

## O papel da realidade virtual na reabilitação e recuperação de trauma em coluna: uma abordagem integrada entre ortopedia e neurologia

The role of virtual reality in spinal trauma rehabilitation and recovery: an integrated approach between orthopedics and neurology

Byanca Bertani Moreira<sup>1</sup>  
Júlio César Gomes de Brito<sup>2</sup>  
Rodrigo Rodrigues Freitas<sup>3</sup>  
Herbert Pina Silva Freire<sup>4</sup>  
Amanda Santos Alves Freire<sup>5</sup>

### Resumo

**INTRODUÇÃO.** Os traumas de coluna vertebral representam um importante desafio clínico nas áreas de ortopedia e neurologia, devido à complexidade das sequelas funcionais e neurológicas associadas. As abordagens terapêuticas convencionais, como fisioterapia e cirurgias, embora eficazes, nem sempre garantem recuperação completa. Nesse cenário, a Realidade Virtual (RV) surge como uma ferramenta tecnológica inovadora, capaz de promover estímulos sensoriais e motores em ambiente tridimensional interativo, favorecendo a neuroplasticidade e a reabilitação funcional. Este estudo delimitou-se à análise do papel da RV na reabilitação de pacientes com trauma em coluna vertebral, considerando a integração entre ortopedia e neurologia. **OBJETIVOS.** Realizar uma revisão narrativa sobre os impactos da RV na reabilitação e recuperação de traumas na coluna vertebral. Especificamente, buscou-se: (1) examinar as principais abordagens terapêuticas que utilizam a RV; (2) analisar os mecanismos fisiológicos e neurológicos envolvidos; e (3) identificar benefícios, limitações e perspectivas da

<sup>1</sup> Discente da Afya Faculdade de Ciências Médicas – Itabuna – Bahia – Brasil.

<sup>2</sup> Discente da Afya Faculdade de Ciências Médicas – Itabuna – Bahia – Brasil.

<sup>3</sup> Discente da Afya Faculdade de Ciências Médicas – Itabuna – Bahia – Brasil.

<sup>4</sup> Docente da Afya Faculdade de Ciências Médicas - Itabuna - Bahia - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9203-5942>

<sup>5</sup> Docente da Afya Faculdade de Ciências Médicas - Itabuna - Bahia - Brasil.

aplicação clínica dessa tecnologia. **JUSTIFICATIVA.** A pesquisa justificou-se pela relevância científica e clínica da utilização da RV como ferramenta complementar nos processos de reabilitação. A literatura recente evidenciou que a RV pode melhorar o equilíbrio, o controle motor e o desempenho funcional, além de aumentar a motivação e adesão dos pacientes. Sua aplicação interdisciplinar demonstrou potencial para otimizar resultados terapêuticos, reduzir custos assistenciais e ampliar o acesso a tratamentos mais eficazes. Assim, este estudo contribuiu para a discussão sobre o avanço das práticas reabilitadoras em contextos ortopédicos e neurológicos. **MATERIAIS E MÉTODOS.** Tratou-se de uma revisão narrativa da literatura, com busca nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS e Google Scholar, abrangendo o período de 2015 a 2025. Foram utilizados descritores em português e inglês combinados pelos operadores booleanos AND e OR: (“Realidade virtual” OR “Virtual reality”) AND (“Reabilitação” OR “Rehabilitation”) AND (“Coluna vertebral” OR “Spinal cord” OR “Spine”) AND (“Trauma” OR “Injury” OR “Spinal cord injury”). Foram incluídos estudos originais, revisões sistemáticas e estudos de caso, disponíveis na íntegra, publicados em português ou inglês. A análise dos estudos foi realizada de forma qualitativa, interpretativa e descritiva dos achados. **RESULTADOS/DISCUSSÃO.** Os estudos analisados demonstraram que a RV contribuiu significativamente para a recuperação funcional e neurológica de pacientes com traumas da coluna vertebral, estimulando a neuroplasticidade, o controle motor e a autonomia funcional. Observou-se também maior engajamento e adesão dos pacientes às terapias, além de potencial redução dos custos assistenciais relacionados à reabilitação. Entre os principais benefícios identificados destacaram-se a melhora do equilíbrio, da coordenação motora e da funcionalidade global. Contudo, os estudos também apontaram limitações importantes, como o alto custo dos equipamentos, a necessidade de capacitação profissional especializada e a escassez de protocolos clínicos padronizados. **CONSIDERAÇÕES FINAIS.** A RV mostrou-se uma estratégia promissora e integrativa na reabilitação de traumas da coluna vertebral, ao associar aspectos ortopédicos e neurológicos em uma abordagem terapêutica complementar. O avanço das pesquisas e o desenvolvimento de protocolos clínicos mais padronizados poderão consolidar seu uso como ferramenta efetiva e segura na prática médica, ampliando as perspectivas de recuperação funcional e qualidade de vida dos pacientes.

**Palavras-Chave:** Trauma; Reabilitação; Prevenção Terciária.

## **Abstract**

**INTRODUCTION.** Spinal trauma represents a significant clinical challenge in the fields of orthopedics and neurology due to the complexity of the functional and neurological sequelae associated with these injuries. Conventional therapeutic approaches, such as physical therapy and surgical interventions, although effective, do not always ensure complete recovery. In this context, Virtual Reality (VR) has emerged as an innovative technological tool capable of providing sensory and motor stimulation within an interactive three-dimensional environment, thereby promoting neuroplasticity and functional rehabilitation. This study focused on analyzing the role of VR in the

rehabilitation of patients with spinal trauma, considering the integration between orthopedics and neurology. **OBJECTIVES.** To conduct a narrative review of the impacts of VR on the rehabilitation and recovery of spinal trauma. Specifically, the study aimed to: (1) examine the main therapeutic approaches utilizing VR; (2) analyze the physiological and neurological mechanisms involved; and (3) identify the benefits, limitations, and future perspectives of the clinical application of this technology. **JUSTIFICATION.** This study was justified by the scientific and clinical relevance of VR as a complementary tool in rehabilitation processes. Recent literature has demonstrated that VR can improve balance, motor control, and functional performance, while also enhancing patient motivation and adherence to treatment. Its interdisciplinary application has shown potential to optimize therapeutic outcomes, reduce healthcare costs, and expand access to more effective treatment strategies. Therefore, this study contributes to the discussion on the advancement of rehabilitation practices in orthopedic and neurological settings. **MATERIALS AND METHODS.** This study consisted of a narrative literature review. The bibliographic search was conducted in the PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS, and Google Scholar databases, covering the period from 2015 to 2025. Portuguese and English descriptors were combined using the Boolean operators AND and OR as follows: (“Virtual Reality” OR “Realidade Virtual”) AND (“Rehabilitation” OR “Reabilitação”) AND (“Spinal Cord” OR “Spine” OR “Coluna Vertebral”) AND (“Trauma” OR “Injury” OR “Spinal Cord Injury”). Original studies, systematic reviews, and case studies available in full text and published in either English or Portuguese were included. Data analysis was conducted through a qualitative, interpretative, and descriptive assessment of the findings. **RESULTS/DISCUSSION.** The analyzed studies demonstrated that VR significantly contributed to the functional and neurological recovery of patients with spinal trauma by stimulating neuroplasticity, motor control, and functional independence. Increased patient engagement and adherence to rehabilitation programs were also observed, along with the potential for reducing healthcare costs associated with rehabilitation. The main benefits identified included improvements in balance, motor coordination, and overall functionality. However, important limitations were also reported, such as the high cost of equipment, the need for specialized professional training, and the lack of standardized clinical protocols. **FINAL CONSIDERATIONS.** VR has proven to be a promising and integrative strategy in the rehabilitation of spinal trauma, combining orthopedic and neurological aspects within a complementary therapeutic approach. Further research and the development of more standardized clinical protocols may consolidate its use as an effective and safe tool in medical practice, expanding opportunities for functional recovery and improving patients' quality of life.

**Keywords:** Trauma; Rehabilitation; Tertiary Prevention.

## 1 Introdução

As lesões da coluna vertebral representam um importante desafio para os sistemas de saúde devido à elevada morbidade, às limitações funcionais e ao impacto significativo na qualidade de vida dos indivíduos acometidos. Essas lesões podem resultar de diferentes mecanismos traumáticos ou degenerativos e frequentemente envolvem complicações ortopédicas e neurológicas que comprometem a mobilidade, a independência funcional e a participação nas atividades da vida diária. Além disso, condições como hérnias discais, fraturas vertebrais e lesões medulares estão associadas a dor crônica, déficits motores e sensoriais, afastamento laboral e elevados custos socioeconômicos (Sussela *et al.*, 2017; Jang *et al.*, 2022).

O tratamento dessas condições tradicionalmente envolve abordagens multidisciplinares que incluem procedimentos cirúrgicos, terapias medicamentosas, fisioterapia e acompanhamento neurológico. Embora essas intervenções promovam benefícios importantes, muitos pacientes apresentam recuperação parcial das funções comprometidas, especialmente nos casos em que há dano neurológico associado. Dessa forma, a busca por estratégias terapêuticas complementares capazes de potencializar a recuperação funcional e neurológica tem se tornado uma prioridade na área da reabilitação (Berton *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a Realidade Virtual (RV) destaca-se como uma tecnologia inovadora com crescente aplicação na área da saúde. A RV consiste em um sistema computacional capaz de criar ambientes tridimensionais interativos nos quais o usuário pode interagir por meio de estímulos visuais, auditivos, táteis e proprioceptivos. Essa tecnologia possibilita a execução de atividades terapêuticas em cenários simulados, fornecendo feedback em tempo real e favorecendo maior engajamento dos pacientes durante o processo de reabilitação (Silva; Iwabe-Marchese, 2015; Souto; Stocco, 2023).

Nos últimos anos, diversos estudos têm demonstrado que a utilização da RV pode contribuir para a melhora do equilíbrio, da coordenação motora, da marcha, da força muscular e da funcionalidade global em pacientes submetidos à reabilitação ortopédica e neurológica. Além disso, a associação da RV com outras tecnologias, como plataformas de exercícios interativos, sistemas robóticos e programas de telereabilitação, tem apresentado resultados promissores na recuperação funcional, ampliando as

possibilidades terapêuticas e favorecendo a adesão dos pacientes ao tratamento (Berton *et al.*, 2020; Combalia *et al.*, 2023).

Do ponto de vista neurológico, a RV apresenta potencial para estimular mecanismos de neuroplasticidade, processo pelo qual o sistema nervoso central reorganiza suas conexões neurais em resposta a lesões e estímulos ambientais. A oferta simultânea de estímulos sensoriais e motores em ambientes virtuais favorece o aprendizado motor, a reorganização cortical e a recuperação funcional, tornando essa tecnologia particularmente relevante para pacientes com comprometimentos neurológicos decorrentes de lesões da coluna vertebral (Cardoso, 2022; Soares *et al.*, 2024).

Apesar dos avanços observados, ainda existem desafios relacionados à implementação da RV na prática clínica, incluindo o alto custo de alguns equipamentos, a necessidade de capacitação profissional especializada e a ausência de protocolos terapêuticos amplamente padronizados. Além disso, a literatura científica continua em expansão, tornando necessária a análise crítica das evidências disponíveis sobre sua eficácia e aplicabilidade na reabilitação de pacientes com traumas vertebrais (Sousa *et al.*, 2025).

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar de que forma a Realidade Virtual pode contribuir para a recuperação funcional e neurológica de pacientes com lesões da coluna vertebral. Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão narrativa da literatura sobre o papel da Realidade Virtual na reabilitação e recuperação de traumas da coluna vertebral, analisando suas principais aplicações terapêuticas, os mecanismos fisiológicos e neurológicos envolvidos, bem como os benefícios, limitações e perspectivas futuras dessa tecnologia na integração entre ortopedia e neurologia.

## **2 Revisão da Literatura**

### **2.1 Lesões de coluna vertebral: aspectos clínicos e necessidade de reabilitação**

As lesões da coluna vertebral compreendem um conjunto de condições clínicas de alta prevalência e impacto funcional, sendo causas significativas de dor, incapacidade e afastamento laboral. Dentre essas, destaca-se a hérnia de disco, cuja incidência varia entre 13% e 40% ao longo da vida, com pico entre os 50 e 60 anos (Sussela *et al.*, 2017).

Essa condição ocorre predominantemente nos níveis lombares L4/L5 e L5/S1, embora também possa acometer as regiões cervical e torácica. Caracteriza-se pela ruptura do anel fibroso do disco intervertebral, permitindo o extravasamento do núcleo pulposo e resultando em compressão ou irritação das raízes nervosas, o que pode gerar dor irradiada, parestesia e déficit motor (Sussela et al., 2017).

Outro exemplo relevante são as fraturas vertebrais osteoporóticas (OVFs), especialmente comum em idosos, cuja incidência aumentou com o envelhecimento populacional (Blaya et al., 2024). As OVFs estão associadas a dor crônica, deformidades, perda de independência funcional e aumento da mortalidade, além de elevar significativamente o risco de novas fraturas e complicações respiratórias (Jang et al., 2022).

As lesões medulares (LM), por sua vez, representam uma das formas mais graves de acometimento da coluna, afetando cerca de 130 mil pessoas por ano em todo o mundo. Essas lesões geralmente resultam em perdas motoras e sensoriais significativas, além de disfunções autonômicas, como comprometimento da função vesical, intestinal e respiratória, dependendo do nível da lesão. Apesar dos avanços no cuidado e na reabilitação, ainda não há soluções clínicas definitivas para a LM, reforçando a necessidade de estratégias terapêuticas inovadoras (Kolesov et al., 2017).

A reabilitação ortopédica é essencial após traumas ou cirurgias que comprometam a função motora, especialmente nos casos de lesão na coluna vertebral. Uma abordagem bem-sucedida exige a combinação e progressão adequada de exercícios que promovam a mobilidade articular, fortalecimento muscular e readaptação funcional. O processo de reabilitação geralmente tem início no ambiente hospitalar e, posteriormente, prossegue em ambiente ambulatorial ou domiciliar (Berton et al., 2020).

Entre as ferramentas terapêuticas modernas, a RV tem sido utilizada para intervenções em diversas condições, incluindo artroplastias de joelho e quadril, e também em casos de dor lombar crônica inespecífica — condição diretamente relacionada à coluna vertebral (Berton et al., 2020). A tecnologia permite não apenas a simulação de movimentos funcionais, mas também o registro das atividades, promovendo ganhos significativos mesmo em pacientes com limitações de equilíbrio ou força, sendo uma alternativa não invasiva e eficaz no manejo da dor (Souto; Stocco, 2023).

## 2.2 Mecanismos Fisiológicos e neurológicos envolvidos na reabilitação

Além das alterações estruturais provocadas por lesões na coluna vertebral, há também impactos significativos no funcionamento neurológico. O sistema nervoso central (SNC) busca compensar esses danos por meio de mecanismos adaptativos, como a neuroplasticidade, um fenômeno essencial para a recuperação funcional de pacientes com comprometimento neuromuscular. Trata-se de um processo fisiológico contínuo pelo qual o SNC reorganiza suas conexões neurais em resposta a lesões ou experiências. Essa adaptação pode ocorrer tanto em curto quanto em longo prazo e representa um elemento fundamental nos processos de reabilitação, sobretudo quando há comprometimento neurológico associado às lesões vertebrais (Cardoso, 2022).

Após uma lesão cerebral ou medular, o cérebro utiliza mecanismos como o desmascaramento de vias latentes e o fortalecimento de conexões existentes, além da formação de novas sinapses, para promover a recuperação funcional (Cardoso, 2022). Fatores como a idade, a intensidade da reabilitação e o tipo de intervenção influenciam diretamente na resposta neuroplástica: indivíduos mais jovens apresentam maior capacidade de reorganização neural; programas mais intensivos favorecem estímulos eficazes ao sistema nervoso; e intervenções específicas, como fisioterapia motora, realidade virtual e estimulação elétrica funcional, direcionam a plasticidade para áreas funcionais específicas, otimizando os resultados terapêuticos (Soares et al., 2024).

Borges et al. (2024) também destacam que intervenções como estimulação elétrica e estratégias de reabilitação cognitivo-motoras podem potencializar a plasticidade cerebral, inclusive em pacientes com déficits inibitórios, e contribuir para melhores desfechos clínicos.

## 2.3 Realidade virtual (RV) na reabilitação: tecnologias e aplicações

Além dos desafios ortopédicos na reabilitação da coluna vertebral, há também aspectos neuromusculares envolvidos, que dependem da interação entre o sistema nervoso e o controle motor. A RV surge como uma ferramenta promissora para estimular

essa recuperação, proporcionando estímulos sensoriais e motores que favorecem o aprendizado neuromuscular e a plasticidade cerebral. Trata-se de uma interface computacional tridimensional que simula ambientes imersivos com estímulos visuais, táteis, auditivos e proprioceptivos (Souto; Stocco, 2023). Esses recursos proporcionam feedback imediato, armazenamento das atividades realizadas e alta interatividade, aspectos essenciais no processo de reabilitação (Souto; Stocco, 2023).

Estudos apontam que a RV aplicada em contextos clínicos promove aprendizado motor eficaz, principalmente quando associada a plataformas como o Nintendo Wii Fit, que oferece exercícios de equilíbrio, noção espacial e fortalecimento muscular a baixo custo (Souto; Stocco, 2023). Esse aprendizado motor ocorre por meio da ativação e reforço de circuitos neurais envolvidos no controle sensório-motor. A RV estimula a plasticidade cerebral ao promover a reorganização cortical, favorecendo o fortalecimento de conexões sinápticas e a formação de novas sinapses em áreas responsáveis pela motricidade e percepção sensorial. Além disso, o uso de feedback multimodal, visual, proprioceptivo e tátil, otimiza a integração sensório-motora, aprimorando a coordenação e o planejamento motor. Esse processo facilita a recuperação funcional ao engajar redes neurais que podem ter sido comprometidas por lesões, possibilitando a adaptação e a readequação das funções motoras por meio de mecanismos neuroplásticos (Combalá et al., 2023). No entanto, há ressalvas quanto à confusão conceitual entre RV e simples videogames, o que pode comprometer a avaliação da real eficácia terapêutica (Tierl et al., 2018).

As tecnologias virtuais foram amplamente utilizadas na reabilitação ortopédica remota, com resultados positivos na recuperação funcional de pacientes submetidos a cirurgias articulares. Segundo Berton et al. (2020), a RV e a telereabilitação apresentaram resultados clínicos equivalentes à terapia presencial, com redução de custos relacionados a transporte, hospitalização e reinternações.

## 2.4 Benefícios e limitações da RV na reabilitação de coluna

O uso da RV na reabilitação apresenta diversos benefícios, como a redução de custos, ampliação do acesso ao tratamento e aumento da motivação e da adesão dos

pacientes às terapias. Além disso, a interação contínua com o profissional de saúde e o ambiente terapêutico imersivo contribuem para a melhora da autoestima e da percepção de autonomia por parte do paciente (Berton et al., 2020).

Contudo, algumas limitações ainda são identificadas. A adaptação inicial à tecnologia pode ser desafiadora, especialmente em pacientes idosos ou com menor familiaridade digital. Além disso, a RV pode induzir uma falsa percepção do ambiente, o que pode representar risco em casos de simulação sem controle de segurança (Berton et al., 2020).

Outro desafio importante está relacionado à acessibilidade: a interface deve ser intuitiva, de fácil uso e adaptável às necessidades funcionais do paciente. Também é necessário aprimorar os sistemas de monitoramento em tempo real para garantir a eficácia e segurança dos exercícios à distância (Berton et al., 2020).

Além dessas limitações, a adoção da RV enfrenta barreiras significativas que impactam sua implementação eficaz. Estudos indicam que o alto custo inicial dos equipamentos e a necessidade de infraestrutura adequada são obstáculos primários para clínicas de reabilitação, principalmente em instituições com recursos limitados (Souza et al., 2025). Além disso, a falta de treinamento especializado para os profissionais de saúde compromete a utilização adequada da tecnologia, evidenciando a necessidade de programas de capacitação contínuos. A resistência à mudança e a familiaridade digital limitada entre pacientes, especialmente idosos, também representam desafios, destacando a importância de estratégias de sensibilização e suporte personalizado durante o processo terapêutico (Laver et al., 2017).

## 2.5 Perspectivas futuras e avanços

A RV desponta como uma ferramenta com grande potencial para a reabilitação de pacientes com traumas na coluna vertebral, principalmente pela possibilidade de integração entre aspectos ortopédicos e neurológicos. No entanto, estudos adicionais são necessários para comprovar sua superioridade em relação aos métodos tradicionais (Souto; Stocco, 2023).

As tecnologias virtuais devem continuar se desenvolvendo no sentido de facilitar o acesso, adaptar-se às características individuais dos pacientes e garantir resultados clínicos seguros e eficazes. Para isso, é essencial a criação de protocolos padronizados e metodologias de avaliação mais robustas (Berton et al., 2020).

Do ponto de vista neurocientífico, a contínua expansão do conhecimento sobre neuroplasticidade contribuirá significativamente para novas abordagens terapêuticas. A combinação de RV com técnicas como estimulação cerebral não invasiva e biomarcadores personalizados poderá moldar um futuro mais eficaz e individualizado para a reabilitação neurológica (Borges et al., 2024).

### **3 Metodologia**

Este trabalho consistiu em uma revisão narrativa da literatura, cujo objetivo foi analisar o papel da realidade virtual (RV) na reabilitação e recuperação de traumas da coluna vertebral, com enfoque na integração das áreas de ortopedia e neurologia.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS e Google Scholar, abrangendo o período de 2015 a 2025, com o objetivo de reunir as evidências científicas mais recentes sobre o tema. Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados pelos operadores booleanos AND e OR, da seguinte forma: ("Realidade virtual" OR "Virtual reality") AND ("Reabilitação" OR "Rehabilitation") AND ("Coluna vertebral" OR "Spinal cord" OR "Spine") AND ("Trauma" OR "Injury" OR "Spinal cord injury").

#### **3.1 Critérios de Inclusão e de Exclusão**

Foram incluídos artigos originais, estudos de caso e revisões sistemáticas publicados entre 2015 e 2025, nos idiomas português e inglês, que abordavam diretamente a aplicação da RV na reabilitação de pacientes com traumas na coluna vertebral, considerando aspectos ortopédicos e neurológicos. Também foi exigido que os estudos selecionados estivessem disponíveis na íntegra para análise.

Foram excluídas revisões narrativas, revisões dissertativas, resumos de congressos, editoriais, cartas ao editor e opiniões de especialistas, bem como estudos duplicados entre diferentes bases de dados. Também foram descartados trabalhos que não

abordavam especificamente a RV aplicada à reabilitação de traumas da coluna vertebral, publicações em idiomas diferentes do português e inglês e estudos sem acesso completo ao texto.

A análise dos estudos foi realizada de forma qualitativa e interpretativa, sintetizando os achados de maneira descritiva e crítica, com ênfase nos benefícios, limitações e perspectivas da utilização da realidade virtual na reabilitação de traumas da coluna vertebral.

#### **4 Resultados e Discussão**

Os estudos analisados demonstraram que as lesões da coluna vertebral representam importantes causas de incapacidade funcional, dor crônica e redução da qualidade de vida, reforçando a necessidade de estratégias terapêuticas eficazes e inovadoras. Entre as condições mais frequentemente abordadas na literatura destacam-se a hérnia de disco, as fraturas vertebrais osteoporóticas e as lesões medulares, todas associadas a importantes limitações motoras e neurológicas.

A hérnia de disco apresentou elevada prevalência na população adulta, especialmente entre indivíduos de 50 a 60 anos, acometendo predominantemente os níveis lombares L4/L5 e L5/S1. Os estudos apontaram que a compressão das raízes nervosas causada pelo extravasamento do núcleo pulposo resulta em dor irradiada, parestesias e déficits motores, comprometendo significativamente a funcionalidade dos pacientes (Sussela et al., 2017).

As fraturas vertebrais osteoporóticas também foram amplamente descritas como importantes causas de morbidade em idosos. Os autores relataram associação entre essas fraturas, dor crônica, deformidades posturais, perda da independência funcional e aumento do risco de complicações respiratórias e novas fraturas, evidenciando o impacto do envelhecimento populacional sobre a incidência dessas lesões (Blaya et al., 2024; Jang et al., 2022).

Em relação às lesões medulares, os estudos evidenciaram importantes repercussões motoras, sensitivas e autonômicas, incluindo alterações vesicais, intestinais e respiratórias. Além disso, a ausência de terapias definitivas para recuperação completa da

função neurológica reforçou a necessidade de abordagens reabilitadoras complementares e inovadoras, incluindo o uso da realidade virtual (Kolesov et al., 2017).

A análise da literatura demonstrou que a reabilitação ortopédica desempenha papel fundamental na recuperação funcional de pacientes com lesões vertebrais, especialmente após traumas ou procedimentos cirúrgicos. Os estudos ressaltaram que programas de reabilitação baseados em mobilidade articular, fortalecimento muscular e readaptação funcional promovem melhora significativa da capacidade motora e da independência dos pacientes (Berton et al., 2020).

Nesse contexto, a realidade virtual destacou-se como uma ferramenta terapêutica promissora, sendo utilizada tanto em condições ortopédicas quanto neurológicas. Os estudos analisados mostraram que a RV favorece a execução de movimentos funcionais, oferece feedback imediato e estimula maior engajamento do paciente durante o tratamento. Além disso, os recursos imersivos permitiram ganhos motores mesmo em indivíduos com limitações de equilíbrio e força muscular, contribuindo também para redução da dor e melhora funcional (Souto; Stocco, 2023).

Os achados também evidenciaram importante relação entre a utilização da RV e os mecanismos de neuroplasticidade. Os autores descreveram que o sistema nervoso central é capaz de reorganizar conexões neurais em resposta às lesões, favorecendo a recuperação funcional por meio da formação de novas sinapses e fortalecimento de circuitos neurais já existentes (Cardoso, 2022). A utilização da realidade virtual mostrou-se capaz de potencializar esse processo ao estimular simultaneamente componentes visuais, táteis, auditivos e proprioceptivos.

Os estudos demonstraram ainda que intervenções associadas à fisioterapia motora, estimulação elétrica funcional e estratégias cognitivo-motoras potencializam os efeitos neuroplásticos, promovendo melhores desfechos clínicos e recuperação motora mais eficiente (Soares et al., 2024; Borges et al., 2024). A intensidade da reabilitação, a idade do paciente e o tipo de estímulo aplicado foram apontados como fatores diretamente relacionados à capacidade de reorganização neural.

Em relação às tecnologias utilizadas, observou-se ampla aplicação de plataformas interativas, como o Nintendo Wii Fit, principalmente por apresentarem baixo custo e facilidade de utilização. Os estudos indicaram melhora do equilíbrio, coordenação

motora, noção espacial e fortalecimento muscular em pacientes submetidos à reabilitação com RV (Souto; Stocco, 2023). Além disso, a integração de estímulos multimodais favoreceu a reorganização cortical e o aprimoramento da integração sensório-motora, facilitando a recuperação funcional (Combalá et al., 2023).

Outro aspecto relevante identificado na literatura foi a utilização da RV na telereabilitação. Os estudos apontaram que programas virtuais realizados remotamente apresentaram resultados semelhantes aos obtidos em terapias presenciais, além de reduzirem custos relacionados ao deslocamento, hospitalização e reinternações (Berton et al., 2020). Esse fator demonstrou grande relevância para pacientes com limitações físicas ou dificuldades de acesso aos serviços especializados de reabilitação.

Apesar dos benefícios observados, os estudos também identificaram limitações importantes relacionadas à utilização da realidade virtual. Entre elas destacam-se as dificuldades de adaptação inicial à tecnologia, especialmente entre pacientes idosos ou com baixa familiaridade digital. Além disso, foram relatados riscos relacionados à falsa percepção ambiental durante as simulações virtuais, exigindo monitoramento adequado para garantir segurança durante os exercícios (Berton et al., 2020).

A acessibilidade e a necessidade de interfaces intuitivas também foram apontadas como desafios relevantes. Os autores ressaltaram a importância de sistemas adaptados às limitações funcionais dos pacientes e de mecanismos eficazes de monitoramento em tempo real para assegurar a correta execução das atividades terapêuticas.

Adicionalmente, a literatura evidenciou que os altos custos iniciais dos equipamentos e a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada ainda representam barreiras significativas para implementação ampla da RV nos serviços de reabilitação. A escassez de treinamento especializado para profissionais de saúde também foi identificada como fator limitante para utilização eficaz da tecnologia (Souza et al., 2025; Laver et al., 2017).

Por fim, os estudos analisados apontaram perspectivas promissoras para o futuro da reabilitação com realidade virtual. Os autores destacaram a necessidade de desenvolvimento de protocolos padronizados, metodologias de avaliação mais robustas e maior individualização terapêutica. Além disso, a associação entre RV, estimulação cerebral não invasiva e biomarcadores personalizados foi descrita como uma estratégia

potencial para otimizar os resultados da reabilitação neurológica e ortopédica em pacientes com traumas da coluna vertebral (Borges et al., 2024).

## **Referências**

BERTON, A. et al. Virtual Reality, Augmented Reality, Gamification, and Telerehabilitation: Psychological Impact on Orthopedic Patients' Rehabilitation. *Journal of Clinical Medicine*, v. 9, n. 8, p. 2567, 1 ago. 2020.

BORGES, M. A. et al. Neuroplasticidade e seu potencial para reabilitação após lesões cerebrais: uma revisão abrangente. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, n. 6, p. 303–316, 2024.

BLAYA, H. et al. EPIDEMIOLOGIA DA OSTEOPOROSE E FRATURAS RELACIONADAS NO BRASIL: DESAFIOS DA SAÚDE PÚBLICA. *International Journal of Health Management Review*, v. 10, n. 1, p. e384–e384, 29 nov. 2024.

CARDOSO, S. I. Importância terapêutica do exercício na neuroplasticidade em adultos com patologia neurológica: revisão sistemática. 2022. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, 2022.

CARNEO, N. S.; STOCCO, T. D. Realidade virtual como recurso terapêutico na reabilitação ortopédica e traumatológica. *Arquivos de Ciências da Saúde*. v. 30. n. 1, 2023

COMBALIA, A.; SÁNCHEZ-VIVES, M. V.; DONEGAN, T. Immersive virtual reality in orthopaedics—a narrative review. *International Orthopaedics*, 11 ago. 2023.

ELEUTÉRIO, C. D.; TREVIZAN, S. C. S. O uso da realidade virtual em reabilitação fisioterapêutica: análise de produção científica. In: XVII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ, 17., 2020, São Paulo. Anais eletrônicos[...]. São Paulo: UNAERP, 2020.

GARLET, B. A. Efeitos da reabilitação robótica usando o dispositivo Erigo® em pacientes com lesão neurológica. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA Programa de Pós-Graduação Em Ciências da Saúde, Porto Alegre, 2021

JANG, H.-D. et al. Management of Osteoporotic Vertebral Fracture: Review Update 2022. *Asian Spine Journal*, v. 16, n. 6, p. 934–946, 31 dez. 2022.

KOLESOV, S. et al. Developing new methods of spinal cord injury treatment using magnetic nanoparticles in combination with electromagnetic field. *Coluna/Columna*, v. 16, n. 2, p. 145–148, 1 abr. 2017.

LAVER, K. E. et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, v. 11, n. 11, 20 nov. 2017.

SILVA, R. R. DA; IWABE-MARCHESE, C. Uso da realidade virtual na reabilitação motora de uma criança com Paralisia Cerebral Atáxica: estudo de caso. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 22, p. 97–102, 2015.

SOARES, C. M. DA S. et al. Mecanismos de neuroplasticidade e eficácia das intervenções de reabilitação na recuperação funcional pós-AVE. *Journal of Medical and Biosciences Research*, v. 1, n. 4, p. 150–157, 3 set. 2024.

SOUSA, G. E. S. DE; JALLES, A. J. DE A.; CARDOSO, M. J. DA S.; BRITO, H. B. B. L. DE. O Uso da realidade virtual (RV) imersiva e não imersiva no processo de reabilitação motora: benefícios e limitações. *UniLS Acadêmica, Edunils*, v. 1, n. 2, 2025.

SUSSELA, A. O. et al. Hérnia de disco: epidemiologia, fisiopatologia, diagnóstico e tratamento. *Acta méd. (Porto Alegre)*, 38(2):[7], 2017.

TIERI, G. et al. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *Expert Review of Medical Devices*, v. 15, n. 2, p. 107–117, 10 jan. 2018.