas áreas de neurologia e reabilitação, especialmente em abordagens restaurativas que combinam mecanoterapia, fisioterapia, ortopedia e biofeedback para pacientes acometidos por acidente vascular cerebral (AVC).

O método proposto baseia-se na apresentação de clipes em realidade virtual (RV) que estimulam a imaginação motora de membros pareticos. O paciente assiste a esses clipes enquanto imagina os movimentos dos membros afetados, sendo monitorado por meio de sinais eletrofisiológicos (como EEG e resposta eletrodérmica), que refletem sua intenção e atividade motora imaginada. O sistema então adapta dinamicamente o conteúdo dos clipes de realidade virtual de acordo com as respostas individuais do paciente, promovendo uma experiência personalizada.

A adaptação é realizada por meio da avaliação da resposta motora e eletrodérmica de cada paciente a diferentes clipes. Os clipes que obtêm classificações abaixo de um limiar de eficácia predefinido são descartados, assegurando que apenas os conteúdos mais responsivos sejam mantidos no protocolo terapêutico. O processo de avaliação é repetido várias vezes para aumentar a significância estatística das classificações atribuídas a cada clipe.

Esse método supera limitações de abordagens anteriores que não consideravam a resposta individual ao conteúdo de realidade virtual, promovendo maior engajamento psicomotor e emocional do paciente, o que contribui para uma reabilitação mais eficiente e motivadora. Além disso, ao incorporar feedback biológico personalizado, o sistema visa otimizar a neuroplasticidade e a recuperação funcional do membro afetado, com potencial para maior eficácia clínica em comparação com técnicas tradicionais.

## 6 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E ANÁLISE DE MATURIDADE (TRL)

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de prospecção tecnológica por anterioridade, com foco na identificação e avaliação de tecnologias com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC. As tecnologias foram selecionadas a partir de buscas sistemáticas em bases de dados de patentes nacionais e internacionais, com o apoio de critérios de relevância clínica e técnica.

A seguir, cada uma das tecnologias escolhidas é analisada individualmente, com base em sua descrição técnica, estágio de desenvolvimento, resposta dos inventores e classificação segundo a escala TRL, que permite estimar o grau de maturidade tecnológica de cada inovação.

### 6.1 ANÁLISE DA PRIMEIRA TECNOLOGIA: “WEARABLE ELECTRONIC HAPTIC FEEDBACK SYSTEM FOR VR/AR AND GAMING”

A primeira tecnologia para análise nesta pesquisa refere-se à patente US20230214022, intitulada Wearable Electronic Haptic Feedback System for VR/AR and Gaming, de

titularidade do inventor John James Daniels. Essa invenção apresenta um sistema vestível de interface háptica multissensorial humano-máquina, desenvolvido com o objetivo de criar um canal de comunicação tátil entre o corpo humano e dispositivos digitais, como computadores, sistemas de realidade virtual, jogos interativos ou robôs.

Em termos simples, trata-se de uma tecnologia que pode captar sinais elétricos dos músculos do usuário, processá-los em tempo real e, com base neles, gerar estímulos elétricos ou táteis de volta ao corpo ou ao sistema conectado. A aplicação desse tipo de tecnologia é promissora para a reabilitação neurológica, especialmente em pacientes com sequelas motoras causadas por AVC, pois permite a repetição de movimentos, o fornecimento de estímulos direcionados e o monitoramento da resposta muscular.

A análise da patente, somada ao conteúdo dos vídeos demonstrativos, à apresentação técnica fornecida pelo inventor e à resposta enviada por e-mail, permitiu identificar as principais características técnicas do sistema:

- O dispositivo é composto por eletrodos, sensores de pressão, acelerômetros e transdutores hápticos, todos integrados a uma malha flexível que pode ser vestida como uma luva ou manga.
- Os sinais captados dos músculos (eletromiografia – EMG) são analisados por um microprocessador embarcado, que define, em tempo real, os estímulos a serem aplicados de volta ao corpo.
- A tecnologia já passou pela fase de desenvolvimento de múltiplos protótipos, com aplicações exploradas tanto para fins clínicos (reabilitação) quanto para entretenimento (jogos e realidade virtual).
- Segundo o inventor, não houve ainda ensaios clínicos controlados, e o produto também não possui registro junto à FDA (Food and Drug Administration), que é o órgão regulador norte-americano responsável por aprovar medicamentos, dispositivos médicos e alimentos antes que sejam comercializados nos Estados Unidos.
- O inventor também destacou que o sistema não conta com um código de reembolso, o que representa um obstáculo relevante para a adoção clínica. Nos Estados Unidos, para que um dispositivo médico seja coberto por seguradoras públicas ou privadas (como o Medicare, Medicaid ou convênios de saúde), é necessário que ele esteja associado a um código de procedimento ou tratamento reconhecido pelo sistema de reembolso. Sem esse código, o custo do tratamento

com a tecnologia deve ser assumido diretamente pelo paciente, o que limita significativamente seu uso no ambiente clínico.

Com base na documentação analisada e nos critérios estabelecidos pela escala TRL (Technology Readiness Level), a tecnologia foi classificada neste estudo no nível TRL 6:

- TRL 6 – Demonstração de um modelo ou protótipo de sistema em ambiente relevante. O sistema em questão possui protótipos funcionais que já foram testados em condições reais de uso, como simulações de reabilitação motora e aplicações em realidade virtual. No entanto, ainda não houve validação clínica nem aprovação regulatória.

A escolha desse nível também foi fundamentada na resposta direta do inventor, que declarou já ter desenvolvido versões operacionais do produto, mas que o projeto sofreu descontinuidade por conta da pandemia de COVID-19. Apesar disso, há intenção de retomada do desenvolvimento com foco nas aplicações clínicas e em gameterapia.

Por fim, a análise dessa tecnologia revela grande potencial de aplicação em fisioterapia neurológica e reabilitação pós-AVC, tanto como ferramenta de suporte à terapia presencial quanto como recurso para telereabilitação, promovendo motivação, feedback sensorial e repetição de movimentos funcionais.

## 6.2 ANÁLISE DA SEGUNDA TECNOLOGIA: “REHABILITATION THERAPY DEVICE COMBINING JOINT EXERCISE THERAPY AND FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION”

A segunda tecnologia selecionada para esta pesquisa foi a patente coreana KR101991435, registrada com o título Rehabilitation Therapy Device Combining Joint Exercise Therapy and Functional Electrical Stimulation, de autoria dos inventores Tae Ki Sik e Lee Hyun Ju, vinculados à Universidade Konkuk, na Coreia do Sul.

Trata-se de um dispositivo terapêutico de reabilitação motora para membros superiores, especialmente desenvolvido para atender pacientes com hemiplegia decorrente de AVC ou outras lesões cerebrais. O sistema combina duas abordagens terapêuticas em um único equipamento:

- A mobilização passiva contínua (CPM), realizada por um mecanismo articulado com dobradiça e controle de torque;
- A Estimulação Elétrica Funcional, responsável por ativar os músculos do paciente por meio de impulsos elétricos aplicados externamente, promovendo contrações voluntárias e contribuindo para a plasticidade neuromuscular.

Segundo o resumo técnico da patente, o diferencial da invenção está na integração física e funcional entre o sistema mecânico (de movimentação articular) e o sistema de estimulação elétrica. Essa sinergia entre os dois recursos tem o potencial de promover ganhos mais expressivos na recuperação funcional, ao estimular simultaneamente o movimento e a ativação muscular do membro afetado.

Contudo, conforme resposta enviada pelo próprio inventor ao contato realizado nesta pesquisa, o dispositivo encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento da nova versão que integra o FES ao sistema já existente. A versão original do equipamento (somente com o mecanismo pneumático de CPM) foi comercializada pela empresa Daesung Maref, sediada na Coreia do Sul. Entretanto, a versão combinada com estimulação elétrica ainda não foi submetida a testes clínicos nem disponibilizada no mercado.

De acordo com os critérios da escala TRL, e considerando as informações obtidas na análise documental e no contato com o inventor, esta tecnologia foi classificada no nível TRL 3, que corresponde à fase de prova de conceito experimental:

- TRL 3 – A função crítica e/ou as características da tecnologia são validadas por meio de análises e testes laboratoriais. Pode haver modelagem ou ensaios iniciais, mas ainda não há validação em ambiente relevante.

A ausência de avaliação clínica da integração com FES, a inexistência de testes funcionais com pacientes e a ausência de certificações regulatórias justificam essa classificação. Embora a base tecnológica (CPM pneumático) já exista e tenha sido comercializada, a combinação inovadora proposta pela patente ainda se encontra no estágio de concepção funcional e viabilidade técnica preliminar.

Essa análise demonstra que a referida invenção possui potencial futuro de aplicação na reabilitação neurológica pós-AVC, mas ainda demanda novos ciclos de desenvolvimento, testes clínicos e validações regulatórias antes de alcançar viabilidade de mercado e uso clínico real.

### 6.3 ANÁLISE DA TERCEIRA TECNOLOGIA: “METHODS AND APPARATUSES FOR IMPROVING PERIPHERAL NERVE FUNCTION”

A terceira tecnologia analisada nesta pesquisa corresponde à patente US20220280792, intitulada Methods and Apparatuses for Improving Peripheral Nerve Function, desenvolvida por pesquisadores vinculados à University of California e ao U.S. Department of Veterans

Affairs. O grupo de inventores inclui o Dr. Karunesh Ganguly e colaboradores, com experiência na interface entre neurociência, reabilitação funcional e estimulação elétrica.

A invenção propõe um sistema de estimulação elétrica sensorial (Sensory Electrical Stimulation - SES) com o objetivo de melhorar a função motora periférica, especialmente em indivíduos com déficits neurológicos decorrentes de AVC, lesões cerebrais traumáticas e outras condições neurológicas ou não neurológicas.

O sistema é composto por três componentes principais:

- Dispositivo de monitoramento de biomarcadores, que pode incluir sensores, eletrodos e gorros de EEG para captação da atividade neurológica e muscular.
- Unidade de estimulação terapêutica, que aplica a estimulação elétrica através de eletrodos controlados por algoritmos personalizados de tratamento.
- Interface de visualização e controle, que pode ser um tablet, smartphone ou computador, permitindo ajuste de parâmetros, feedback e registro de desempenho.
- Esse ecossistema é projetado para:
  - Aprimorar habilidades motoras finas e grossas, como coordenação olho-mão e controle de membros superiores;
  - Ser utilizado tanto para reabilitação neurológica quanto para treinamento físico e mental em pessoas saudáveis, como atletas e gamers;
  - Trabalhar com feedback em tempo real, individualizando o tratamento com base nos biomarcadores do paciente.

Em resposta ao contato feito durante esta pesquisa, o inventor informou que o desenvolvimento da tecnologia está atualmente suspenso, sem detalhamento sobre as razões ou previsão de retomada.

Não foram encontrados registros de comercialização, validação clínica ou aprovação regulatória (como FDA) para o sistema até o momento. A patente está protegida internacionalmente, com famílias correspondentes registradas na Europa, China e Japão.

Diante das informações coletadas e considerando os critérios da escala Technology Readiness Level (TRL), a presente tecnologia foi classificada como estando no TRL 3:

- TRL 3 – Prova de conceito analítica e experimental. Refere-se a tecnologias em estágio inicial de validação, onde os princípios básicos já foram formulados e demonstrados experimentalmente em ambiente controlado, mas ainda não há protótipos testados em contexto clínico ou real.

Essa classificação é justificada pelo fato de a proposta tecnológica estar claramente estruturada, com diagrama funcional e definição de componentes, porém sem evidência de protótipos prontos, testes clínicos ou aplicação prática validada. O desenvolvimento encontra-se suspenso, o que indica interrupção ou redirecionamento de recursos.

Apesar de ainda incipiente em termos de maturidade tecnológica, o sistema apresenta um alto grau de inovação conceitual, especialmente por integrar análise de biomarcadores, algoritmos de personalização de terapia e interfaces digitais móveis. O potencial de aplicação é considerável no contexto da reabilitação pós-AVC, tanto para clínicas especializadas quanto para estratégias de reabilitação.

#### 6.4 RESULTADO DA ANÁLISE DA TECNOLOGIAS

Com base na metodologia adotada nesta pesquisa, foi possível realizar uma prospecção tecnológica de anterioridade em bases de dados nacionais e internacionais de patentes, com foco em tecnologias com potencial aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC.

Ao todo, foram selecionadas dez tecnologias relevantes, das quais foram enviados questionários por e-mail aos respectivos inventores, com o objetivo de aprofundar a análise quanto ao estágio de desenvolvimento e maturidade de cada inovação. Dentre os inventores contatados, três responderam e suas tecnologias puderam ser analisadas individualmente com base na escala internacional TRL (Technology Readiness Level).

A análise revelou os seguintes níveis de maturidade tecnológica:

- Uma tecnologia encontra-se em estágio intermediário de desenvolvimento (TRL 6), com protótipos funcionais já testados em ambiente relevante;
- As duas demais tecnologias estão em fase inicial de desenvolvimento (TRL 3), com provas de conceito estruturadas, porém ainda sem validação clínica, comercialização ou aprovação regulatória.

Esse mapeamento evidencia que, embora haja um volume considerável de depósitos de patentes com potencial de aplicação na fisioterapia neurológica, grande parte dessas tecnologias ainda se encontra distante do uso clínico efetivo, demandando investimentos em pesquisa aplicada, ensaios clínicos e articulação com políticas públicas de inovação em saúde.

#### 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa realizou uma prospecção tecnológica de anterioridade com foco na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC, visando verificar o

potencial de patenteabilidade de tecnologias inovadoras aplicáveis ao contexto clínico. Os resultados obtidos estão diretamente relacionados aos objetivos específicos propostos e revelam avanços significativos na compreensão do panorama tecnológico atual da área.

Inicialmente, através do primeiro objetivo de identificar, por meio de revisão bibliográfica exploratória, inovações e tecnologias relevantes com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes pós-AVC, foi realizada uma ampla revisão da literatura científica, incluindo publicações acadêmicas e documentos técnicos, a qual permitiu mapear tecnologias emergentes como realidade virtual, estimulação elétrica funcional, robótica e gameterapia.

Esse mapeamento teórico contribuiu para o delineamento dos parâmetros de busca utilizados no segundo objetivo específico, realizar uma busca prospectiva sobre as tendências tecnológicas na reabilitação pós-AVC, com base em bases de dados nacionais e internacionais de patentes, onde a busca foi conduzida nas bases internacionais WIPO e Espacenet, e também na base nacional INPI, resultando em um total de 455 documentos encontrados. Após aplicação de filtros, 55 patentes foram analisadas preliminarmente e 10 foram selecionadas para estudo aprofundado. A ausência de patentes nacionais no recorte definido evidencia uma lacuna em inovações brasileiras para o tema e reforça a necessidade de estímulo à pesquisa e proteção intelectual no setor.

No terceiro objetivo, analisar qualitativamente documentos de patente relacionados às tendências tecnológicas emergentes na área, considerando sua viabilidade e aplicabilidade em contextos clínicos locais, foram analisadas 10 tecnologias com apoio de especialistas da área da fisioterapia, considerando critérios como aplicabilidade fisioterapêutica, viabilidade técnica e inovação. As descrições técnicas foram traduzidas para uma linguagem acessível, visando facilitar o entendimento por profissionais da saúde.

Além disso, através do último objetivo, foi possível verificar o potencial de patenteabilidade e o estágio de maturidade das tecnologias por meio da aplicação da escala TRL, conforme os critérios estabelecidos pela ISO 16290 (2013). Para tanto, foi elaborado um questionário enviado aos inventores das tecnologias selecionadas. Três deles responderam, fornecendo informações relevantes sobre o estágio de desenvolvimento, intenção de comercialização, parcerias institucionais e desafios enfrentados no processo de inovação. A partir dessas respostas, constatou-se que uma das tecnologias se encontra em nível TRL 6, o que indica a existência de protótipos testados em ambiente relevante, enquanto outras duas se encontram em TRL 3, caracterizando a fase de prova de conceito, ainda sem validação clínica.



Com isso, a pesquisa contribui para o avanço das discussões sobre inovação tecnológica em fisioterapia, especialmente no contexto da reabilitação neurológica, ao fornecer subsídios tanto para pesquisadores quanto para formuladores de políticas públicas e agentes de inovação.

Por fim, os achados revelam a necessidade de incentivos à validação clínica, regulamentação e integração das tecnologias ao sistema de saúde, além do estímulo à cooperação entre universidades, empresas e centros de reabilitação, como caminho para transformar patentes em soluções reais com impacto positivo na vida dos pacientes.

## REFERÊNCIAS

- ahn, S. Y., BOK, S. K., LEE, J. Y., RYOO, H. W., LEE, H. Y., PARK, H. J., OH, H. M., & KIM, T. W. (2024). Benefits of Robot-Assisted Upper-Limb Rehabilitation from the Subacute Stage after a Stroke of Varying Severity: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Journal of clinical medicine*, 13(3), 808. <https://doi.org/10.3390/jcm13030808>
- ALON, G.; LEVITT, A. F.; MCCARTHY, P. A. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: A pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, v. 21, p. 207–215, 5 2007. ISSN 1545-9683. 24, 26
- ARSIANTI, R. W.; ARIFIN, A. Rehabilitation for Gait Restoration Using Functional Electrical Stimulation. *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, v. 5, n. 2, p. 128-135, 31 May 2023.
- AUGUST, K., LEWIS, J.A., CHANDAR, G., MERIANS, A., BISWAL, B., ADAMOVICH, S. fMRI analysis of neural mechanisms underlying rehabilitation in virtual reality: activating secondary motor areas. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. v.1, n. 1, p.3692-3695, 2006.
- BAO, S. chun et al. Rewiring the lesioned brain: Electrical stimulation for post-stroke motor restoration. *Journal of Stroke*, v. 22, p. 47–63, 1 2020. ISSN 2287-6391. 24
- BARRECA SDPT, SIGOUIN CS, LAMBERT C, ANSLEY B. Effects of extra training on the ability of stroke survivors to perform an independent sit-to-stand: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther*. 2004; 27(2):59-64.
- CALAFIORE, D.; NEGRINI, F.; TOTTOLI, N.; FERRARO, F.; OZYEMISCI-TASKIRAN, O.; DE SIRE, A. Eficácia do exoesqueleto robótico para reabilitação da marcha em pacientes com acidente vascular cerebral subagudo: uma revisão sistemática. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 58, p. 1-8, 2022. DOI: 10.23736/S1973-9087.21.06846-5.
- CARCI. Gameterapia: é possível reabilitar pacientes utilizando games?. [s.d.]. Disponível em: <https://blog.carcioficial.com.br/gameterapia/>. Acesso em: abr. 2024
- CLINICA VICCO. FES fisioterapia: para que serve a estimulação elétrica funcional. 2023. Disponível em: <https://clinicavicci.com.br/fes-fisioterapia-usando-corrente-eletrica-para-recuperar-a-mobilidade/>. Acesso em: abr. 2024
- CRISTINA Rebecca. Gameterapia: como o método auxilia na recuperação dos pacientes?. 2022. Disponível em: <https://blogfisioterapia.com.br/gameterapia/>. Acesso em: Maio 2024
- DANTAS, M. T. A. P. et al. Gait Training with Functional Electrical Stimulation Improves Mobility in People Post-Stroke. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 9, p. 5728, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20095728>. Acesso em: 14 de julho 2024.
- DEHEM, S.; GILLIAUX, M.; STOQUART, G.; DETREMBLEUR, C.; JACQUEMIN, G.; PALUMBO, S.; FREDERICK, A.; LEJEUNE, T. Effectiveness of upper-limb robotic-assisted

therapy in the early rehabilitation phase after stroke: A single-blind, randomised, controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 62, n. 5, p. 313-320, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.002>. Acesso em: 24 jul. 2024.

DE PAULA PIASSAROLI, Cláudia Araújo et al. Modelos de reabilitação fisioterápica em pacientes adultos com sequelas de AVC isquêmico. *Revista Neurociências*, v. 20, n. 1, p. 128-137, 2012.

DOSI, Giovanni. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.

DURET, C.; GROSMAIRE, A.-G.; KREBS, H. I. Robot-Assisted Therapy in Upper Extremity Hemiparesis: Overview of an Evidence-Based Approach. *Frontiers in*

ELLIOT, Ligia G. *Instrumentos de avaliação e pesquisa: caminhos para a construção e validação*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2012.

ESPACENET – EUROPEAN PATENT OFFICE. Espacenet patent search. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

FERREIRA, Fernanda. Sistema robótico híbrido para reabilitação de membro superior de indivíduos pós-acidente vascular encefálico: design centrado no usuário. 2021. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

FREEMAN, C. “Introduction”, in Dosi, G. et alii (orgs.), *Technical change and economic theory*, Londres: Pinter Publishers, 1988.

FUKUDA Thiago. Pé Equino Precisa De Fisioterapia? 2023. Disponível em: <https://www.institutotrata.com.br/pe-equino/>. Acesso em: maio 2024

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, LUANA HECK. *Importância Da Fisioterapia Na Qualidade De Vida Dos Pacientes Pós Acidente Vascular Cerebral (AVC)*, 2022

HARMA, A. et al. Techniques and applications of wearable augmented reality audio. In: *Audio Engineering Society Convention Paper*, Amsterdam, Holanda, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (Brasil). Patente: da importância à sua proteção: patente de invenção e modelo de utilidade. Organização: Elizabeth Ferreira da Silva; revisão: Sérgio Bernardo. Rio de Janeiro: INPI, 2021. 28 p. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/CartilhaINPI\\_Patente\\_Daimportnciasuaproteo.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/CartilhaINPI_Patente_Daimportnciasuaproteo.pdf). Acesso em: 25 maio 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16290:2013 – Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment. Geneva: ISO, 2013.

KHAN Azka , Anna Podlasek & Fahad Somaa (2021): Virtual reality in poststroke neurorehabilitation – a systematic review and meta-analysis, *Topics in Stroke Rehabilitation*, DOI:10.1080/10749357.2021.1990468

KIRNER, C. E SISCOUTTO, R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. Porto Alegre: SBC, 2007. 202 p.

KOTTINK, A. I. R. et al. The orthotic effect of functional electrical stimulation on the improvement of walking in stroke patients with a dropped foot: A systematic review. *Artificial Organs*, v. 31, n. 2, p. 153–161, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1594.2007.00368.x>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LEMOS, C. (1999). Inovação na Era do Conhecimento. In: Lastres, H. M. M., & Albagli, S. (Orgs.). Informação e globalização na era do conhecimento (pp. 122-144). Rio de Janeiro: Campus.

MACEIRA-ELVIRA P, POPA T, SCHMID AC, HUMMEL FC. Wearable technology in stroke rehabilitation: towards improved diagnosis and treatment of upper-limb motor impairment. *J Neuroeng Rehabil*. 2019 Nov 19;16(1):142. doi: 10.1186/s12984-019-0612-y. PMID: 31744553; PMCID: PMC6862815.

MACIEJASZ, P. et al. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 11, n. 1, p. 3, 9 jan. 2014.

MALIK AN, TARIQ H, AFRIDI A, RATHORE FA. Technological advancements in stroke rehabilitation. *J Pak Med Assoc*. 2022 Aug;72(8):1672-1674. doi: 10.47391/JPMA.22-90. PMID: 36280946.

MARCO ADDED. Técnicas modernas de fisioterapia: inovação em tratamentos. 2023. Disponível em: <https://www.reabilitando.com.br/tecnicas-modernas-de-fisioterapia-inovacao-em-tratamentos/>. Acesso em: Maio 2024

MARQUEZ-CHIN, C., POPOVIC, M.R. Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review. *BioMed Eng OnLine* 19, 34 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00773-4>

MEHRHOLZ, J. et al. Systematic review with network meta-analysis of randomized controlled trials of robotic-assisted arm training for improving activities of daily living and upper limb function after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 17, n. 1, p. 83, dez. 2020.

MELLO, B. C. de C., & RAMALHO, T. F. Uso da realidade virtual no tratamento fisioterapêutico de indivíduos com Síndrome de Down. *Revista Neurociências*, 23(1), 143–149. 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Ministério da Saúde inclui no SUS tratamento para AVC isquêmico. gov.br. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt->

[br/assuntos/noticias/2023/dezembro/ministerio-da-saude-inclui-no-sus-tratamento-para-avc-isquemico](http://assuntos/noticias/2023/dezembro/ministerio-da-saude-inclui-no-sus-tratamento-para-avc-isquemico). Acesso em: fev. 2024.

NAMAGANDA, P.; NAKIBUUKA, J.; KADDUMUKASA, M.; KATABIRA, E. Stroke in young adults, stroke types and risk factors: a case control study. *BMC Neurology*, v. 22, n. 1, p. 335, 2022. DOI: 10.1186/s12883-022-02853-5.

NAKAMURA, R. et al. Comparison of functional electrical stimulation and ankle-foot orthosis for patients with stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, v. 32, n. 7, p. 106040, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2023.106040>

NEF, T. et al. Effects of Arm Training with the Robotic Device ARMin I in Chronic Stroke: Three Single Cases. *Neuro-degenerative diseases*, v. 6, p. 240–51, 1 nov. 2009.

OCDE/FINEP. Manual de Oslo: diretrizes para Coleta e Intepretação de dados sobre Inovação. 2005.

PEREZ, Amanda Maria da Conceição. Interface homem-máquina: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico. 2020. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

POPOVIÅLc, D. B. Advances in functional electrical stimulation (fes). *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 24, p. 795–802, 12 2014. ISSN 10506411. 23

PORTER, M. Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ROCHA, Gabriela Cornely. Aplicabilidade De Um Jogo Desenvolvido Em Realidade Virtual Para O Treino Do Membro Superior De Pacientes Pós Acidente Vascular Cerebral. 2021.

RUSSELL, M. et al. Comparing the gait effects of the orthotic and therapeutic effects of functional electrical stimulation and ankle-foot orthoses for people with stroke. *Physical Therapy*, v. 91, n. 12, p. 1819–1829, 2011. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100321>

QUINTELLA, C. M.; ALMEIDA, B. A. A.; SANTOS, W. P. C.; RODRIGUES, L. M. T. S.; HANNA, S. A. Busca de anterioridade. In: MOURA, N. (org.). *Prospecção tecnológica*. v. 1. Salvador: Instituto Federal da Bahia; FORTEC, 2018.

QUINTELLA, C. M.; MEIRA, M.; GUIMARÃES, A. K.; TANAJURA, A. S.; SILVA, H. R. G. da. Prospecção tecnológica como uma ferramenta aplicada em ciência e tecnologia para se chegar à inovação. *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq>. Acesso em: 25 maio 2025.

QUINTELLA, C. M. et al. Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: Volume I. Série Prospecção Tecnológica. Salvador: EDUFBA, 2017.

SANTOS, A. R. Metodologia Científica: a construção do conhecimento. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

SCHMIDT, M. H. et al. Acidente Vascular Cerebral e diferentes limitações: Uma análise interdisciplinar. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, Umuarama, v. 23, n. 2, p. 139-144, maio/ago. 2019.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper, 1975. (Originais publicados 1942. New York: Harper & Row, 1942).

SCHUMPETER, Joseph Alois. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1985. (Os Economistas).

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE AVC. Números do AVC no Brasil e no Mundo. *Acidente Vascular Cerebral*. 2019. Disponível em: <https://avc.org.br/sobre-a-sbavc/numeros-do-avc-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 08 fev. 2024.

SILVA, G. S. da; CARNEIRO, K. de C. L.; RODRIGUES, I. da C.; FREITAS, J. M.; ESPÍNDOLA, R. S.; RICCI, C. M.; CARAVINA, H. G.; BARELLI, L. A. B. C.; VIDAL, C. L. S.; SILVA, G. G. da; KASSOUF, D. C.; PINCA, A. C.; VIEIRA, J. A. I.; GASTALDI, G. N. V.; CAMARGO, A. F. J. Análise da incidência e mortalidade por acidente vascular cerebral no Brasil de 2018 à 2023. *Revista Contemporânea*, [S. l.], v. 4, n. 8, p. e5326, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N8-024. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/5326>. Acesso em: 23 mai. 2025.

TEFERTILLER, C.; PHARO, B.; EVANS, N.; WINCHESTER, P. Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, v. 48, n. 4, p. 387-416, 2011. DOI: 10.1682/jrrd.2010.04.0055. PMID: 21674390.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Patentscope. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>. Acesso em: 13 fev. 2025

## APÊNDICE A – 55 Tecnologias selecionadas para um refinamento qualitativo

	PUBLICATION NUMBER	PUBLICATION DATE	TITLE	BASE
1	CN243473065	21/05/2019	ACCURATE MIRROR IMAGE METHOD FOR FES INTENSITY OF UNILATERAL REHABILITATION OF STROKE PATIENTS	WIPO
2	CN243473162	21/05/2019	ACCURATE POSITIONING METHOD OF REHABILITATION FES SIGNAL FOR STROKE PATIENTS	WIPO
3	KR402821626	06/07/2023	FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION CONTROL DEVICE USING ELECTROMYOGRAPHY SIGNAL OF SYNERGISTIC MOVEMENT PATTERN AND METHOD THEREOF	WIPO
4	CN212699577U	16/03/2021	HAND FUNCTION REHABILITATION ASSIST DEVICE	Espacenet
5	CN376172779	27/09/2022	HAND FUNCTION REHABILITATION THERAPEUTIC APPARATUS WITH ACUPOINT AND THERMAL THERAPY FUNCTIONS FOR STROKE PATIENTS	WIPO
6	EP339774036	27/10/2021	HARDWARE/SOFTWARE SYSTEM FOR THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH COGNITIVE IMPAIRMENTS OF THE UPPER EXTREMITIES AFTER STROKE	WIPO
7	CN 115444717	09/12/2022	LIMB FUNCTION REHABILITATION TRAINING METHOD AND SYSTEM BASED ON BRAIN-COMPUTER INTERFACE	WIPO
8	CN297079500	09/06/2020	LOWER LIMB EXOSKELETON REHABILITATION DEVICE	WIPO
9	CN332051721	20/07/2021	LOWER LIMB WALKING POWER ASSISTING DEVICE FOR ASSISTING REHABILITATION	WIPO
10	RU441026506	01/10/2024	METHOD FOR COMPLEX CORRECTION OF MUSCULAR SPASTICITY IN PATIENTS IN EARLY RECOVERY PERIOD AFTER STROKE	WIPO
11	RU2706382C1	18/11/2019	METHOD FOR COMPLEX TREATMENT OF PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE IN THE ACUTE PERIOD AND AT THE STAGE OF EARLY REHABILITATION WITH APPLICATION OF INFRA-RED TERAHERTZ RADIATION	Espacenet
12	RU432119678	26/06/2024	METHOD FOR CORRECTION OF COORDINATION DISORDERS IN PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE	WIPO
13	RU445080637	24/12/2024	METHOD FOR DIAPHRAGM FUNCTION RECOVERY IN PATIENTS WITH HEMIPARESIS CAUSED BY STROKE	WIPO
14	WO2021118382	17/06/2021	METHOD FOR INCREASING THE EFFECTIVENESS OF ARM MOTOR REHABILITATION AFTER STROKE	WIPO
15	CN203400165	01/08/2017	METHOD FOR MANUFACTURING CLOSING SET FOR MIDDLE-AGED AND ELDERLY CEREBRAL STROKE HEMIPLEGIA BODIES	WIPO

16	RU309459979	15/10/2020	METHOD FOR MEDICAL REHABILITATION OF PATIENTS FOLLOWING ISCHEMIC STROKE (IS) WITH ACCOMPANYING URINATION DISORDERS	WIPO
17	RU2734335C1	15/10/2020	METHOD FOR MEDICAL REHABILITATION OF PATIENTS FOLLOWING ISCHEMIC STROKE (IS) WITH ACCOMPANYING URINATION DISORDERS	Espacetnet
18	RU436081511	18/07/2024	METHOD FOR REHABILITATION OF MOTOR DISORDERS IN VIRTUAL ENVIRONMENT WITH PERFORMING SEVERAL TASKS SIMULTANEOUSLY IN PATIENTS SUFFERING ISCHEMIC STROKE	WIPO
19	RU444084690	26/11/2024	METHOD FOR REHABILITATION OF PATIENTS WITH MOTOR ACTIVITY DISORDERS USING PERSONALIZED CONTENT OF VIRTUAL REALITY CLIPS	WIPO
20	RU391875399	31/01/2023	METHOD FOR REHABILITATION OF UPPER LIMBS OF STROKE PATIENTS, USING BIOLOGICAL FEEDBACK AND VIRTUAL REALITY ELEMENTS	WIPO
21	RU400192258	05/06/2023	METHOD FOR RESTORING THE FUNCTION OF WALKING AND BALANCE IN THE ACUTE PERIOD OF ISCHEMIC STROKE	WIPO
22	RU289023946	13/02/2020	METHOD OF MEDICAL REHABILITATION OF PATIENTS OF WORKING AGE IN EARLY RECOVERY PERIOD OF ISCHEMIC STROKE WITH ACCOMPANYING OBSTRUCTIVE CHRONIC RESPIRATORY SYSTEM DISTURBANCE OUTSIDE EXACERBATION	WIPO
23	RU425453133	19/02/2024	METHOD OF MULTIMODAL CORRECTION OF MOTOR AND COGNITIVE DISORDERS IN PATIENTS WHO HAVE SUFFERED ISCHEMIC STROKE	WIPO
24	RU241141489	04/04/2019	METHOD OF REHABILITATION AFTER TOTAL KNEE ENDOPROSTHESIS REPLACEMENT IN PATIENTS WITH SARCOPENIA	WIPO
25	RU0002830938	29/01/2018	METHOD OF REHABILITATION OF PATIENTS WITH POST-APOPLECTIC DISORDERS IN THE EARLY RECOVERY PERIOD	WIPO
26	RU432119679	26/06/2024	METHOD OF TREATING BIOMECHANICAL BALANCE DISORDERS IN PATIENTS WITH POST-STROKE HEMIPARESIS	WIPO
27	US20240390675	08/09/2022	METHODS AND APPARATUSES FOR IMPROVING PERIPHERAL NERVE FUNCTION	WIPO
28	CN199541112	01/02/2017	MOVEMENT IMAGERY BRAIN-COMPUTER INTERFACE-BASED HAND FUNCTION REHABILITATION METHOD	WIPO
29	CN237123674	29/01/2019	MULTI-MODAL STROKE UPPER LIMB REHABILITATION TRAINING SYSTEM BASED ON VIDEO MOTION CAPTURE	WIPO
30	CN312335761	17/11/2020	MYOELECTRICITY FEEDBACK INTELLIGENT ACUPUNCTURE PHYSIOTHERAPY INSTRUMENT	WIPO

31	CN276943656	08/11/2019	NOVEL REHABILITATION PHYSIOTHERAPY COUCH	WIPO
32	CN254180706	27/09/2019	PORTABLE HAND COLD AND HOT MICROCIRCULATION STIMULATION DEVICE	WIPO
33	CN444852821	13/12/2024	POST-STROKE HAND MOVEMENT FUNCTION REHABILITATION STATE EVALUATION SYSTEM AND METHOD AND TRAINING SYSTEM	WIPO
34	CN414537764	03/11/2023	POSTOPERATIVE REHABILITATION EVALUATION SYSTEM FOR CEREBRAL APOPLEXY AND TREATMENT METHOD OF POSTOPERATIVE REHABILITATION EVALUATION SYSTEM	WIPO
35	CN215350411U	31/12/2021	REHABILITATION PHYSIOTHERAPY COUCH SUITABLE FOR STROKE PATIENT	Espacenet
36	KR101991435	20/06/2019	REHABILITATION THERAPY DEVICE COMBINING JOINT EXERCISE THERAPY AND FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION	WIPO
37	CN240172435	15/03/2019	REHABILITATION TRAINING DEVICE BASED ON IMAGE THEORY	WIPO
38	CN445108998	24/12/2024	REHABILITATION TRAINING METHOD AND DEVICE FOR STROKE PATIENT	WIPO
39	CN275772712	22/10/2019	STROKE REHABILITATION SYSTEM AND CONTROL METHOD	WIPO
40	CN110706776	17/01/2020	STROKE REHABILITATION TRAINING SYSTEM BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY AND APPLICATION METHOD THEREOF	WIPO
41	KR409629987	18/09/2023	STROKE REHABILITATION TREATMENT SYSTEM AND METHOD USING MOVEMENT-RELATED BRAIN POTENTIAL AND VIRTUAL REALITY SIMULATION	WIPO
42	CN405899343	04/08/2023	SURFACE MYOELECTRICITY ACQUISITION SYSTEM UNDER FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION	WIPO
43	CN113183119	21/07/2021	WEARABLE LOWER LIMB EXOSKELETON ROBOT BASED ON ROPE-DRIVEN REDUNDANT FLEXIBLE DRIVERS	WIPO
44	WO2023087954	25/05/2023	UPPER LIMB REHABILITATION TRAINING SYSTEM FOR STROKE PATIENTS	WIPO
45	CN364719639	31/05/2022	VIRTUAL REALITY HUMAN BODY REHABILITATION TRAINING SYSTEM BASED ON IMU INERTIAL NAVIGATION SENSOR	WIPO
46	CN243473354	21/05/2019	VIRTUAL REALITY INTERACTIVE TRAINING REHABILITATION GLOVE BASED ON TOUCH FORCE DRIVE	WIPO
47	KR345009707	14/12/2021	VIRTUAL REALITY MIRROR THERAPY-BASED NEUROFEEDBACK SYSTEM FOR BRAIN ACTIVATION OF STROKE PATIENTS, AND METHOD THEREOF	WIPO
48	CN317118420	19/01/2021	VIRTUAL REALITY PELVIS CONTROL AND GRAVITY CENTER TRANSFER REHABILITATION TRAINING DEVICE	WIPO

49	CN117982858	07/05/2024	VR STROKE NERVE REHABILITATION TRAINING SYSTEM AND METHOD BASED ON VIBRATION TACTILE FEEDBACK	WIPO
50	CN407143277	29/08/2023	WALKING AID FOR GAIT CORRECTION TRAINING OF STROKE HEMIPLEGIC PATIENT	WIPO
51	US20230214022	17/12/2020	WEARABLE ELECTRONIC HAPTIC FEEDBACK SYSTEM FOR VR/AR AND GAMING	WIPO
52	CN333428075	30/07/2021	WEARABLE LOWER LIMB EXOSKELETON ROBOT BASED ON ROPE-DRIVEN REDUNDANT FLEXIBLE DRIVERS	WIPO
53	CN417844715	12/12/2023	WEARABLE PORTABLE ELECTRICAL STIMULATOR BASED ON FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION	WIPO
54	CN382739958	09/12/2022	WEARABLE REHABILITATION INSTRUMENT AND CONTROL METHOD THEREOF	WIPO
55	CN293544497	03/04/2020	WEARABLE STROKE PATIENT SHOULDER JOINT REHABILITATION THERAPEUTIC APPARATUS	WIPO

## APÊNDICE B – Template do email enviado aos inventores

Subject: Academic Inquiry Regarding Patent Related to Post-Stroke Rehabilitation

Dear [Last Name],

My name is Maria Augusta Lopes, and I am a master's student in the Graduate Program in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation (ProfNIT), affiliated with the Federal University of Pernambuco (UFPE), Brazil.

I am currently conducting research for my dissertation focused on mapping key technological innovations for the rehabilitation of patients with post-stroke sequelae, with a special emphasis on patented technologies. During my search in the WIPO database, I came across your patent titled “[Patent Title]” ([Patent Number]), which caught my attention due to its significant potential in the field of physiotherapy and neurological rehabilitation.

I would be very grateful if you could kindly provide some information to help me better understand the current status of this technology. Specifically, I am interested in insights regarding:

The current technology readiness level (e.g., concept, prototype, clinical validation, market-ready, etc.);

Whether there is an intention to commercialize or if any companies are currently involved as partners;

Any technical or regulatory challenges encountered during development;

The original target audience envisioned for the application of the technology.

Thank you very much for your time and congratulations on your invention. Should you be available for further discussion by email or, if you prefer, via video call or WhatsApp, I would be glad to arrange a convenient time.

Best regards,

Maria Augusta Lopes

Master's Student – ProfNIT – UFPE

[Your contact email]

[Optional: Phone/WhatsApp]

## **APÊNDICE C – Artigo submetido Revista de Ciência e Inovação - RCI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha**

V. 00 / 2025  
ISSN 0000-0000  
DOI 00.00000/0000-0000.0000.000

### **Prospecção tecnológica na fisioterapia neurológica: análise de maturidade de inovações aplicadas à reabilitação pós-AVC**

**Technological prospecting in neurological physiotherapy: analysis of the maturity of innovations applied to post-stroke rehabilitation**

**Prospección tecnológica en fisioterapia neurológica: análisis de la madurez de las innovaciones aplicadas a la rehabilitación post-ictus**

RECEBIDO EM 00/00/2024  
ACEITO EM 00/00/0000

### **RESUMO**

Este artigo apresenta uma prospecção tecnológica com foco na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-Accidente Vascular Cerebral (AVC), buscando identificar tecnologias com potencial de aplicação clínica e patenteabilidade. A metodologia adotada incluiu pesquisa bibliográfica, documental e análise de anterioridade em bases de dados de patentes internacionais (WIPO e ESPACENET), com filtros por palavras-chave e códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC). Foram localizadas 455 patentes, das quais 10 foram analisadas em profundidade. Inventores foram contatados por e-mail e três responderam, permitindo a aplicação da escala Technology Readiness Level (TRL). Os resultados mostraram que apenas uma das tecnologias encontra-se em estágio intermediário de maturidade (TRL 6), com protótipo funcional em ambiente relevante, enquanto as demais permanecem em fase inicial (TRL 3), sem validação clínica. A análise revelou um cenário de grande potencial, mas com barreiras à adoção clínica. Conclui-se que a prospecção tecnológica, associada à avaliação de maturidade, é estratégica para orientar investimentos, priorizar inovações e fortalecer a transferência de tecnologia na fisioterapia neurológica.

**PALAVRAS-CHAVE:** acidente vascular cerebral; fisioterapia; gameterapia; robô; robótica; estimulação elétrica funcional; prospecção tecnologia; inovação.

## ABSTRACT

This article presents a technological prospection focused on the physiotherapeutic rehabilitation of patients with post-stroke sequelae, aiming to identify technologies with potential for clinical application and patentability. The adopted methodology included bibliographic and documentary research, as well as prior art analysis in international patent databases (WIPO and ESPACENET), using keyword filters and International Patent Classification (IPC) codes. A total of 455 patents were located, of which 10 were analyzed in depth. Inventors were contacted by email, and three responded, allowing the application of the Technology Readiness Level (TRL) scale. The results showed that only one of the technologies was at an intermediate stage of maturity (TRL 6), with a functional prototype in a relevant environment, while the others remained at an initial stage (TRL 3), without clinical validation. The analysis revealed a scenario of great potential, but with barriers to clinical adoption. It is concluded that technological prospection, associated with maturity assessment, is strategic for guiding investments, prioritizing innovations, and strengthening technology transfer in neurological physiotherapy.

**KEYWORDS:** stroke; physiotherapy; game therapy; robot; robotics; functional electrical stimulation; technological prospection; innovation.

## RESUMEN

Este artículo presenta una prospección tecnológica centrada en la rehabilitación fisioterapéutica de pacientes con secuelas post-ACV, con el objetivo de identificar tecnologías con potencial de aplicación clínica y patentabilidad. La metodología adoptada incluyó investigación bibliográfica, documental y análisis de anterioridad en bases de datos de patentes internacionales (WIPO y ESPACENET), utilizando filtros por palabras clave y códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (IPC). Se localizaron 455 patentes, de las cuales 10 fueron analizadas en profundidad. Se contactó a los inventores por correo electrónico, y tres respondieron, lo que permitió aplicar la escala Technology Readiness Level (TRL). Los resultados mostraron que solo una de las tecnologías se encontraba en una etapa intermedia de madurez (TRL

6), con un prototipo funcional en un entorno relevante, mientras que las demás permanecían en una etapa inicial (TRL 3), sin validación clínica. El análisis reveló un escenario de gran potencial, pero con barreras para la adopción clínica. Se concluye que la prospección tecnológica, asociada a la evaluación de madurez, es estratégica para orientar inversiones, priorizar innovaciones y fortalecer la transferencia tecnológica en la fisioterapia neurológica.

**PALABRAS CLAVE:** accidente cerebrovascular; fisioterapia; gameterapia; robot; robótica; estimulación eléctrica funcional; prospección tecnológica; innovación.

## 1 Introdução

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou acidente vascular encefálico (AVE), popularmente conhecido como derrame ocorre quando vasos que levam sangue ao cérebro entopem ou se rompem, provocando a paralisia da área cerebral que ficou sem circulação sanguínea (Ministério da Saúde, 2024).

Sabe-se que o AVC pode ser classificado em dois tipos principais: isquêmico e hemorrágico. O AVC isquêmico ocorre quando uma oclusão em um vaso sanguíneo impede o fluxo de oxigênio e nutrientes para o cérebro, resultando na morte do tecido cerebral na área afetada. Esse bloqueio pode ser causado por coágulos sanguíneos (trombos) ou fragmentos que se deslocam da corrente sanguínea (êmbolos), levando à isquemia cerebral. A aterosclerose, uma condição onde há o acúmulo de placas nas paredes arteriais, é uma das principais causas de AVC isquêmico. Já o AVC hemorrágico é provocado pelo rompimento de um vaso sanguíneo cerebral, frequentemente causado por aneurismas ou traumas, o que resulta no extravasamento de sangue para áreas do cérebro, sendo fortemente relacionado à hipertensão. Ambos os tipos podem resultar em danos neurológicos severos e potencial risco de morte (De Paula Piassaroli *et al.*, 2012, p. 130).

O AVC é uma das condições mais incapacitantes do mundo, representando a segunda principal causa de morte em pessoas acima de 60 anos e a quinta entre indivíduos de 15 a 59 anos, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Além do impacto letal, o AVC gera implicações afetando diretamente a capacidade e a qualidade de vida do paciente, podendo tornar o indivíduo parcialmente ou totalmente incapaz de realizar suas atividades no cotidiano. (Schmidt, M. H. *et al.*, 2019, p. 139-144)

Geralmente, após receberem alta dos centros de reabilitação, 65% dos indivíduos ainda não apresentam recuperação motora completa e não conseguem envolver ativamente os membros afetados nas atividades de vida diária, indicando necessidade de intervenção mais intensiva. (Schmidt, M. H. *et al*, 2019)

O tratamento fisioterapêutico para pacientes que sofreram um AVC tem como objetivo principal maximizar a capacidade funcional e prevenir complicações secundárias, permitindo que o paciente recupere sua independência e qualidade de vida. O fisioterapeuta, como especialista clínico em movimento, avalia e implementa estratégias adequadas para cada indivíduo, considerando também os fatores sociais e psicológicos que impactam a recuperação (De Paula Piassaroli *et al.*, 2012, p. 130).

A fisioterapia desempenha um papel crucial na abordagem desses desafios, visando melhorar os distúrbios motores, sensoriais, cognitivos e emocionais. O tratamento é personalizado, avaliando força, resistência, amplitude de movimento, marcha e alterações sensoriais para atender às necessidades individuais de cada paciente (Gonçalves, Luana H, 2019).

A eficácia da prática fisioterapêutica se destaca quando realizada de forma consistente, utilizando meios essenciais de tratamento para enfocar na recuperação de funções perdidas, na melhoria da qualidade de vida e no retorno à independência nas atividades de vida diária. Dentre esses meios, por exemplo, treinos de transferência de peso e exercícios de "sentar e levantar" desempenha um papel crucial, facilitando o retorno à marcha com maior facilidade, aprimorando a execução e promovendo o controle postural. (Barreca SDPT, Sigouin CS, Lambert C, Ansley B, 2004)

Adicionalmente, a literatura sugere que pacientes com AVC se beneficiam de tratamento específico para tarefas, mas os resultados dependem da intensidade do exercício para uma recuperação ideal. As práticas de reabilitação convencionais muitas vezes não atendem aos requisitos necessários. Evidências recentes mostram que tecnologias, como por exemplo, realidade aumentada e sistemas assistidos por robôs, oferecem um ambiente seguro para treinamento intensivo em tarefas específicas. Esse tipo de treinamento pode provocar reorganização cerebral, difícil de alcançar com métodos convencionais de reabilitação (MALIK *et al.*, 2022).

No entanto, apesar do crescente desenvolvimento de tecnologias voltadas à reabilitação, muitas inovações ainda não alcançaram a fase de aplicação clínica, o que evidencia a necessidade de instrumentos que possibilitem avaliar o grau de maturidade

dessas tecnologias. A prospecção tecnológica, neste sentido, configura-se como uma metodologia fundamental para identificar soluções inovadoras, mapear tendências, apoiar decisões estratégicas e orientar investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Quintella *et al.*, 2011).

Este estudo tem como objetivo geral realizar uma prospecção tecnológica com foco na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC, a fim de verificar o potencial de patenteabilidade de tecnologias inovadoras aplicáveis ao contexto clínico. A questão que norteou este trabalho é: como a prospecção tecnológica por anterioridade pode contribuir para identificar inovações com potencial de aplicação na fisioterapia neurológica?

A estrutura deste artigo está organizada em cinco partes. Após esta introdução, a próxima seção apresenta o referencial teórico, onde foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório, com objetivo de embasar os principais temas relacionados aos avanços tecnológicos na fisioterapia. A terceira seção detalha a estratégia metodológica adotada no estudo. Na quarta seção, são expostos os resultados da pesquisa, seguidos pelas considerações finais, e, por último, as referências utilizadas.

## 2 Referencial teórico

### 2.1 Avanços tecnológicos na área da fisioterapia

Nos últimos anos, a fisioterapia tem passado por uma transformação significativa graças aos avanços tecnológicos.

As tecnologias modernas aplicadas à fisioterapia oferecem vários benefícios, incluindo uma recuperação mais rápida e eficiente, a prevenção de novas lesões, aumento da mobilidade e melhoria geral da qualidade de vida. Essas inovações complementam, em vez de substituir, as técnicas tradicionais, combinando o melhor dos dois métodos e ampliando as possibilidades de tratamento para atender às diversas necessidades dos pacientes. (Marco Added, 2023)

#### 2.2.1 Estimulação Elétrica Funcional - FES

A Estimulação Elétrica Funcional (do inglês, Functional Electrical Stimulation - FES) consiste na aplicação de pulsos elétricos nos músculos, induzindo contrações controladas (Popoviâlc, 2014). Recentemente, Popovic e Marquez-Chin (Marquez-Chin,

Popovic 2020) definiram a Terapia por Estimulação Elétrica Funcional (do inglês, Functional Electrical Stimulation Therapy - FEST) como uma terapia para auxiliar a habilidade motora indivíduos com deficiências neurológicas.

Estudos mostram que a FES pode beneficiar pessoas com sintomas do AVC e melhorar o aumento da força muscular aprimorando habilidades motoras de membros superiores e membros inferiores (Bao *et al.*, 2020).

A FES na fisioterapia emprega correntes elétricas de baixa intensidade para estimular ou reeducar os músculos, sendo aplicada em pessoas com deficiências neurológicas e fraqueza muscular (Clinica Vicco, 2023).

### 2.2.2 Gameterapia

A gameterapia, introduzida no Brasil em 2007 e reconhecida pelo Coffito - Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional desde 2015, é uma técnica de reabilitação que utiliza jogos virtuais para tornar as sessões mais dinâmicas e atraentes, através de sensores de movimento e realidade virtual, pode melhorar o condicionamento cardiovascular, coordenação motora, amplitude de movimento e equilíbrio. É uma terapia complementar, monitorada por fisioterapeutas, que não substitui os métodos convencionais, mas os complementam de forma lúdica e eficaz. Indicada para várias condições, incluindo lesões cerebrais, problemas ortopédicos e cardiopulmonares, a gameterapia aproveita a neuroplasticidade, ou seja, a capacidade de formar conexões neurais, para facilitar a recuperação de pacientes, inclusive de pós um AVC. (Cristina, 2022)

A gameterapia utiliza programas de videogame e softwares especialmente desenvolvidos, empregando sensores de movimento, como os do Nintendo e Xbox, e realidade virtual, como a do Playstation com óculos Realidade Virtual.

### 2.2.3 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite aos usuários visualizar, explorar e interagir com dados complexos em tempo real. Ela oferece uma forma sofisticada de interface, proporcionando uma sensação de envolvimento ao usuário, o que permite a navegação e interação em um ambiente tridimensional, utilizando vários dispositivos sensoriais (Kirner E Siscoutto, 2007).

Existem dois tipos principais de realidade virtual: imersiva e não imersiva. A

distinção entre eles está na utilização de tecnologias físicas - hardware - combinadas com tecnologias lógicas - software.

A RV imersiva, isola o usuário do mundo real e depende de recursos tecnológicos adicionais, como capacetes de realidade virtual, luvas ou até mesmo salas de projeção, que permitem a interação física entre o usuário e o sistema computacional (Harma, 2003).

Por outro lado, a RV não imersiva o usuário tem acesso ao ambiente virtual, sem se isolar do mundo real, os recursos tecnológicos são baseados em monitores e dispositivos mais simples, como por exemplo, mouse e controles de vídeo games, não exigindo equipamentos sofisticados (Harma, 2003). Ou seja, a realidade virtual não imersiva utiliza tecnologias que permitem ao usuário interagir com ambientes virtuais sem a sensação completa de estar fisicamente presente nesse ambiente.

### 2.2.3 Robótica

Os avanços na robótica possibilitaram o treinamento assistido por robôs como uma nova abordagem na reabilitação da marcha, com treino locomotor e dos membros superiores do indivíduo, onde o treinamento repetitivo e prolongado é essencial.

Atualmente, a terapia assistida por robôs ou terapia robótica (TR) é uma abordagem inovadora na reabilitação que utiliza dispositivos robóticos para auxiliar a recuperação motora. Esses dispositivos permitem a prática intensiva, repetitiva, interativa, individualizada, adaptável e quantificável de tarefas motoras. A TR é eficaz em promover a reorganização cerebral e melhorar habilidades motoras e o desempenho funcional (Ferreira, 2021). Surgida no final dos anos 80 (Maciejasz *et al.*, 2014), a terapia robótica se tornou comercialmente disponível para clínicas e hospitais após o ano 2000 (Duret; Grosmaire; Krebs, 2019).

A terapia robótica (TR) oferece diversas vantagens na reabilitação motora. Primeiramente, possibilita práticas motoras de alta intensidade e precisão por longos períodos, essenciais para a recuperação motora, favorecendo a reorganização cerebral por meio da repetição. Esses dispositivos permitem que os pacientes realizem o tratamento de forma independente, aumentando a produtividade e a eficiência da reabilitação. Além disso, a TR fornece medições em tempo real do desempenho, permitindo ajustes precisos no protocolo terapêutico, além de aumentar a motivação dos pacientes pelo caráter interativo e tecnológico dos equipamentos (Ferreira, 2021).

## 2.2 Propriedade intelectual e maturidade tecnológica

A análise de tecnologias sob a ótica da propriedade intelectual é essencial para entender o potencial de inovação e a viabilidade de transferência para o mercado. Nesse contexto, as bases de patentes, como WIPO e ESPACENET, tornam-se ferramentas fundamentais para a prospecção tecnológica.

A avaliação do grau de maturidade de uma tecnologia pode ser feita com base na escala Technology Readiness Level (TRL), que varia de 1 (observação científica inicial) até 9 (sistema já em operação). Essa métrica tem sido amplamente utilizada para mensurar o estágio de desenvolvimento de tecnologias em saúde e orientar decisões estratégicas em pesquisa, desenvolvimento e inovação (Quintella *et al.*, 2017).

Assim, integrar a prospecção tecnológica com a análise de maturidade via TRL contribui para identificar inovações promissoras e aplicáveis à reabilitação fisioterapêutica, além de favorecer políticas públicas mais assertivas e investimentos mais eficazes no setor da saúde.

## 3 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, exploratória e qualitativa, com abordagem documental e bibliográfica. A pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório, teve como objetivo embasar o referencial teórico, a partir do levantamento de publicações sobre os principais temas relacionados à investigação, como inovação, prospecção tecnológica, patentes, acidente vascular cerebral, fisioterapia, reabilitação, gameterapia, robótica e estimulação elétrica funcional. A partir dessa revisão da literatura, buscou-se compreender o estado da arte e as discussões conceituais relevantes, fornecendo um panorama amplo e fundamentado sobre os assuntos abordados. A pesquisa bibliográfica, conforme definida por Severino (2007), “[...] se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.” (Severino, 2007, p. 122).

No que se refere especificamente à prospecção tecnológica, foi adotada também a pesquisa documental, visando ampliar as fontes e o embasamento da investigação. Neste tipo de pesquisa, os documentos utilizados “[...] ainda não tiveram nenhum tratamento analítico, são ainda matéria-prima, a partir da qual o pesquisador vai desenvolver sua investigação e análise” (Severino, 2007, p. 123).

A prospecção tecnológica foi conduzida exclusivamente em bases de dados de patentes, por meio da estratégia de busca por anterioridade, conforme proposta por Quintella *et al.* (2018).

Essa abordagem permite verificar o grau de novidade e o estado da técnica de determinadas invenções por meio da identificação de tecnologias já registradas e disponíveis no domínio público. Segundo os autores, a busca por anterioridade deve ser pautada na definição clara dos critérios e parâmetros de busca, os quais podem ser aplicados a diferentes campos do documento (título, resumo, reivindicações ou conteúdo completo). O processo exige a compreensão das características da tecnologia em análise, bem como a escolha criteriosa das palavras-chave e a identificação das áreas tecnológicas envolvidas, com o auxílio de sistemas de classificação como a Classificação Internacional de Patentes (IPC). (Quintella *et al.*, 2018).

Para esta pesquisa, foram utilizados os seguintes códigos da IPC, por estarem relacionados a tecnologias de reabilitação, dispositivos médicos, fisioterapia e soluções digitais aplicadas à saúde: A61H (Aparelhos para fisioterapia), A61B (Diagnóstico; cirurgia; identificação), A61F (Filtros implantáveis; próteses; dispositivos para estomia), A61N (Aparelhos de terapia física), G06F (Computação digital), A63B (Equipamentos de exercícios físicos e treinamento), B25J (Manipuladores; robôs), H04R (Transmissão e recepção de som).

Foram realizadas buscas nas bases de patentes WIPO e ESPACENET, Tabela 1, com as palavras-chave em inglês (Stroke, Physiotherapy, Functional Electrical Stimulation, Virtual Reality, Robot, Robotics e Game therapy) e foram realizadas entre março e maio de 2025, utilizando combinações específicas de palavras-chave (strings), baseadas na literatura e nas classificações da IPC. Os filtros aplicados incluíram o período de publicação de 01/01/2015 a 01/03/2025, em documentos com conteúdo nos campos de título ou resumo.

TABELA 1 – Base de dados utilizadas na busca de patentes.

Base de Dados de Patentes	Característica	Acesso
WIPO - World Intellectual Property Organization	Gratuita e Internacional	<a href="https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf">https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf</a>
ESPACENET	Gratuita e	<a href="https://worldwide.espacenet.com">https://worldwide.espacenet.com</a>

	Internacional	et.com/
Fonte: os autores.		

A Tabela 2 - Resultados de patentes por string de busca nas bases de patentes, apresenta uma visão consolidada dos resultados obtidos nas bases WIPO e ESPACENET, de acordo com os temas de interesse da pesquisa. Esses dados evidenciam a quantidade de patentes depositadas relacionadas à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com AVC, a partir de diferentes abordagens tecnológicas.

TABELA 2 – Resultados de patentes por string de busca nas bases de patentes.

String de Busca	WIPO	ESPACENET
Stroke and Physiotherapy	60	57
Stroke and Rehabilitation AND Physiotherapy	31	24
Functional Electrical Stimulation and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	41	21
Virtual Reality and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	31	22
Robot or Robotics and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	90	71
Game Therapy and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	6	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor nas bases WIPO e ESPACENET (2025)

Além disso, realizou-se uma abordagem de pesquisa qualitativa por meio do envio de questionário por e-mail aos inventores das 10 tecnologias previamente selecionadas. A seleção dessas tecnologias foi orientada por uma entrevista informal com fisioterapeutas especialistas na área, que contribuíram com sua experiência para indicar inovações com maior relevância prática na reabilitação neurológica. O objetivo dessa etapa foi identificar o nível de maturidade tecnológica (Technology Readiness Level - TRL), as perspectivas de comercialização, os desafios técnicos ou regulatórios enfrentados e o público-alvo das inovações.

#### 4 Resultados e Discussão

A aplicação da metodologia de prospecção tecnológica por anterioridade permitiu identificar e avaliar tecnologias com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC. As buscas sistemáticas em bases de dados internacionais de patentes, guiadas por critérios de relevância clínica e

técnica, resultaram em um conjunto de inovações analisadas com base em sua maturidade tecnológica, conforme a escala Technology Readiness Level (TRL).

A primeira tecnologia para análise nesta pesquisa refere-se à patente US20180081439A1, intitulada Wearable Electronic Haptic Feedback System for VR/AR and Gaming, de titularidade do inventor John James Daniels. Essa invenção apresenta um sistema vestível de interface háptica multissensorial humano-máquina, desenvolvido com o objetivo de criar um canal de comunicação tátil entre o corpo humano e dispositivos digitais, como computadores, sistemas de realidade virtual, jogos interativos ou robôs.

Em termos simples, trata-se de uma tecnologia que pode captar sinais elétricos dos músculos do usuário, processá-los em tempo real e, com base neles, gerar estímulos elétricos ou táteis de volta ao corpo ou ao sistema conectado. A aplicação desse tipo de tecnologia é promissora para a reabilitação neurológica, especialmente em pacientes com sequelas motoras causadas por Acidente Vascular Cerebral (AVC), pois permite a repetição de movimentos, o fornecimento de estímulos direcionados e o monitoramento da resposta muscular.

A análise da patente, somada ao conteúdo dos vídeos demonstrativos, à apresentação técnica fornecida pelo inventor e à resposta enviada por e-mail, permitiu identificar as principais características técnicas do sistema:

- O dispositivo é composto por eletrodos, sensores de pressão, acelerômetros e transdutores hápticos, todos integrados a uma malha flexível que pode ser vestida como uma luva ou manga.
- Os sinais captados dos músculos (eletromiografia – EMG) são analisados por um microprocessador embarcado, que define, em tempo real, os estímulos a serem aplicados de volta ao corpo.
- A tecnologia já passou pela fase de desenvolvimento de múltiplos protótipos, com aplicações exploradas tanto para fins clínicos (reabilitação) quanto para entretenimento (jogos e realidade virtual).
- Segundo o inventor, não houve ainda ensaios clínicos controlados, e o produto também não possui registro junto à FDA Food and Drug Administration), que é o órgão regulador norte-americano responsável por aprovar medicamentos, dispositivos médicos e alimentos antes que sejam comercializados nos Estados Unidos.
- O inventor também destacou que o sistema não conta com um código de

reembolso, o que representa um obstáculo relevante para a adoção clínica. Nos Estados Unidos, para que um dispositivo médico seja coberto por seguradoras públicas ou privadas (como o Medicare, Medicaid ou convênios de saúde), é necessário que ele esteja associado a um código de procedimento ou tratamento reconhecido pelo sistema de reembolso. Sem esse código, o custo do tratamento com a tecnologia deve ser assumido diretamente pelo paciente, o que limita significativamente seu uso no ambiente clínico.

Com base na documentação analisada e nos critérios estabelecidos pela escala TRL (Technology Readiness Level), a tecnologia foi classificada neste estudo no nível TRL 6:

- TRL 6 – Demonstração de um modelo ou protótipo de sistema em ambiente relevante. O sistema em questão possui protótipos funcionais que já foram testados em condições reais de uso, como simulações de reabilitação motora e aplicações em realidade virtual. No entanto, ainda não houve validação clínica nem aprovação regulatória.

A escolha desse nível também foi fundamentada na resposta direta do inventor, que declarou já ter desenvolvido versões operacionais do produto, mas que o projeto sofreu descontinuidade por conta da pandemia de COVID-19. Apesar disso, há intenção de retomada do desenvolvimento com foco nas aplicações clínicas e em gameterapia.

Por fim, a análise dessa tecnologia revela grande potencial de aplicação em fisioterapia neurológica e reabilitação pós-AVC, tanto como ferramenta de suporte à terapia presencial quanto como recurso para telereabilitação, promovendo motivação, feedback sensorial e repetição de movimentos funcionais.

A segunda tecnologia selecionada para esta pesquisa foi a patente coreana KR101991435, registrada com o título Rehabilitation Therapy Device Combining Joint Exercise Therapy and Functional Electrical Stimulation, de autoria dos inventores Tae Ki Sik e Lee Hyun Ju, vinculados à Universidade Konkuk, na Coreia do Sul.

Trata-se de um dispositivo terapêutico de reabilitação motora para membros superiores, especialmente desenvolvido para atender pacientes com hemiplegia decorrente de Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou outras lesões cerebrais. O sistema combina duas abordagens terapêuticas em um único equipamento:

- A mobilização passiva contínua (CPM), realizada por um mecanismo articulado

com dobradiça e controle de torque;

- A Estimulação Elétrica Funcional (FES), responsável por ativar os músculos do paciente por meio de impulsos elétricos aplicados externamente, promovendo contrações voluntárias e contribuindo para a plasticidade neuromuscular.

Segundo o resumo técnico da patente, o diferencial da invenção está na integração física e funcional entre o sistema mecânico (de movimentação articular) e o sistema de estimulação elétrica. Essa sinergia entre os dois recursos tem o potencial de promover ganhos mais expressivos na recuperação funcional, ao estimular simultaneamente o movimento e a ativação muscular do membro afetado.

Contudo, conforme resposta enviada pelo próprio inventor ao contato realizado nesta pesquisa, o dispositivo encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento da nova versão que integra o FES ao sistema já existente. A versão original do equipamento (somente com o mecanismo pneumático de CPM) foi comercializada pela empresa Daesung Maref, sediada na Coreia do Sul. Entretanto, a versão combinada com estimulação elétrica ainda não foi submetida a testes clínicos nem disponibilizada no mercado.

De acordo com os critérios da escala TRL (Technology Readiness Level), e considerando as informações obtidas na análise documental e no contato com o inventor, esta tecnologia foi classificada no nível TRL 3, que corresponde à fase de prova de conceito experimental:

- TRL 3 – A função crítica e/ou as características da tecnologia são validadas por meio de análises e testes laboratoriais. Pode haver modelagem ou ensaios iniciais, mas ainda não há validação em ambiente relevante.

A ausência de avaliação clínica da integração com FES, a inexistência de testes funcionais com pacientes e a ausência de certificações regulatórias justificam essa classificação. Embora a base tecnológica (CPM pneumático) já exista e tenha sido comercializada, a combinação inovadora proposta pela patente ainda se encontra no estágio de concepção funcional e viabilidade técnica preliminar.

Essa análise demonstra que a referida invenção possui potencial futuro de aplicação na reabilitação neurológica pós-AVC, mas ainda demanda novos ciclos de desenvolvimento, testes clínicos e validações regulatórias antes de alcançar viabilidade de mercado e uso clínico real.

A terceira tecnologia analisada nesta pesquisa corresponde à patente

US20220280792, intitulada Methods and Apparatuses for Improving Peripheral Nerve Function, desenvolvida por pesquisadores vinculados à University of California e ao U.S. Department of Veterans Affairs. O grupo de inventores inclui o Dr. Karunesh Ganguly e colaboradores, com experiência na interface entre neurociência, reabilitação funcional e estimulação elétrica.

A invenção propõe um sistema de estimulação elétrica sensorial (Sensory Electrical Stimulation - SES) com o objetivo de melhorar a função motora periférica, especialmente em indivíduos com déficits neurológicos decorrentes de AVC, lesões cerebrais traumáticas e outras condições neurológicas ou não neurológicas.

O sistema é composto por três componentes principais:

- Dispositivo de monitoramento de biomarcadores (101), que pode incluir sensores, eletrodos e gorros de EEG para captação da atividade neurológica e muscular.
  - Unidade de estimulação terapêutica (110), que aplica a estimulação elétrica através de eletrodos controlados por algoritmos personalizados de tratamento.
  - Interface de visualização e controle (120), que pode ser um tablet, smartphone ou computador, permitindo ajuste de parâmetros, feedback e registro de desempenho.
- Esse ecossistema é projetado para:
- Aprimorar habilidades motoras finas e grossas, como coordenação olho-mão e controle de membros superiores;
  - Ser utilizado tanto para reabilitação neurológica quanto para treinamento físico e mental em pessoas saudáveis, como atletas e gamers;
  - Trabalhar com feedback em tempo real, individualizando o tratamento com base nos biomarcadores do paciente.

Em resposta ao contato feito durante esta pesquisa, o inventor informou que o desenvolvimento da tecnologia está atualmente suspenso, sem detalhamento sobre as razões ou previsão de retomada.

Não foram encontrados registros de comercialização, validação clínica ou aprovação regulatória (como FDA) para o sistema até o momento. A patente está protegida internacionalmente, com famílias correspondentes registradas na Europa, China e Japão.

Diante das informações coletadas e considerando os critérios da escala Technology Readiness Level (TRL), a presente tecnologia foi classificada como

estando no TRL 3:

- TRL 3 – Prova de conceito analítica e experimental. Refere-se a tecnologias em estágio inicial de validação, onde os princípios básicos já foram formulados e demonstrados experimentalmente em ambiente controlado, mas ainda não há protótipos testados em contexto clínico ou real.

Essa classificação é justificada pelo fato de a proposta tecnológica estar claramente estruturada, com diagrama funcional e definição de componentes, porém sem evidência de protótipos prontos, testes clínicos ou aplicação prática validada. O desenvolvimento encontra-se suspenso, o que indica interrupção ou redirecionamento de recursos.

Apesar de ainda incipiente em termos de maturidade tecnológica, o sistema apresenta um alto grau de inovação conceitual, especialmente por integrar análise de biomarcadores, algoritmos de personalização de terapia e interfaces digitais móveis. O potencial de aplicação é considerável no contexto da reabilitação pós-AVC, tanto para clínicas especializadas quanto para estratégias de reabilitação.

Esse mapeamento evidencia que, embora haja um volume considerável de depósitos de patentes com potencial de aplicação na fisioterapia neurológica, grande parte dessas tecnologias ainda se encontra distante do uso clínico efetivo, demandando investimentos em pesquisa aplicada, ensaios clínicos e articulação com políticas públicas de inovação em saúde.

## 5 Conclusão

Este estudo realizou uma prospecção tecnológica com foco na identificação de inovações aplicáveis à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-Accidente Vascular Cerebral (AVC), a partir da análise de anterioridade em bases de patentes internacionais e da avaliação do grau de maturidade tecnológica segundo a escala Technology Readiness Level (TRL).

Os resultados apontaram que, das tecnologias analisadas, apenas uma se encontra em estágio intermediário de desenvolvimento (TRL 6), com protótipos testados em ambiente relevante. As demais permanecem em fase inicial (TRL 3), ainda sem validação clínica ou aprovação regulatória. Esse cenário indica uma lacuna significativa entre o desenvolvimento conceitual das tecnologias e sua efetiva aplicação no contexto clínico da fisioterapia neurológica.

A pesquisa evidencia a importância da prospecção tecnológica como ferramenta estratégica para mapear tendências, identificar oportunidades de inovação e orientar decisões em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Além disso, destaca-se a utilidade da escala TRL como critério objetivo para mensurar a maturidade das tecnologias e apoiar sua inserção no mercado.

Conclui-se que há um campo promissor para o avanço tecnológico na reabilitação fisioterapêutica de pacientes pós-AVC, mas que sua concretização depende do fortalecimento das articulações entre universidades, centros de pesquisa, setor produtivo e políticas públicas de inovação em saúde. Fomentar ensaios clínicos, garantir financiamento adequado e facilitar a transferência de tecnologia são passos essenciais para transformar invenções em soluções reais para a prática fisioterapêutica.

## Referências

- BAO, S. chun et al. **Rewiring the lesioned brain: Electrical stimulation for post-stroke motor restoration**. Journal of Stroke, v. 22, p. 47–63, 1 2020. ISSN 2287-6391. 24
- BARRECA SDPT, SIGOUIN CS, LAMBERT C, ANSLEY B. **Effects of extra training on the ability of stroke survivors to perform an independent sit-to-stand: a randomized controlled trial**. J Geriatr Phys Ther. 2004; 27(2):59-64.
- BORNHEIM, S.; CROISIER, J. L.; MAQUET, P.; KAUZ, J. F. **Transcranial direct current stimulation associated with physical-therapy in acute stroke patients - A randomized, triple blind, sham-controlled study**. Brain Stimulation, v. 13, n. 2, p. 329-336, mar.-abr. 2020. DOI: 10.1016/j.brs.2019.10.019.
- CARCI. **Gameterapia: é possível reabilitar pacientes utilizando games?**. [s.d.]. Disponível em: <https://blog.carcioficial.com.br/gameterapia/>. Acesso em: abr. 2024
- CLINICA VICCO. **FES fisioterapia: para que serve a estimulação elétrica functional**. 2023. Disponível em: <https://clinicavicci.com.br/fes-fisioterapia-usando-corrente-eletrica-para-recuperar-a-mobilidade/>. Acesso em: abr. 2024
- CHEN, J.; OR, C. K.; CHEN, T. **Effectiveness of using virtual reality-supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials**. Journal of Medical Internet Research, v. 24, n. 6, p. e24111, 2022. DOI: 10.2196/24111.

CRISTINA Rebecca. **Gameterapia: como o método auxilia na recuperação dos pacientes?**. 2022. Disponível em: <https://blogfisioterapia.com.br/gameterapia/>. Acesso em: Maio 2024

DANTAS, M. T. A. P. et al. **Gait Training with Functional Electrical Stimulation Improves Mobility in People Post-Stroke**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 20, n. 9, p. 5728, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20095728>. Acesso em: 14 de julho 2024.

DEHEM, S.; GILLIAUX, M.; STOQUART, G.; DETREMBLEUR, C.; JACQUEMIN, G.; PALUMBO, S.; FREDERICK, A.; LEJEUNE, T. **Effectiveness of upper-limb robotic-assisted therapy in the early rehabilitation phase after stroke**: A single-blind, randomised, controlled trial. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, v. 62, n. 5, p. 313-320, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.002>. Acesso em: 24 jul. 2024.

DE PAULA PIASSAROLI, Cláudia Araújo et al. **Modelos de reabilitação fisioterápica em pacientes adultos com sequelas de AVC isquêmico**. Revista Neurociências, v. 20, n. 1, p. 128-137, 2012.

DOSI, Giovanni. **Technical change and economic theory**. London: Printer Publishers, 1988.

DURET, C.; GROSMAIRE, A.-G.; KREBS, H. I (2019) **Robot-Assisted Therapy in Upper Extremity Hemiparesis: Overview of an Evidence-Based Approach**. Front. Neurol. 10:412. doi: 10.3389/fneur.2019.00412

FERREIRA, Fernanda. **Sistema robótico híbrido para reabilitação de membro superior de indivíduos pós-accidente vascular encefálico: design centrado no usuário**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

GONÇALVES, LUANA HECK. **Importância Da Fisioterapia Na Qualidade De Vida Dos Pacientes Pós Acidente Vascular Cerebral (AVC)**, 2022.

HARMA, A. et al. **Techniques and applications of wearable augmented reality audio**. In: Audio Engineering Society Convention Paper, Amsterdam, Holanda, 2003.

KIRNER, C. E SISCOUTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Porto Alegre: SBC, 2007. 202 p.

LEMOS, C. (1999). **Inovação na Era do Conhecimento**. In: Lastres, H. M. M., & Albagli, S. (Orgs.). Informação e globalização na era do conhecimento (pp. 122-144). Rio de Janeiro: Campus.

MACEIRA-ELVIRA P, POPA T, SCHMID AC, HUMMEL FC. **Wearable technology in stroke rehabilitation: towards improved diagnosis and treatment of upper-limb motor impairment**. J Neuroeng Rehabil. 2019 Nov 19;16(1):142. doi: 10.1186/s12984-019-0612-y. PMID: 31744553; PMCID: PMC6862815.

MACIEJASZ, P. et al. **A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation.** *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 11, n. 1, p. 3, 9 jan. 2014.

MALIK AN, TARIQ H, AFRIDI A, RATHORE FA. **Technological advancements in stroke rehabilitation.** *J Pak Med Assoc.* 2022 Aug;72(8):1672-1674. doi: 10.47391/JPMA.22-90. PMID: 36280946.

MARCO ADDED. **Técnicas modernas de fisioterapia: inovação em tratamentos.** 2023. Disponível em: <https://www.reabilitando.com.br/tecnicas-modernas-de-fisioterapia-inovacao-em-tratamentos/>. Acesso em: Maio 2024

MARQUEZ-CHIN, C., POPOVIC, M.R. **Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review.** *BioMed Eng OnLine* 19, 34 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00773-4>

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Ministério da Saúde inclui no SUS tratamento para AVC isquêmico.** gov.br. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/dezembro/ministerio-da-saude-inclui-no-sus-tratamento-para-avc-isquemico>. Acesso em: fev. 2024.

NEF, T. et al. **Effects of Arm Training with the Robotic Device ARMin I in Chronic Stroke: Three Single Cases.** *Neuro-degenerative diseases*, v. 6, p. 240–51, 1 nov. 2009.

PELÁEZ-VÉLEZ, F. J.; ECKERT, M.; GACTO-SÁNCHEZ, M.; MARTÍNEZ-CARRASCO, Á. **Use of virtual reality and videogames in the physiotherapy treatment of stroke patients: a pilot randomized controlled trial.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 6, p. 4747, 2023. DOI: 10.3390/ijerph20064747.

POPOVIĀLc, D. B. **Advances in functional electrical stimulation (fes).** *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 24, p. 795–802, 12 2014. ISSN 10506411. 23

Quintella, Cristina & Meira, Marilena & Kamei, Alexandre & Tanajura, Alessandra & Silva, Humbervânia. (2011). **Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação.** *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq>. Acesso em: 25 maio 2025.

QUINTELLA, C. M.; ALMEIDA, B. A. A.; SANTOS, W. P. C.; RODRIGUES, L. M. T. S.; HANNA, S. A. **Busca de anterioridade.** In: MOURA, N. (org.). *Prospecção tecnológica.* v. 1. Salvador: Instituto Federal da Bahia; FORTEC, 2018.

QUINTELLA, C. M. et al. **Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight:** Volume I. Série Prospecção Tecnológica. Salvador: EDUFBA, 2017.

SCHMIDT, M. H. et al. **Acidente Vascular Cerebral e diferentes limitações: Uma análise interdisciplinar.** Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, Umuarama, v. 23, n. 2, p. 139-144, maio/ago. 2019.

SHENG, R.; CHEN, C.; CHEN, H.; YU, P. **Repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: insights into the molecular and cellular mechanisms of neuroinflammation.** Frontiers in Immunology, v. 14, p. 1197422, 2023. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1197422.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE AVC. **Números do AVC no Brasil e no Mundo. Acidente Vascular Cerebral.** 2019. Disponível em: <https://avc.org.br/sobre-a-sbavc/numeros-do-avc-no-brasil-e-no-mundo/> .Acesso em: 08 fev. 2024.

TEFERTILLER, C.; PHARO, B.; EVANS, N.; WINCHESTER, P. **Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review.** Journal of Rehabilitation Research and Development, v. 48, n. 4, p. 387-416, 2011. DOI: 10.1682/jrrd.2010.04.0055. PMID: 21674390.

VALE, D. S.; SILVA, S. J. de O. C.; MACÊDO, J. L. C. de. **Neuromodulação não invasiva no equilíbrio em pacientes após acidente vascular cerebral: revisão sistemática.** Revista Contemporânea, [S. I.], v. 4, n. 5, p. e4153, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N5-004. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/4153>. Acesso em: 3 sep. 2024.

## APÊNDICE D – Artigo submetido Revista da FAE - PR

### PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA PARA FISIOTERAPIA NEUROLÓGICA: DEZ PATENTES PARA A REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM AVC

TECHNOLOGICAL PROSPECTING FOR NEUROLOGICAL PHYSIOTHERAPY: TEN  
PATENTS FOR STROKE PATIENT REHABILITATION

Maria Augusta Ferreira Lopes<sup>1</sup>

José Gilson de Almeida Teixeira Filho<sup>2</sup>

#### Resumo

A reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-accidente vascular cerebral (AVC) tem sido beneficiada por inovações tecnológicas que promovem maior eficiência terapêutica e engajamento dos pacientes. Este artigo teve como objetivo identificar tecnologias emergentes aplicáveis à reabilitação neurológica, com potencial de inovação e proteção por patente, por meio da metodologia de prospecção tecnológica de anterioridade. A pesquisa caracteriza-se como exploratória e qualitativa, com abordagem bibliográfica e documental. Foram realizadas buscas sistemáticas nas bases de patentes WIPO e Espacenet, utilizando estratégias de busca baseadas em palavras-chave e códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC), no período de 2015 a 2025. A partir dos critérios clínicos, técnicos e de relevância para a fisioterapia, foram analisadas dez tecnologias selecionadas. As soluções identificadas abrangem recursos como realidade virtual, estimulação elétrica funcional, exoesqueletos, robótica e gameterapia, aplicados à reabilitação de membros superiores e inferiores. Os resultados indicam uma diversidade de abordagens que exploram a neuroplasticidade, a personalização do tratamento e a integração entre estimulação sensorial, motora e cognitiva. Tais tecnologias representam alto potencial de transferência para o ambiente clínico, contribuindo para a prática fisioterapêutica baseada em evidências e inovação. Conclui-se que a prospecção tecnológica de anterioridade é uma ferramenta estratégica para clínicas e profissionais de fisioterapia, permitindo antecipar tendências, orientar investimentos e ampliar o acesso a soluções inovadoras no cuidado de pacientes com sequelas neurológicas.

Palavras-chave: Fisioterapia. AVC. Reabilitação. Inovação. Prospecção Tecnológica.

<sup>1</sup> Especialista em Gestão da Qualidade – SIX SIGMA pela FAE Centro universitário. Dados profissionais. E-mail: augusta.lopes@ufpe.br

<sup>2</sup> Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor da UFPE. E-mail: gilson.teixeira@ufpe.br

### Abstract

Physiotherapeutic rehabilitation of patients with post-stroke sequelae has been significantly enhanced by emerging technologies that improve therapeutic effectiveness and patient engagement. This study aimed to identify innovative technologies with potential patent protection applicable to neurological rehabilitation, using a prior art patent landscaping methodology. It is characterized as exploratory and qualitative research with bibliographic and documental approaches. Systematic searches were conducted in the WIPO and Espacenet patent databases, using keyword strategies and the International Patent Classification (IPC) codes, covering the period from 2015 to 2025. Based on clinical and technical relevance, ten technologies were selected and analyzed. The identified solutions include virtual reality, functional electrical stimulation, wearable exoskeletons, robotics and game therapy, targeting upper and lower limb recovery. The results show a wide variety of approaches that leverage neuroplasticity, individualized treatment, and the integration of sensory, motor, and cognitive stimulation. These technologies exhibit strong potential for clinical transfer, supporting physiotherapy practices grounded in innovation and evidence-based care. It is concluded that prior art patent landscaping is a strategic tool for physiotherapy clinics and professionals, enabling the anticipation of technological trends, guiding investment decisions, and expanding access to cutting-edge solutions in the care of patients with neurological impairments.

Keywords: Physiotherapy. Stroke. Rehabilitation. Innovation. Technological Prospecting.

## INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade funcional adquirida em adultos em todo o mundo, gerando impactos significativos na qualidade de vida dos pacientes e elevados custos para os sistemas de saúde (WHO, 2023). No Brasil, dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), do Ministério da Saúde – DATASUS, indicaram a ocorrência de 99.010 mortes por AVC no ano de 2020 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE AVC, 2019). Além da alta letalidade, o AVC impõe sérias limitações funcionais, podendo tornar o indivíduo parcial ou totalmente dependente para realizar atividades cotidianas (SCHMIDT et al., 2019, p. 139–144).

Estudos apontam que, mesmo após a alta dos centros de reabilitação, aproximadamente 65% dos pacientes não recuperam totalmente suas funções motoras, permanecendo com dificuldades para utilizar os membros afetados nas atividades de vida diária, o que demonstra a necessidade de intervenções fisioterapêuticas mais intensivas e eficazes (MACEIRA-ELVIRA et al., 2019).

Nesse contexto, a fisioterapia assume papel essencial na reabilitação pós-AVC, ao desenvolver estratégias terapêuticas personalizadas que visam maximizar a capacidade funcional, prevenir complicações secundárias e considerar aspectos psicológicos e sociais que influenciam o processo de recuperação (DE PAULA PIASSAROLI et al., 2012, p. 130).

Com os avanços das últimas décadas, observa-se crescente interesse na incorporação de inovações tecnológicas na reabilitação neurológica. Tecnologias como realidade aumentada, robótica assistiva e estimulação elétrica funcional têm se mostrado promissoras ao proporcionar ambientes seguros e motivadores para a prática repetitiva de movimentos funcionais, capazes de estimular a neuroplasticidade e acelerar os ganhos funcionais (MALIK et al., 2022).

Entretanto, ainda são escassas as análises sistemáticas que realizam o mapeamento dessas tecnologias sob a ótica da inovação e da proteção da propriedade intelectual, especialmente no que se refere à identificação de soluções com potencial de patenteabilidade e aplicabilidade clínica.

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo realizar um estudo de prospecção tecnológica de anterioridade, a fim de identificar dez tecnologias aplicáveis à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC, com potencial de inovação e proteção por patente.

A prospecção tecnológica, conforme Porter (1992), fortalece o pensamento estratégico ao ampliar a compreensão do ambiente tecnológico, integrar conhecimentos, reduzir incertezas e estimular a inovação por meio da identificação de oportunidades futuras. Esse processo representa um importante ganho para clínicas de fisioterapia interessadas em incorporar tecnologias emergentes com potencial de gerar valor assistencial, ampliar os resultados terapêuticos e fortalecer sua posição no mercado por meio da adoção de soluções inovadoras com proteção intelectual.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 INOVAÇÃO

A inovação desempenha papel central na dinâmica econômica contemporânea, sendo amplamente discutida por seu impacto sobre o crescimento e a competitividade das organizações. Schumpeter (1975) foi um dos primeiros estudiosos a destacar a inovação como motor do desenvolvimento econômico, definindo-a como a introdução de novos produtos, processos, mercados ou formas organizacionais com fins comerciais. Essa abordagem conceitual destaca a abrangência e relevância da inovação nos contextos produtivos e sociais.

De acordo com Freeman (1988), a inovação pode ser classificada como radical, quando promove rupturas significativas em relação às tecnologias estabelecidas, ou incremental, quando se traduz em aprimoramentos contínuos de produtos e processos já existentes. As inovações radicais, como a invenção da máquina a vapor ou a microeletrônica, alteraram profundamente a estrutura econômica global (LEMOS, 1999). Por sua vez, as inovações incrementais, embora menos disruptivas, são fundamentais para manter a competitividade das empresas ao longo do tempo (FREEMAN, 1988).

Segundo o Manual de Oslo (OCDE/FINEP, 2005), a inovação se materializa por meio da implementação efetiva de novos produtos, processos ou métodos de gestão, podendo surgir tanto de transformações disruptivas quanto de melhorias incrementais, desde que gerem valor agregado. A inovação pode ser classificada em quatro tipos principais: de produto, que envolve a introdução de bens ou serviços inéditos ou significativamente aprimorados, como smartphones dobráveis ou aplicativos com funcionalidades de inteligência artificial; de processo, que abarca novos métodos de produção ou distribuição, como automação industrial ou sistemas logísticos avançados, visando maior eficiência e redução de custos; de marketing, que inclui mudanças nas estratégias de promoção, embalagem ou distribuição, como o uso de influenciadores digitais ou

personalização de ofertas; e organizacional, que se refere à adoção de novos métodos gerenciais, como gestão do conhecimento ou parcerias estratégicas, com o objetivo de otimizar processos internos e adaptar-se às demandas do mercado.

## 1.2 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

A prospecção tecnológica é uma ferramenta estratégica que visa identificar e analisar tecnologias emergentes, avaliando seu estágio de desenvolvimento, inovação e impacto na sociedade (QUINTELLA et al., 2011). Essa prática permite mapear o ambiente tecnológico, detectar lacunas, concorrentes e oportunidades de mercado.

A busca de anterioridade é etapa essencial na prospecção, pois investiga o estado da técnica de uma invenção, evitando investimentos em soluções já existentes. Essa etapa envolve a análise de documentos de patentes e publicações científicas relacionadas, evitando o desperdício de recursos em ideias que não sejam realmente inovadoras ou patenteáveis. Além disso, a busca de anterioridade contribui para avaliar o nível de maturidade da tecnologia, identificar concorrentes e oportunidades de inserção no mercado. (QUINTELLA et al., 2018). Essa análise é enriquecida pela aplicação da escala Technology Readiness Level (TRL), padronizada pela ISO 16290 (2013), que classifica o nível de maturidade tecnológica de 1 (ideia inicial) a 9 (produto comercial consolidado).

## 1.3 PATENTES

A patente é um instrumento legal que garante ao inventor o direito exclusivo de exploração comercial de sua invenção por um período determinado (INPI, 2021). No Brasil, há dois tipos principais:

- Patente de Invenção (PI): protege inovações inéditas com vigência de 20 anos.
- Modelo de Utilidade (MU): protege aperfeiçoamentos funcionais com validade de 15 anos.

Além de oferecer proteção e retorno financeiro ao inventor, as patentes promovem a disseminação do conhecimento técnico, pois exigem descrição detalhada da invenção, tornando-a pública ao final da vigência (INPI, 2021). Essa transparência impulsiona novas pesquisas e evita retrabalhos.

## 1.4 TECNOLÓGIAS NA FISIOTERAPIA

A fisioterapia tem se beneficiado significativamente dos avanços tecnológicos recentes, que aumentam a eficácia dos tratamentos, melhoram a adesão dos pacientes e modernizam a imagem dos serviços oferecidos (MARCO ADDED, 2023). A incorporação de tecnologias

inovadoras promove recuperação mais rápida, prevenção de lesões e melhor qualidade de vida, complementando as abordagens tradicionais.

#### 1.4.1 Estimulação Elétrica Funcional

A Estimulação Elétrica Funcional - FES utiliza impulsos elétricos para induzir contrações musculares controladas, sendo eficaz na reabilitação de pacientes com sequelas neurológicas como o AVC (POPOVIĀLC, 2014; MARQUEZ-CHIN, POPOVIĆ, 2020).

A FES é usada para ajudar pacientes paralisados a restaurar sua capacidade de movimento devido a danos no sistema nervoso central, lesão na medula espinhal ou AVC (ARSIANTI, ARIFIN, 2023). Estudos mostram que a FES pode beneficiar pessoas com sintomas do AVC e melhorar o aumento da força muscular aprimorando habilidades motoras de membros superiores e membros inferiores (BAO et al., 2020). Na fisioterapia emprega correntes elétricas de baixa intensidade para estimular ou reeducar os músculos, sendo aplicada em pessoas com deficiências neurológicas e fraqueza muscular. Os estímulos elétricos, gerados por eletrodos na pele, induzem contração e relaxamento muscular, proporcionando treinamento específico. Supervisionada por um fisioterapeuta, essa técnica pode ser combinada a outras modalidades de reabilitação física, potencializando os resultados sem substituir os tratamentos convencionais. (CLINICA VICCO 2023)

#### 1.4.2 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite aos usuários visualizar, explorar e interagir com dados complexos em tempo real. Ela oferece uma forma sofisticada de interface, proporcionando uma sensação de envolvimento ao usuário, o que permite a navegação e interação em um ambiente tridimensional, utilizando vários dispositivos sensoriais (KIRNER E SISCOUTTO, 2007). Esses ambientes tridimensionais interativos estimulam áreas cerebrais específicas, sendo eficaz na reorganização cortical e na recuperação de funções motoras pós-AVC (KIRNER E SISCOUTTO, 2007; ROCHA, 2021).

De acordo HARMA (2003), a realidade virtual pode ser imersiva, isolando o usuário do mundo real, criando uma sensação de presença total no ambiente virtual, ou não imersiva, que utiliza tecnologias que permitem ao usuário interagir com ambientes virtuais sem a sensação completa de estar fisicamente presente nesse ambiente.

#### 1.4.3 Gameterapia

A gameterapia é uma técnica de reabilitação que utiliza jogos virtuais interativos com sensores de movimento e recursos de realidade virtual para tornar as sessões mais dinâmicas e envolventes. Essa abordagem tem demonstrado benefícios na melhora do condicionamento cardiovascular, coordenação motora, amplitude de movimento e equilíbrio. Trata-se de uma terapia complementar, sempre supervisionada por fisioterapeutas, que não substitui os métodos tradicionais, mas os potencializa de forma lúdica e motivadora. Indicada para diversas condições clínicas — como lesões cerebrais, disfunções ortopédicas e cardiopulmonares —, a gameterapia aproveita o princípio da neuroplasticidade, ou seja, a capacidade do sistema nervoso de reorganizar conexões neurais, favorecendo a recuperação funcional de pacientes, inclusive aqueles acometidos por Acidente Vascular Cerebral (CRISTINA, 2022).

#### 1.4.4 Robótica

A robótica aplicada à reabilitação representa uma evolução significativa na recuperação de pacientes com sequelas neurológicas, especialmente aqueles acometidos por acidente vascular cerebral (AVC). Tradicionalmente, a fisioterapia convencional tem sido o principal recurso terapêutico, mas a introdução da terapia robótica (TR) trouxe benefícios importantes, como maior intensidade, repetição e precisão nos movimentos (TEFERTILLER et al., 2011; FERREIRA, 2021). O uso de dispositivos como exoesqueletos permite a execução de exercícios orientados a tarefas, com feedback em tempo real e possibilidade de personalização terapêutica (MEHRHOLZ et al., 2020; NEF et al., 2009). Estudos apontam que a TR melhora a velocidade, resistência da marcha e habilidades funcionais, sobretudo quando aplicada precocemente após o AVC (CALAFIORE et al., 2022; DEHEM et al., 2019). Ensaios clínicos demonstram que a combinação da TR com terapias convencionais potencializa os resultados, promovendo maior destreza manual, funcionalidade dos membros e participação social (DURET et al., 2019). Além disso, o caráter interativo e tecnológico desses equipamentos aumenta a motivação dos pacientes, tornando o processo de reabilitação mais eficiente. Apesar dos avanços, ainda são necessários mais estudos randomizados que comprovem a eficácia da TR em diferentes fases do AVC. Com o avanço contínuo da tecnologia, a robótica tem o potencial de se consolidar como um recurso essencial na prática clínica, ampliando as possibilidades de reabilitação e contribuindo para a melhora da qualidade de vida dos pacientes (AHN et al., 2024).

## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e qualitativa, com abordagem bibliográfica e documental. A revisão bibliográfica teve como finalidade construir o referencial teórico, por meio do levantamento de publicações que discutem os conceitos centrais da investigação, como inovação, prospecção tecnológica e reabilitação pós-AVC. De acordo com Severino (2007), esse tipo de pesquisa utiliza registros disponíveis de estudos anteriores, como livros, artigos e teses.

Paralelamente, adotou-se a pesquisa documental para subsidiar a prospecção tecnológica de anterioridade. Nesse caso, os documentos analisados consistem em registros primários, ainda não submetidos a tratamento analítico, servindo como base para interpretação e análise (SEVERINO, 2007).

A prospecção tecnológica foi realizada exclusivamente em bases de patentes internacionais, por meio da técnica de busca por anterioridade, conforme proposta por Quintella et al. (2018). Essa abordagem visa identificar o estado da técnica e o grau de inovação de determinadas tecnologias, utilizando parâmetros definidos de busca em campos como título, resumo e reivindicações. A pesquisa foi orientada pela escolha estratégica de palavras-chave, delimitação das áreas tecnológicas e uso da Classificação Internacional de Patentes (IPC) como instrumento de categorização.

Para esta pesquisa, foram utilizados os seguintes códigos da IPC, por sua relevância em tecnologias aplicadas à reabilitação fisioterapêutica:

- A61H – Aparelhos para fisioterapia;
- A61B – Diagnóstico; cirurgia; identificação;
- A61F – Próteses; dispositivos implantáveis;
- A61N – Aparelhos de terapia física;
- G06F – Computação digital;
- A63B – Equipamentos de exercícios físicos;
- B25J – Robôs e manipuladores;
- H04R – Transmissão e recepção de som.

As buscas foram realizadas entre março e maio de 2025 nas bases WIPO e ESPACENET, utilizando palavras-chave em inglês, como: Stroke, Physiotherapy, Functional Electrical Stimulation, Virtual Reality, Robot, Robotics e Game Therapy. As combinações (strings) de busca foram elaboradas com base em estudos da literatura e na classificação IPC. Como critérios

de refinamento, adotaram-se os seguintes filtros: período de publicação entre 01/01/2015 e 01/03/2025, e presença das palavras-chave nos campos de título ou resumo.

A seguir, a TAB 1 apresenta a quantidade de patentes encontradas nas bases WIPO e ESPACENET por string de busca:

TABELA 1 – Quantidade de patentes encontradas nas bases WIPO e ESPACENET

String de Busca	WIPO	ESPACENET
Stroke and Physiotherapy	60	57
Stroke and Rehabilitation AND Physiotherapy	31	24
Functional Electrical Stimulation and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	41	21
Virtual Reality and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	31	22
Robot or Robotics and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	90	71
Game Therapy and Stroke and (Physiotherapy or Rehabilitation)	6	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor nas bases WIPO e ESPACENET (2025)

Após o levantamento inicial, foram identificadas 455 patentes. A partir da string mais específica Stroke and Rehabilitation and Physiotherapy, foi realizada uma triagem inicial, que resultou em 55 documentos. Na etapa seguinte, foi feito um refinamento qualitativo, com apoio técnico de duas fisioterapeutas especialistas da área neurológica — Karolinna Ferreira Lopes e Nauane de Oliveira Lima, do Centro Integrado de Terapias Neurológicas LTDA. Esse processo culminou na seleção final das 10 tecnologias com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC, considerando seu potencial de inovação e proteção por patente.

### 3 RESULTADOS

Como resultado da prospecção tecnológica por anterioridade pôde-se identificar e avaliar tecnologias com potencial de aplicação na reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas pós-AVC. A partir de buscas sistemáticas nas bases internacionais de patentes WIPO e

Espacenet (WIPO, 2025; ESPACENET, 2025), orientadas por critérios de relevância clínica, técnica e potencial de inovação, foram selecionadas dez tecnologias para análise detalhada.

Esta sessão apresenta a descrição dessas tecnologias, traduzindo os dados técnicos para uma linguagem acessível aos profissionais da saúde, com foco nos objetivos terapêuticos, funcionamento básico e recursos tecnológicos empregados. As tecnologias selecionadas abrangem diferentes abordagens, como realidade virtual, estimulação elétrica funcional, exoesqueletos, robótica, interfaces cérebro-computador e gameterapia, evidenciando a diversidade de soluções voltadas à reabilitação de membros superiores e inferiores.

As informações foram obtidas por meio da leitura e interpretação dos documentos técnicos disponíveis nas bases de patentes, considerando a aplicabilidade prática no contexto da fisioterapia neurológica, o nível de maturidade tecnológica e o potencial de transferência para o ambiente clínico.

### 3.1 US20230214022 – WEARABLE ELECTRONIC HAPTIC FEEDBACK SYSTEM FOR VR/AR AND GAMING

A presente invenção descreve um sistema vestível de interface homem-máquina haptica (HHMI) que combina captação e estimulação elétrica para fins terapêuticos, educacionais e de entretenimento, com aplicações em reabilitação neurológica, especialmente em pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) e lesões medulares.

O sistema é composto por eletrodos endereçáveis individualmente, integrados a dispositivos eletrônicos vestíveis como luvas, braçadeiras ou orbes táteis, capazes de captar sinais bioelétricos (EMG/EEG) e aplicar sinais elétricos modulados em músculos e nervos do usuário. A captação ocorre por meio da leitura da atividade elétrica muscular (EMG-eletromiografia) ou neural (EEG - eletroencefalograma), enquanto a estimulação fornece feedback sensorial tático (háptico) sincronizado com estímulos visuais e auditivos gerados em ambientes de realidade virtual (VR) ou aumentada (AR).

A interface HHMI permite que os sinais elétricos aplicados gerem contrações musculares involuntárias, cuja intensidade e duração variam conforme os parâmetros dos sinais, podendo simular forças físicas como peso ou impacto, além de modular sensações de toque, pressão e vibração. Isso possibilita a estimulação sensorial e proprioceptiva com base nas ações executadas pelo usuário ou em resposta a eventos programados.

O sistema também pode transmitir os sinais captados a dispositivos remotos, como robôs, drones ou próteses, permitindo o controle remoto de máquinas por meio de intenções motoras do

usuário. Além disso, há potencial aplicação para terapias cognitivas, alívio da dor, reabilitação de tremores, treinamento acelerado e participação remota em eventos – conceito este denominado pela patente como remotality, ou seja, a percepção de uma realidade que ocorre remotamente no tempo, no espaço ou na forma física.

Do ponto de vista técnico, destaca-se a capacidade do sistema de sincronizar a estimulação elétrica com feedback audiovisual, promovendo uma experiência multissensorial imersiva e personalizada, o que pode aumentar a motivação e o engajamento dos pacientes durante sessões de reabilitação. Esse tipo de solução representa uma inovação significativa na convergência entre neurotecnologia, reabilitação funcional e interfaces computacionais avançadas.

### 3.2 US20240390675 – METHODS AND APPARATUSES FOR IMPROVING PERIPHERAL NERVE FUNCTION

A patente US20240390675 descreve um sistema inovador de estimulação elétrica sensorial dos nervos periféricos, com o objetivo de melhorar a função motora de pacientes com sequelas neurológicas, como aquelas causadas por acidente vascular cerebral (AVC), lesões cerebrais traumáticas ou outras condições. Essa tecnologia também pode ser aplicada para o aperfeiçoamento do desempenho motor de pessoas saudáveis, como atletas ou jogadores profissionais.

O método baseia-se em um sistema vestível, como uma pulseira, luva ou palmilha inteligente, que aplica estimulação elétrica de baixa intensidade (geralmente imperceptível ou quase imperceptível) nos nervos periféricos — especialmente os localizados nos membros superiores, como os nervos radial, mediano e ulnar.

O diferencial do sistema está no controle em loop fechado, ou seja, os parâmetros da estimulação (como intensidade, frequência e duração) são ajustados automaticamente com base em biomarcadores fisiológicos, como a atividade cerebral medida por eletroencefalograma (EEG), e em indicadores de desempenho funcional, como o tempo de reação ou a precisão em tarefas motoras (ex: movimentação de dedos durante jogos ou exercícios manuais).

Durante o uso, o paciente realiza tarefas de treinamento motor ou cognitivas, que podem ser integradas a jogos, promovendo o engajamento e a motivação. O sistema coleta dados constantemente, ajustando a estimulação para otimizar os efeitos da terapia. Esse processo visa estimular a plasticidade neural, ou seja, a capacidade do cérebro de reorganizar suas conexões, favorecendo a recuperação da função motora.

Além do uso clínico, essa tecnologia pode ser aplicada em contextos educacionais, reabilitação cognitiva, controle remoto de dispositivos e treinamento de habilidades motoras finas. O sistema também pode emitir sinais tátteis, auditivos ou visuais para garantir que o usuário perceba que o dispositivo está ativo, mesmo que a estimulação elétrica não seja sentida diretamente.

### 3.3 KR101991435 – REHABILITATION THERAPY DEVICE COMBINING JOINT EXERCISE THERAPY AND FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION

A patente KR101991435 descreve um dispositivo de reabilitação desenvolvido para pacientes com hemiplegia decorrente de lesões cerebrais ou AVC, que combina terapia de movimento articular com estimulação elétrica funcional (FES) para promover a recuperação funcional de membros afetados, principalmente punhos e articulações.

O sistema é composto por duas estruturas principais chamadas "suportes" que envolvem a articulação a ser tratada (um suporte inferior e outro superior), conectadas por uma dobradiça (hinge) que permite o movimento de rotação controlada. Essa movimentação é realizada por um mecanismo motorizado, que simula o movimento natural da articulação. Ao mesmo tempo, eletrodos aplicam estímulos elétricos nos músculos ao redor da articulação, promovendo contrações musculares ativas sincronizadas com o movimento induzido mecanicamente.

O sistema também conta com sensores para medir ângulo de rotação, velocidade e tempo de movimentação, permitindo o ajuste preciso dos parâmetros de estímulo (intensidade e duração) conforme o avanço da reabilitação. A estimulação é aplicada de forma controlada, em pontos específicos do movimento, o que ajuda a sincronizar o estímulo neural com o movimento físico, favorecendo a plasticidade neuromuscular e a recuperação motora.

Esse tipo de abordagem busca resolver limitações comuns em terapias convencionais, como a dependência de sessões presenciais com terapeutas, custos elevados com atendimentos individuais e a dificuldade de personalizar o tratamento às características fisiológicas do paciente. Ao unir movimento físico passivo com contrações musculares ativas induzidas eletricamente, o dispositivo propõe uma alternativa mais eficaz e autônoma, que pode otimizar os ganhos motores durante o período crítico de recuperação neurológica após o AVC.

### 3.4 CN117982858 – VR STROKE NERVE REHABILITATION TRAINING SYSTEM AND METHOD BASED ON VIBRATION TACTILE FEEDBACK

A presente tecnologia descreve um sistema de reabilitação neurológica voltado para pacientes pós-AVC, que integra recursos de realidade virtual (RV) com feedback tátil por

vibração. O sistema é composto por uma luva de reabilitação equipada com sensores de movimento e dispositivos de vibração, um capacete de RV, um controlador central e uma interface homem-máquina.

Durante o treinamento, o paciente executa ações motoras por meio de jogos desenvolvidos em ambiente virtual tridimensional. Os sensores capturam os movimentos das mãos em tempo real, enquanto os dispositivos de feedback vibratório fornecem estímulos tátteis sincronizados com as ações realizadas. Além disso, o sistema é capaz de coletar sinais de ondas cerebrais durante o processo de reabilitação, possibilitando ajustes personalizados de dificuldade e conteúdo com base na resposta neurofisiológica do usuário.

A solução proposta permite sessões de reabilitação contínuas, mesmo fora de ambientes clínicos especializados, com personalização do plano terapêutico e estímulo à adesão por meio de estratégias lúdicas. Ao incorporar elementos de gamificação, feedback sensorial multicanal e monitoramento neural, a tecnologia visa promover maior engajamento do paciente, estimular a neuroplasticidade e potencializar os resultados funcionais da reabilitação motora de membros superiores.

### 3.5 CN110706776 – STROKE REHABILITATION TRAINING SYSTEM BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY AND APPLICATION METHOD THEREOF

A tecnologia descrita nesta patente apresenta um sistema de treinamento para reabilitação de pacientes pós-AVC baseado em realidade virtual (RV), com o objetivo de substituir equipamentos tradicionais e oferecer uma alternativa mais acessível e eficiente. O sistema é composto por três módulos principais: um módulo de hardware vestível para medição, que inclui sensores de eletromiografia e detectores de tendências de saúde cardíaca e cerebral; um módulo de dispositivo cliente com software de análise de big data pré-instalado; e um módulo de realidade virtual, também vestível, que permite a interação entre paciente e ambiente simulado.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte forma: os sensores coletam sinais fisiológicos que são enviados ao módulo cliente, onde são processados e analisados para gerar um plano de treinamento personalizado. Este plano é então transmitido ao módulo de RV, que simula o ambiente de treino e orienta o paciente por meio de estímulos visuais e interativos. O sistema ainda possibilita a comunicação remota com profissionais de saúde via vídeo, permitindo supervisão e ajustes em tempo real, otimizando o uso do tempo dos terapeutas e possibilitando o atendimento simultâneo de múltiplos pacientes.

Essa abordagem inovadora visa superar limitações de métodos convencionais, como dependência de equipamentos volumosos, custo elevado, necessidade de deslocamento até centros de reabilitação e a subjetividade na avaliação do progresso dos pacientes. O uso de big data torna os planos mais personalizados e baseados em evidências, enquanto a imersão promovida pela RV estimula maior engajamento do paciente no processo de reabilitação.

### 3.6 WO2023087954 – UPPER LIMB REHABILITATION TRAINING SYSTEM FOR STROKE PATIENT

A patente descreve um sistema de reabilitação do membro superior voltado para pacientes com sequelas de AVC, que utiliza tecnologia de realidade virtual imersiva integrada a um dispositivo robótico esférico. O paciente utiliza um visor de realidade virtual montado na cabeça (Head-Mounted Display – HMD), um equipamento semelhante a óculos ou capacete, que projeta um ambiente virtual tridimensional e interativo. Através desse dispositivo, o paciente visualiza um cenário virtual em primeira pessoa, como se estivesse dentro do ambiente, promovendo uma experiência imersiva durante o treino.

Dentro desse ambiente virtual, o paciente interage com um objeto esférico (robô esférico), utilizando o braço afetado pelo AVC. As tarefas propostas incluem empurrar a esfera para frente, para o lado saudável e para o lado afetado. Essas ações têm objetivos terapêuticos específicos, como estimular o alcance funcional do membro superior, promover o deslocamento do centro de gravidade, inibir espasticidade (espasmos) e fortalecer a musculatura comprometida.

O sistema também permite treinos com movimentos seletivos, como a pronação e supinação do antebraço, que são essenciais para a recuperação da funcionalidade manual. A abordagem combina estímulo multissensorial (visual, auditivo e tátil) com atividades motoras, aproveitando o potencial de neuroplasticidade do cérebro pós-AVC. Ao engajar o paciente em tarefas significativas e com retorno sensorial, a tecnologia busca maximizar os ganhos funcionais e a motivação para o tratamento.

### 3.7 CN115444717 – LIMB FUNCTION REHABILITATION TRAINING METHOD AND SYSTEM BASED ON BRAIN-COMPUTER INTERFACE

A patente descreve um sistema inovador de reabilitação funcional de membros, que combina tecnologia de interface cérebro-computador (Brain-Computer Interface – BCI) com realidade virtual e robótica. O método proposto busca integrar sinais eletroencefalográficos (EEG) — coletados a partir da imaginação motora do paciente — com um robô de reabilitação

de membros, permitindo que os comandos mentais sejam interpretados em tempo real e utilizados para controlar dispositivos terapêuticos.

O processo inicia com a criação de um cenário virtual imersivo, no qual o paciente realiza tarefas de reabilitação simuladas. Durante essas atividades, sinais cerebrais relacionados à imaginação de movimento dos membros são captados por um dispositivo EEG e decodificados. Esses sinais são comparados com padrões previamente definidos, e, quando reconhecidos como uma intenção motora válida, são traduzidos em comandos para movimentar o robô de reabilitação, promovendo o movimento físico do membro correspondente.

Diferente das abordagens tradicionais, nas quais o paciente assume papel passivo e o terapeuta controla o movimento, o sistema proposto favorece a participação ativa do paciente, estimulando diretamente a reorganização de circuitos neurais e a plasticidade cortical. Além disso, a interface EEG permite acompanhamento em tempo real da resposta cerebral, fornecendo feedback imediato e possibilitando ajustes dinâmicos no treino.

Entre os diferenciais técnicos, destaca-se o uso de métodos avançados para eliminação de artefatos nos sinais EEG (como interferências de movimento ocular e muscular) por meio de codificadores automáticos esparsos em pilha (stacked sparse autoencoders). O sistema também dispõe de módulos específicos para treinamento inicial, atualização em tempo real dos dados neurais, e simulações online, o que confere flexibilidade e personalização ao processo terapêutico.

Ao associar imaginação motora, controle cognitivo e execução robótica, essa solução proporciona ganhos funcionais mais eficientes em pacientes com sequelas motoras pós-AVC, especialmente na reabilitação de punho e mão. A abordagem é não invasiva, baseada em aprendizado individualizado e visa otimizar o engajamento e os resultados clínicos da reabilitação neurológica.

### 3.8 CN116531003 – SURFACE MYOELECTRICITY ACQUISITION SYSTEM UNDER FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION

A presente invenção descreve um sistema integrado voltado à reabilitação neuromuscular, que permite a aquisição de sinais eletromiográficos de superfície (EMG) mesmo durante a aplicação de estimulação elétrica funcional (FES). O sistema é composto por módulos de interação homem-máquina, controle central, aquisição de sinais EMG, geração de estimulação elétrica, gerenciamento de energia, além de eletrodos e um módulo de comutação rápida de canais.

A tecnologia resolve uma das principais limitações de dispositivos convencionais: a interferência da corrente de estimulação elétrica nos sinais eletromiográficos, que dificulta a análise precisa do estado funcional muscular. Para isso, o sistema propõe uma solução híbrida de hardware e software. Durante os intervalos dos pulsos de estimulação, relés de alta velocidade comutam os canais de aquisição para capturar os sinais EMG com maior fidelidade, evitando a saturação do circuito amplificador causada pela sobreposição dos sinais de estimulação. Posteriormente, algoritmos de filtragem digital removem os resíduos de interferência elétrica, permitindo a análise de um sinal limpo.

O sinal EMG obtido pode ser utilizado para avaliar a condição funcional de grupos musculares ou nervos periféricos e também servir como feedback para modular em tempo real a aplicação da FES, promovendo uma reabilitação personalizada e inteligente.

Esse sistema é especialmente aplicável à reabilitação de pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) ou lesão medular, proporcionando ganhos clínicos relevantes ao possibilitar a associação entre monitoramento fisiológico em tempo real e controle terapêutico adaptativo, o que favorece a plasticidade neural e a recuperação funcional.

### 3.9 CN113183119 – WEARABLE LOWER LIMB EXOSKELETON ROBOT BASED ON ROPE-DRIVEN REDUNDANT FLEXIBLE DRIVERS

A presente invenção descreve um robô exoesqueleto vestível desenvolvido para os membros inferiores, estruturado com base em atuadores flexíveis redundantes acionados por cabos. O sistema é composto por duas estruturas exoesqueléticas simétricas — uma para cada perna — sendo cada uma constituída por dois atuadores flexíveis de entrada múltipla, duas estruturas de fixação (tipo bandagem) e uma base plantar.

Cada atuador de entrada múltipla consiste em dois atuadores flexíveis interligados por cabos, que juntos permitem gerar movimentos com grau de liberdade rotacional. As unidades atuadoras são conectadas por um dispositivo mecânico intermediário, possibilitando a sincronização e coordenação dos movimentos. Uma das estruturas de bandagem é conectada diretamente ao atuador flexível, enquanto a outra é fixada ao dispositivo mecânico. A base plantar (ou palmilha) é integrada ao sistema por meio de um suporte adaptador conectado ao segundo atuador flexível.

Além da aplicação no campo militar — onde o sistema pode auxiliar soldados a melhorar a capacidade de locomoção durante missões de longa duração —, o robô também apresenta significativa aplicabilidade na reabilitação funcional de pacientes com sequelas motoras,

especialmente aqueles acometidos por AVC. Neste contexto, o dispositivo pode oferecer suporte à marcha e à recuperação motora de membros inferiores, promovendo ganhos em força, controle e eficiência do movimento durante o processo fisioterapêutico.

#### 4 RU0002830938 – METHOD FOR REHABILITATION OF PATIENTS WITH MOTOR ACTIVITY DISORDERS USING PERSONALIZED CONTENT OF VIRTUAL REALITY CLIPS

A presente invenção insere-se no campo da medicina, com ênfase nas áreas de neurologia e reabilitação, especialmente em abordagens restaurativas que combinam mecanoterapia, fisioterapia, ortopedia e biofeedback para pacientes acometidos por acidente vascular cerebral (AVC).

O método proposto baseia-se na apresentação de clipes em realidade virtual (RV) que estimulam a imaginação motora de membros pareticos. O paciente assiste a esses clipes enquanto imagina os movimentos dos membros afetados, sendo monitorado por meio de sinais eletrofisiológicos (como EEG e resposta eletrodérmica), que refletem sua intenção e atividade motora imaginada. O sistema então adapta dinamicamente o conteúdo dos clipes de realidade virtual de acordo com as respostas individuais do paciente, promovendo uma experiência personalizada.

A adaptação é realizada por meio da avaliação da resposta motora e eletrodérmica de cada paciente a diferentes clipes. Os clipes que obtêm classificações abaixo de um limiar de eficácia predefinido são descartados, assegurando que apenas os conteúdos mais responsivos sejam mantidos no protocolo terapêutico. O processo de avaliação é repetido várias vezes para aumentar a significância estatística das classificações atribuídas a cada clipe.

Esse método supera limitações de abordagens anteriores que não consideravam a resposta individual ao conteúdo de realidade virtual, promovendo maior engajamento psicomotor e emocional do paciente, o que contribui para uma reabilitação mais eficiente e motivadora. Além disso, ao incorporar feedback biológico personalizado, o sistema visa otimizar a neuroplasticidade e a recuperação funcional do membro afetado, com potencial para maior eficácia clínica em comparação com técnicas tradicionais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção tecnológica realizada neste estudo evidenciou o avanço significativo das tecnologias voltadas à reabilitação fisioterapêutica de pacientes com sequelas de AVC, destacando soluções inovadoras com potencial clínico e possibilidade de proteção intelectual por patente.

As dez tecnologias analisadas contemplam uma ampla gama de recursos, como interfaces cérebro-computador, realidade virtual imersiva, robótica vestível e estimulação elétrica funcional, representando uma convergência entre áreas como neurociência, engenharia biomédica e computação aplicada à saúde.

Um aspecto relevante observado durante a análise dos resultados foi a presença de uma tecnologia baseada em interface cérebro-computador (BCI), recurso que não estava previsto no referencial teórico inicial. Essa inclusão inesperada reforça o dinamismo do campo da inovação em saúde e aponta para a necessidade de constante atualização teórica frente às transformações tecnológicas. A identificação de uma BCI voltada à reabilitação pós-AVC demonstra o avanço de abordagens que promovem maior participação ativa do paciente e interação direta entre atividade cerebral e movimento, ampliando as possibilidades de reabilitação personalizada.

Para as clínicas de fisioterapia e profissionais da área, o conhecimento dessas tecnologias oferece subsídios estratégicos para a incorporação de recursos avançados na prática clínica, contribuindo para terapias mais eficazes, personalizadas e alinhadas às tendências da saúde digital. Contudo, para a transferência efetiva dessas inovações ao contexto da fisioterapia neurológica, ainda são necessários estudos clínicos robustos, validação de eficácia terapêutica, análise de custo-benefício e adaptação à realidade dos serviços de saúde.

Além disso, este estudo reforça a importância da prospecção tecnológica como ferramenta de apoio à tomada de decisão em inovação, permitindo a identificação de oportunidades de desenvolvimento, parcerias e transferência tecnológica.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a avaliação da maturidade tecnológica (TRL) e da aplicabilidade clínica de cada patente, bem como investiguem a viabilidade econômica e os impactos na rotina terapêutica, com vistas à consolidação de um ecossistema de inovação em reabilitação neurológica no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ahn, S. Y., bok, S. K., lee, J. Y., ryoo, H. W., lee, H. Y., park, H. J., oh, H. M., & kim, T. W. (2024). **Benefits of Robot-Assisted Upper-Limb Rehabilitation from the Subacute Stage after a Stroke of Varying Severity: A Multicenter Randomized Controlled Trial.** *Journal of clinical medicine*, 13(3), 808. <https://doi.org/10.3390/jcm13030808>

arsianti, R. W.; arifin, A. **Rehabilitation for Gait Restoration Using Functional Electrical Stimulation.** *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, v. 5, n. 2, p. 128-135, 31 May 2023.

bao, S. chun et al. **Rewiring the lesioned brain: Electrical stimulation for post-stroke motor restoration.** *Journal of Stroke*, v. 22, p. 47–63, 1 2020. ISSN 2287-6391. 24

calafiore, D.; negrini, F.; tottoli, N.; ferraro, F.; ozzemisci-taskiran, O.; de sire, A. Eficácia do exoesqueleto robótico para reabilitação da marcha em pacientes com acidente vascular cerebral subagudo: uma revisão sistemática. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 58, p. 1-8, 2022. DOI: 10.23736/S1973-9087.21.06846-5.

clinica vicco. **FES fisioterapia: para que serve a estimulação elétrica funcional.** 2023. Disponível em: <https://clinicavicci.com.br/fes-fisioterapia-usando-corrente-eletrica-para-recuperar-a-mobilidade/>. Acesso em: abr. 2024

cristina rebecca. **Gameterapia: como o método auxilia na recuperação dos pacientes?** 2022. Disponível em: <https://blogfisioterapia.com.br/gameterapia/>. Acesso em: Maio 2024

dehem, S.; gilliaux, M.; stoquart, G.; detrembleur, C.; jacquemin, G.; palumbo, S.; frederick, A.; lejeune, T. **Effectiveness of upper-limb robotic-assisted therapy in the early rehabilitation phase after stroke:** A single-blind, randomised, controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 62, n. 5, p. 313-320, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2019.04.002>. Acesso em: 24 jul. 2024.

de paula piassaroli, Cláudia Araújo et al. **Modelos de reabilitação fisioterápica em pacientes adultos com sequelas de AVC isquêmico.** *Revista Neurociências*, v. 20, n. 1, p. 128-137, 2012.

duret, C.; grosmaire, A.-G.; krebs, H. I (2019) **Robot-Assisted Therapy in Upper Extremity Hemiparesis: Overview of an Evidence-Based Approach.** *Front. Neurol.* 10:412. doi: 10.3389/fneur.2019.00412

espacenet – european patent office. **Espacenet patent search.** Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

freeman, C. **“Introduction”, in Dosi, G. et alii (orgs.), Technical change and economic theory,** Londres: Pinter Publishers, 1988.

harma, A. et al. **Techniques and applications of wearable augmented reality audio.** In: *Audio Engineering Society Convention Paper*, Amsterdam, Holanda, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (Brasil). **Patente: da importância à sua proteção: patente de invenção e modelo de utilidade.** Organização: Elizabeth Ferreira da Silva; revisão: Sérgio Bernardo. Rio de Janeiro: INPI, 2021. 28 p. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/CartilhaINPI\\_Patente\\_Daimportnciasuaproteo.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/CartilhaINPI_Patente_Daimportnciasuaproteo.pdf). Acesso em: 25 maio 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16290:2013 – **Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.** Geneva: ISO, 2013.

KIRNER, C. E SISCOUTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações.** Porto Alegre: SBC, 2007. 202 p.

LEMOS, C. (1999). **Inovação na Era do Conhecimento.** In: Lastres, H. M. M., & Albagli, S. (Orgs.). Informação e globalização na era do conhecimento (pp. 122-144). Rio de Janeiro: Campus.

MACEIRA-ELVIRA P, POPA T, SCHMID AC, HUMMEL FC. **Wearable technology in stroke rehabilitation: towards improved diagnosis and treatment of upper-limb motor impairment.** J Neuroeng Rehabil. 2019 Nov 19;16(1):142. doi: 10.1186/s12984-019-0612-y. PMID: 31744553; PMCID: PMC6862815.

MALIK AN, TARIQ H, AFRIDI A, RATHORE FA. **Technological advancements in stroke rehabilitation.** J Pak Med Assoc. 2022 Aug;72(8):1672-1674. doi: 10.47391/JPMA.22-90. PMID: 36280946.

MARCO ADDED. **Técnicas modernas de fisioterapia: inovação em tratamentos.** 2023. Disponível em: <https://www.reabilitando.com.br/tecnicas-modernas-de-fisioterapia-inovacao-em-tratamentos/>. Acesso em: Maio 2024

MARQUEZ-CHIN, C., POPOVIC, M.R. **Functional electrical stimulation therapy for restoration of motor function after spinal cord injury and stroke: a review.** BioMed Eng OnLine 19, 34 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00773-4>

MEHRHOLZ, J. et al. Systematic review with network meta-analysis of randomized controlled trials of robotic-assisted arm training for improving activities of daily living and upper limb function after stroke. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, v. 17, n. 1, p. 83, dez. 2020.

NEF, T. et al. **Effects of Arm Training with the Robotic Device ARMin I in Chronic Stroke: Three Single Cases.** Neuro-degenerative diseases, v. 6, p. 240–51, 1 nov. 2009.

OCDE/FINEP. **Manual de Oslo: diretrizes para Coleta e Intepretação de dados sobre Inovação.** 2005.

POPOVIĀLc, D. B. **Advances in functional electrical stimulation (fes).** Journal of Electromyography and Kinesiology, v. 24, p. 795–802, 12 2014. ISSN 10506411. 23

PORTRER, M. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ROCHA, Gabriela Cornely. **Aplicabilidade De Um Jogo Desenvolvido Em Realidade Virtual Para O Treino Do Membro Superior De Pacientes Pós Acidente Vascular Cerebral.** 2021.

Quintella, Cristina & Meira, Marilena & Kamei, Alexandre & Tanajura, Alessandra & Silva, Humbervânia. (2011). **Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação.** Revista Virtual de Química, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011. Disponível em: <http://www.uff.br/rvq>. Acesso em: 25 maio 2025.

QUINTELLA, C. M.; ALMEIDA, B. A. A.; SANTOS, W. P. C.; RODRIGUES, L. M. T. S.; HANNA, S. A. **Busca de anterioridade.** In: MOURA, N. (org.). *Prospecção tecnológica.* v. 1. Salvador: Instituto Federal da Bahia; FORTEC, 2018.

SCHMIDT, M. H. et al. **Acidente Vascular Cerebral e diferentes limitações: Uma análise interdisciplinar.** Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, Umuarama, v. 23, n. 2, p. 139-144, maio/ago. 2019.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalism, Socialism and Democracy.** New York: Harper, 1975. (Originais publicados 1942. New York: Harper & Row, 1942).

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TEFERTILLER, C.; PHARO, B.; EVANS, N.; WINCHESTER, P. **Efficacy of rehabilitation robotics for walking training in neurological disorders: a review.** *Journal of Rehabilitation Research and Development*, v. 48, n. 4, p. 387-416, 2011. DOI: 10.1682/jrrd.2010.04.0055. PMID: 21674390.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Patentscope. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>. Acesso em: 13 fev. 2025

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Stroke Fact Sheet 2023.** Geneva: WHO, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

## APÊNDICE E – Produto técnico-tecnológico

Este apêndice apresenta um link para a apresentação visual do Produto técnico-tecnológico gerado pela dissertação, elaborada na plataforma Canva.

Disponívelem:

[https://www.canva.com/design/DAGqSDRRyho/42rZc01hJrvjUKv8kzZ8mw/view?utm\\_content=DAGqSDRRyho&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=uniquelinks&utmId=h0f7fe60316](https://www.canva.com/design/DAGqSDRRyho/42rZc01hJrvjUKv8kzZ8mw/view?utm_content=DAGqSDRRyho&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utmId=h0f7fe60316)



## ANEXO A – Comprovante de submissão/publicação de artigo

[RCI] Agradecimento pela submissão Externa Caixa de entrada x



Rejane Flores <periodicos-no-reply@iffarroupilha.edu.br>  
para mim ▾

sex., 13 de jun., 19:57



MARIA LOPEZ,

Agradecemos a submissão do trabalho "Prospecção tecnológica na fisioterapia neurológica: análise de maturidade de inovações aplicadas à reabilitação pós-AVC" para a revista Revista de Ciência e Inovação.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://periodicos.iffarroupilha.edu.br/index.php/cienciainovacao/authorDashboard/submit/557>

Login: augustalopes

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Rejane Flores

Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha

Alameda Santiago do Chile, 195, Nossa Sra. das Dores, Santa Maria - Rio Grande do Sul

CEP 97050-685

<http://periodicos.iffarroupilha.edu.br/index.php/cienciainovacao>

## ANEXO B – Comprovante de submissão/publicação de artigo – Revista FAE

[Revista da FAE] Agradecimento pela submissão Externa Caixa de entrada x

 Cleonice Bastos Pompermayer via Revista da FAE <pen-bounces@emnuvens.com.br>  
para mim ▾

12:47 (há 1 minuto)   

Maria Augusta Ferreira Lopes,

Agradecemos a submissão do trabalho "Prospecção Tecnológica para Fisioterapia Neurológica: Dez Patentes para a Reabilitação de Pacientes com AVC" para a revista Revista da FAE.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/authorDashboard/submission/875>  
Login: augustalopes

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Cleonice Bastos Pompermayer

---

Revista da FAE  
<https://revistafae.fae.edu/revistafae>