

APLICAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL NA TERAPIA DE PACIENTES COM LESÕES NEUROLÓGICAS

Data de aceite: 01/11/2024

Aline Dornelas Silva

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Ana Beatriz Londe de Lima

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Ana Julia Kuhn Zary

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Andréa Stella de Sousa Gontijo

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Daniela Silva Souza

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Johann Jordan Freitas e Faria

Discente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Juliana Lilis da Silva

Docente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Karine Cristine de Almeida

Docente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Marcos Leandro Pereira

Docente do Curso de Medicina do Centro
Universitário de Patos de Minas- UNIPAM,
MG-Brasil.

Os avanços na tecnologia desencadearam uma revolução na prática médica, especialmente no campo da neuroreabilitação (Cardoso *et al.*, 2024). A realidade virtual (RV) tem se mostrado uma ferramenta para o tratamento de pacientes com diversas doenças de base neurológica, como doença de Parkinson (Goffredo *et al.*, 2023), doença de Alzheimer, outras demências (Gonçalves *et al.*, 2023), acidente vascular encefálico (Ávila *et al.*, 2024) e declínio cognitivo (Eleftheriadou *et al.*, 2018; Muszkat; Carrer, 2024). Lesões neurológicas

muitas vezes levam ao prejuízo funcional, perda de independência e impacto na capacidade de realizar atividades diárias, sejam instrumentais ou básicas (Smith; Silva, 2023).

A realidade virtual, por definição, é a simulação de um determinado ambiente por meio da tecnologia computacional, responsável pela estimulação multissensorial e pela simulação de ações e objetos do mundo real (Marougkas *et al.*, 2023). A neuroreabilitação promovida pela RV desempenha um papel essencial na recuperação e melhoria da função do paciente (Ghazanfar *et al.*, 2023), pois são alcançadas pelos usuários interagindo, utilizando seus corpos para realizar atividades naquele ambiente (Cipresso *et al.*, 2014; Howard, 2017).

A realidade virtual tem sido objeto de pesquisas na recuperação de lesões neurológicas e na reabilitação cognitiva causada por lesões cerebrais, distúrbios do desenvolvimento ou doenças neurodegenerativas (Laver *et al.*, 2017; Shahrbanian *et al.*, 2020). A tecnologia proporciona um ambiente imersivo e interativo que possibilita simulação personalizada e controlada, permitindo que os pacientes realizem atividades terapêuticas de forma segura, repetitiva e motivadora, promovendo a neuroplasticidade e a recuperação funcional (Bohil; Alicea; Biocca, 2011; Alia *et al.*, 2017).

Estudos recentes demonstraram que pacientes com doença de Parkinson podem responder à terapia virtual com melhora na mobilidade, coordenação motora e qualidade de vida (Dockx *et al.*, 2016; Barrios *et al.*, 2019; Seamon *et al.*, 2019; Darekar, 2023).

O uso da RV na reabilitação de pacientes com demência e declínio cognitivo tem mostrado resultados promissores na melhoria da cognição, memória e qualidade de vida (Shahrbanian *et al.*, 2020), inclusive em portadores de doença de Alzheimer (Garcia-Betanes *et al.*, 2015). Laffer *et al.* (2017) examinaram vários estudos que analisaram melhorias na função motora e na independência funcional em pacientes com Acidente Vascular Encefálico (AVE). Nesse contexto, diferentes ambientes virtuais e até mesmo videogames são eficazes no tratamento de pacientes com AVE (Lohse *et al.*, 2014).

Além disso, a RV pode ter um impacto positivo no equilíbrio de pacientes com diversas condições neurológicas, reduzindo o risco de quedas e melhorando a segurança e a confiança nos movimentos. Adamovic *et al.* (2009) demonstraram como a RV pode ser usada para treinar movimentos dos dedos em pacientes com hemiplegia. Além dos benefícios clínicos observados, muitos estudos começam a investigar os mecanismos fisiológicos por detrás dos efeitos terapêuticos da RV (Shahrbanian *et al.* 2020). Para compreender melhor como a realidade virtual afeta a recuperação neurológica, pesquisadores têm explorado as análises de neuroplasticidade, mudanças na conectividade cerebral e efeitos no metabolismo cerebral (Kumar *et al.* 2023).

Eun *et al.* (2023) demonstraram que o uso de jogos terapêuticos pode melhorar o declínio cognitivo em pacientes com demência e contribuir para o processo de recuperação física do paciente, enquanto a inteligência artificial (IA) é uma ferramenta importante para aumentar a motivação e a interação social.

Ainda sob essa ótica, a RV proporciona a melhoria da adesão e motivação dos pacientes durante o processo de reabilitação. Isso é feito através de experiências envolventes e motivadoras, que podem aumentar a participação do paciente nas sessões de terapia e, conseqüentemente, melhorar os resultados clínicos a longo prazo (Fernández-Alemán *et al.*, 2011).

Portanto, a disponibilidade de tecnologias de RV acessíveis e cada vez mais sofisticadas torna sua implementação viável em uma variedade de configurações clínicas. À medida que ocorre o avanço da tecnologia, espera-se que a realidade virtual se torne uma ferramenta padrão na reabilitação de pacientes com lesões neurológicas, fornecendo terapias personalizadas e eficazes em todo o mundo (Cardoso *et al.*, 2024). Assim, diante do crescente interesse e avanços na área da neurociência e da tecnologia, é crucial examinar como a RV pode ser integrada de forma eficaz como uma ferramenta complementar na terapia destes pacientes, sendo otimizada por meio de intervenções terapêuticas adequadas.

DOENÇA DE PARKINSON

A doença de Parkinson (DP) é uma patologia neurodegenerativa, progressiva, crônica e multi sintomática que prejudica os movimentos do indivíduo, causando tremores, lentidão de movimentos, rigidez muscular, desequilíbrio, bradicinesia e alterações na fala e na escrita (Biblioteca Virtual de Saúde, 2019; Poewe, 2008; Monteiro *et al.*, 2017). Nesse caso, os sintomas podem ser divididos em causas motoras e não motoras, que ocorrem devido à degeneração da substância negra do cérebro, área localizada no mesencéfalo que aparece macroscopicamente escura devido à presença de neuromelanina (Organização Mundial de Saúde, 2023; Biblioteca Virtual em Saúde, 2019; Obeso *et al.*, 2017). Essa substância está associada à presença de neurônios dopaminérgicos, responsáveis pela transmissão das correntes nervosas para o corpo por meio de neurotransmissores (Alho, 2011; Biblioteca Virtual em Saúde, 2019).

Na DP, ocorre a perda de neurônios na região densa da substância negra por meio da formação de agregados de proteínas, incluindo *alfa-sinucleína*, que levam à morte neuronal (Chaudhuri; Healy; Schapira, 2006). A dopamina contribui para o movimento espontâneo e a sua perda, principalmente na substância negra, é acelerada na doença de Parkinson, levando à perda do controle motor e subseqüentes sinais e sintomas característicos (Israel Hospital Albert Einstein, 2020).

A causa exata da rápida progressão da doença de Parkinson é desconhecida e não há cura, mas os seus sintomas podem e devem ser controlados e aliviados com tratamentos e medicamentos (Organização Mundial da Saúde, 2023). Não é uma doença exclusiva dos idosos embora geralmente afete mais esta população e existam fatores de risco associados, como fatores genéticos e exposição à poluição (Obeso *et al.*, 2017). O

tratamento médico geralmente utiliza levodopa/carbidopa, uma combinação que aumenta a quantidade de dopamina no cérebro, e/ou medicamentos anticolinérgicos para reduzir os movimentos involuntários. A fisioterapia concentra-se no treinamento de força, marcha, equilíbrio e hidroterapia. Ambas as estratégias podem ajudar a melhorar a qualidade de vida dos pacientes e reduzir a sobrecarga dos cuidadores, mas nem todas as estratégias são viáveis, especialmente nos países em desenvolvimento (Organização Mundial da Saúde, 2023).

Nessa perspectiva, a realidade virtual é proposta como uma nova ferramenta de reabilitação na doença de Parkinson, que proporciona e otimiza o aprendizado em um ambiente controlado e seguro, replicando cenários da vida real e ajudando a melhorar o desempenho das atividades diárias, principalmente relacionadas ao equilíbrio e à marcha (Rodríguez-Mansilla *et al.*, 2023). A terapia de reabilitação utilizando realidade virtual mostrou maiores melhorias no equilíbrio e na marcha em pacientes com doença de Parkinson ao longo de 12 semanas em comparação à terapia tradicional (Feng *et al.*, 2019).

Ainda assim, há evidências de que o exercício de realidade virtual de curta duração tem efeitos positivos no comprimento do passo e comprimento da passada, além de efeitos semelhantes à fisioterapia na marcha, equilíbrio e qualidade de vida (Mirelman *et al.* 2013; Pompeu *et al.*, 2016). Mendes *et al.* (2012) em seu estudo mostraram que a terapia com RV melhorou a qualidade de vida e reduziu os sintomas depressivos em pacientes com Parkinson. Da mesma forma, um ensaio clínico randomizado realizado por Yeh *et al.* (2017) relatou melhorias significativas na cognição e no bem-estar psicológico em pacientes submetidos à terapia de RV.

Um ensaio clínico randomizado, comparando a reabilitação de terapias tradicionais com a de realidade virtual no contexto de imersão audiovisual sensorial total, concluiu que a RV é mais eficaz para a melhora geral do indivíduo, prescrita como complemento às formas de reabilitação de tratamento. Deve ser incentivado em pacientes com doença de Parkinson, mas não recomendado em pacientes com comprometimento grave da cognição e/ou equilíbrio (Pazzaglia *et al.*, 2020).

Em suma, apesar da controvérsia, é uma terapia promissora que tem mostrado resultados a curto e a longo prazo. Contudo, são necessários mais estudos com mais evidências para confirmar os efeitos em amostras populacionais maiores e manter os resultados ao longo do tempo (Dockz *et al.*, 2016). Além disso, a intervenção pode causar tonturas leves e/ou tonturas e vômitos graves. Cabe ressaltar que seus efeitos não são apenas comparáveis aos tratamentos convencionais, mas também têm potencial para superá-los, pelo menos como tratamento alternativo (Lei *et al.*, 2019). Diante disso, estudos como ensaios clínicos randomizados multicêntricos ajudarão a fornecer evidências mais fortes para validar seus potenciais benefícios, o que poderá gerar interesse e auxílio no desenvolvimento, redução de custos e expansão da tecnologia, com foco nos países em desenvolvimento (Feng *et al.*, 2019).

ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é definido como o aparecimento de disfunção neurológica aguda, geralmente causada por lesões vasculares focais que afetam o sistema nervoso central (SNC) (Sacco *et al.*, 2019). A maioria dos acidentes vasculares cerebrais são isquêmicos e causados pela oclusão de uma artéria, alterando o fluxo sanguíneo para a área e reduzindo a perfusão (Molinari; Masciullo, 2020). Esta oclusão resulta em perda de energia que, além de afetar os processos neuronais dependentes de energia, afeta os gradientes iônicos transmembranares e a homeostase celular, induzindo assim excitotoxicidade, processos inflamatórios, estresse oxidativo e nitrativo, levando à morte celular, manifestada clinicamente como hemiparesia e afasia (Campbell; Khatri, 2020).

O dano direto ao núcleo da lesão é irreversível, porém, também é afetada uma região periférica chamada penumbra, que sofre degeneração secundária retardada que altera a plasticidade sináptica, afetando microcircuitos e tecidos mais distantes e, conexões pré e pós-sinápticas (Molinari; Masciullo, 2020). Segundo esses autores, isso sensibiliza o ambiente neuronal, resultando em uma perda substancial de reorganização de áreas e vias livres que agora são projetadas para apoiar e neutralizar o retorno indesejável das conexões do circuito neuronal. Essas alterações plásticas e funcionais cerebrais apresentam complicações heterogêneas associadas, envolvendo alterações cognitivas, como afasia, dificuldades de memória e deficiências visuoespaciais e executivas; motoras, como dificuldades de locomoção, equilíbrio, coordenação motora, hemiparesia e hemiplegia (Cinnera *et al.*, 2022).

A reabilitação típica para pacientes pós-AVE inclui terapia presencial com profissionais da área para praticar diversas tarefas baseadas em atividades de vida diária (AVD) para ajudá-los a recuperar habilidades cognitivas, físicas e funcionais por meio da repetição (Chatterjee *et al.*, 2022). Neste caso, a RV torna-se uma boa alternativa terapêutica porque contém uma sensação de imersão que aumenta a motivação do paciente para realizar tarefas de reabilitação motora, de marcha, e neurológica, da variação da tarefa, progressão de metas repetitivas e treinamento, levando a maiores doses terapêuticas e maior neuroplasticidade (Huang *et al.*, 2023; Laver *et al.*, 2017; Saposnik; Levin, 2016; Khalid *et al.*, 2023). Fornecer *feedback* multissensorial em tempo real, além de permitir melhor monitoramento do paciente, também garante uma abordagem de tratamento mais ecológica e que pode complementar as terapias tradicionais, pois consome menos recursos e minimiza dificuldades e ociosidade (Huang *et al.*, 2023).

No âmbito da reabilitação cognitiva, ainda são poucos os estudos que abordam esse tipo de terapêutica, todavia, Chatterjee *et al.* (2022), nesse contexto, trazem uma abordagem promissora, por meio do desenvolvimento do aplicativo “VIRTUDE”, que é fundamentado na aplicação de jogos que simulam atividades cotidianas organizadas em módulos de complexidade, agrupadas em locais também cotidianos. Nesse modelo de

terapia, o objetivo de cada tarefa é que ela seja concluída na ordem e de forma correta, de maneira a ser disponibilizado após cada atividade, métricas do desempenho do paciente para que o clínico avalie a eficácia da metodologia. Esse estudo demonstrou grande interesse e motivação dos pacientes para participar da terapia de reabilitação, além de ter contribuído para a redução do tempo de internação de pacientes pós AVE que se encontravam em estado mais grave, o que demonstra grandes benefícios do uso da RV para a reabilitação de lesões neurológicas, sobretudo o AVE.

Apesar desses benefícios, usar a RV para ajudar pacientes na recuperação após AVE também traz riscos, relacionados à possibilidade de desenvolver doenças cibernéticas, bem como limitações, uma vez que a eficácia do método depende da capacidade do paciente de ser independente durante a recuperação ao utilizar os recursos de RV (Huygelier *et al.*, 2021). No geral, a investigação mostra que a RV tem benefícios promissores na melhoria do funcionamento físico, cognitivo e funcional em pacientes com AVE, no entanto, como é uma modalidade emergente e inovadora, ainda são necessários mais estudos de maior acurácia para avaliar os efeitos das intervenções de RV em pacientes com AVE (Voinescu; Suiz; Fraser, 2021; Darekar, 2023).

DEMÊNCIA E DECLÍNIO COGNITIVO

O comprometimento cognitivo leve (CCL) consiste em uma condição clínica que não prejudica de maneira significativa as atividades da vida diária do indivíduo, logo não preenche os critérios de demência. As condições basais de cada indivíduo são diferentes, de modo que o diagnóstico de CCL deve ser relacionado a um declínio em relação ao próprio nível basal do paciente (Thaler; Thaler, 2023). Já a demência é definida como uma síndrome caracterizada por declínio em mais de um domínio cognitivo, sendo suficientemente intensa para causar alteração da capacidade funcional, sendo essa de nível social, laboral, de autocuidado, dentre outros (Barbara *et al.*, 2024).

A terapia com RV pode representar uma importante neuroterapia para otimizar o treinamento do desenvolvimento cognitivo por permitir uma imersão e interação com o ambiente virtual (Eun *et al.*, 2023). Esta permite, principalmente para adultos mais velhos, um treinamento personalizado de atividades instrumentais diárias (iADL-VR) que levam a uma melhora da memória visual, atenção e flexibilidade cognitiva, sem afetar as atividades diárias (Buele; Varela-Aldás; Palacios-Navarro, 2023). A RV possibilita criar ambientes e situações difíceis de serem vivenciadas na vida diária que, principalmente para pessoas em processos demenciais, apresenta-se como uma ferramenta positiva na reabilitação de alguns quadros, bem como na manutenção da qualidade de vida de paciente com doença de Alzheimer, por exemplo, trazendo treinamentos estimulantes (Figueiredo *et al.*, 2019).

Um estudo de meta análise de Wu, Ma e Ren (2020) afirma que o tratamento com RV foi capaz de influenciar positivamente a cognição dos pacientes em vários níveis, além

de melhorar a execução de funções, porém, não foram observados efeitos estatisticamente significativos na memória de curto e longo prazo. Corroborando com esse autor, Liao *et al.* (2019) afirmam que o grupo submetido à terapia de imersão audiovisual sensorial demonstrou melhora na função cognitiva geral e na realização de atividades diárias, além de uma menor ativação das áreas pré-frontais do cérebro após o período de treinamento. Outrossim, Kim, Jung, Lee (2022) afirmam que, em sua análise, também houve aumento da função cognitiva dos pacientes, porém não apresentaram melhora significativa em domínios, como cognição global, função executiva e memória.

Os estudos de Sayma *et al.* (2020) também se mostraram inconclusivos quanto à eficácia do uso de RV para melhorar a função cognitiva na demência e no comprometimento cognitivo leve (CCL). Os autores afirmam que apenas um pequeno número de estudos, com amostras reduzidas e limitações metodológicas, foram publicados utilizando esses métodos até então, o que seria uma limitação de análise do possível potencial terapêutico (Sayma *et al.*, 2020). Os autores Kang *et al.* (2021) relatam também que após o treinamento cognitivo usando RV, foi encontrada uma melhoria significativa na pontuação total e na pontuação dos componentes básicos das tarefas de cópia em comparação com as do grupo controle, associada a um aumento da conectividade funcional entre os lobos frontal e occipital. Ademais, o grupo RV também mostrou progressos, embora não significativos, na capacidade de nomenclatura, atraso na memória verbal e fluência fonêmica, assim como melhorias nos sintomas psiquiátricos, como apatia e qualidade de vida (Kang *et al.*, 2021).

Em contrapartida, o estudo de Eisapour *et al.* (2018) demonstrou benefícios da terapia com RV associados às melhorias na função executiva e memória visuoespacial, fluência verbal, direção e atenção, tomada de decisão, humor e tendência à depressão, bem como na velocidade de processamento e atenção auditiva. Além disso, os pacientes deste estudo afirmaram sentir-se mais alertas, seguros e confortáveis ao realizarem essas atividades.

Assim, a RV demonstra funcionalidade significativa, emergindo como uma ferramenta promissora para uma terapia menos invasiva e mais agradável no tratamento e reabilitação de pacientes com demência. Contudo, foi constatada a escassez de estudos experimentais que investiguem o uso terapêutico dessa tecnologia, resultando em uma aplicabilidade ainda restrita, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil (Fernandes *et al.*, 2022).

EQUILÍBRIO POSTURAL E LESÕES CEREBELARES

Segundo Schiavinato *et al.* (2011), lesões no cerebelo em qualquer área anatômica podem caracterizar as disfunções cerebelares. As causas mais comuns que levam a essas alterações são: acidente vascular encefálico, traumatismo crânio encefálico, tumores em geral e patologias que proporcionam a degeneração do córtex cerebelar. Aproximadamente

10% de disfunções cerebelares, proprioceptivas, vestibulares ou de diversas vias de integração com o SNC são as responsáveis pela redução principalmente no equilíbrio.

Equilíbrio postural é a capacidade funcional do indivíduo de equilibrar seu centro de gravidade corporal e se manter em estabilidade durante a movimentação e o repouso. Nesse viés, o SNC tem, dentre suas funções, processar todas as informações originadas através do sistema sensorial e, então, promover uma resposta motora que irá desencadear o ajuste da postura com a finalidade de manutenção do equilíbrio postural (Lima *et al.*, 2017).

Os sistemas visual, vestibular e somatossensorial são os principais responsáveis por controlar o equilíbrio através da constância do centro de gravidade sobre a base de sustentação, tanto em posturas estáticas quanto dinâmicas. Ademais, o corpo é o responsável por adaptar as diferenças no centro de gravidade, seja de forma voluntária ou involuntária (Panassol; Oltramari; Schuster, 2017).

Existem duas forças produzidas pelo corpo que, em conjunto, são responsáveis pelo equilíbrio postural, sendo elas as forças externas (força da gravidade) e internas (músculos). O equilíbrio postural acontece devido a uma conformação de todas essas forças agindo no corpo, controlando-as e permitindo a estabilidade postural (Panassol; Oltramari; Schuster, 2017). Para Júnior e Silva (2012), o uso da realidade virtual proporciona informações sensoriais o suficiente para promover a estabilidade no equilíbrio corporal e garantir o aperfeiçoamento da função motora.

Leão *et al.* (2017) consideram a realidade virtual como um recurso extremamente importante na área de reabilitação em tratamentos fisioterapêuticos. Assim, o uso do equipamento *XBOX 360®*, resulta em inúmeros benefícios para o indivíduo com algum tipo de lesão, afinal, um tratamento descontraído pode deixar o paciente mais à vontade, motivado e aumentar o nível de concentração nos exercícios. O resultado satisfatório conta com o ganho de equilíbrio, resistência muscular e, até mesmo, incentivo para continuar com o tratamento.

O estudo realizado por Pimentel e Soares (2020), demonstrou que a realidade virtual foi muito eficaz e bem aceita, principalmente com o equipamento *Nintendo Wii®*, utilizado em intervenções com pacientes idosos. Além disso, os autores citam sobre os benefícios proporcionados como uma forma lúdica e descontraída de intervenção, que incluem o desenvolvimento da propriocepção e a melhora da capacidade funcional.

A RV é um método terapêutico de fácil aplicabilidade, porém, é imprescindível a presença de um profissional com conhecimentos relacionados à realidade virtual, ao funcionamento do equipamento e com domínio da individualidade necessária para tratar a patologia do indivíduo, de maneira a garantir resultados satisfatórios ao final do tratamento (Ramos *et al.*, 2018). Assim, personalizar a programação das atividades para o treino, verificando sempre os ganhos adquiridos, facilita para a adequação do nível de complexidade da atividade (Macedo *et al.*, 2020).

Ademais, assim como todo método utilizado para tratamento, cuidados e precauções devem ser tomados para que não ocorram lesões durante o uso desta tecnologia e conseqüentemente piora do estado atual do indivíduo, de maneira a garantir que os riscos do uso sejam minimizados e os benefícios maximizados (Júnior; Silva, 2012).

TRAUMA RAQUIMEDULAR

O traumatismo raquimedular (TRM) refere-se a uma lesão na medula espinal que resulta em comprometimento parcial ou total das suas funções (Campos *et al.*, 2012). Existem dois tipos de lesões medulares, a lesão primária, causada por um dano inicial na medula espinal, e a lesão secundária, que ocorre como resultado de processos inflamatórios subsequentes, levando a complicações como isquemia, edema e dano oxidativo (Hellenbrand *et al.*, 2021). Os segmentos mais afetados são a coluna cervical baixa (C3-C7) e a transição toracolombar, sendo a maioria das fraturas toracolombares decorrente de quedas, enquanto lesões na coluna torácica são predominantemente causadas por acidentes de trânsito (Silva; Moura; Mendanha Neto, 2020).

Aproximadamente 12.500 pessoas sofrem lesões na medula todos os anos na América Latina. A morte de neurônios é gerada por uma cascata de inflamação que ocorre a partir de danos gliais e neuronais que pioram ao longo do tempo. Na maioria das vezes a lesão leva o paciente a não conseguir mais cuidar de si mesmo (Hellenbrand *et al.*, 2021).

Na terapia promovida após o TRM, a repetição de tarefas é crucial para estabelecer padrões de movimento, ativando circuitos neurais específicos. Isso não apenas beneficia as funções sensoriais, mas também regula entradas sensoriais que imitam a tarefa. Além disso, a participação ativa dos pacientes em ambientes motivadores melhora a reabilitação. Esses princípios são ressaltados e aprimorados por tecnologias inovadoras, como a realidade virtual, na neuroreabilitação (Miguel-Rubio *et al.*, 2022).

O autor Ginja (2021) destaca a estimulação neuromuscular aliada a terapia com Realidade Virtual e destaca que a fisioterapia associada a essa tecnologia tem o objetivo de recuperar e manter o tônus muscular, porém lesões medulares ainda são um desafio para a ciência reabilitativa. Efeitos devastadores no processo de sinalização neuromuscular, sensorial e autonômica geralmente são encontrados em pacientes com lesão medular. A perda do controle postural, da capacidade de caminhar e de se equilibrar são os principais desafios encontrados pelos pacientes que sofreram o TRM. Do ponto de vista motor, há uma possibilidade de treino personalizado de alta intensidade que tem por objetivo melhorar os movimentos. Isso, através de alternativas oferecidas pela realidade virtual, permite que ocorra respostas de *feedback*, no qual o utilizador se imagina em um espaço real (Leemhius *et al.*, 2021).

A nova tecnologia *Unity 3D*, proposta pelo estudo de Al Nattah, Tiberti e Segaletti (2024), é capaz de integrar realidade virtual e movimento, fornecendo uma plataforma

de jogo, que cria realidades da vida cotidiana com o intuito de melhorar os movimentos. Além disso, juntamente com essa tecnologia, o *Leap Motion*, um dispositivo sensor de movimentos, foi eficaz para reabilitação de membros superiores, visto que ele avalia a bradicinesia, isto é, a lentidão na execução de movimentos. Essa tecnologia contribui para a identificação de movimentação em membros superiores, aumentando a amplitude do movimento e o nível de recuperação do membro superior. Ao final da terapia pesquisada, foi aplicado um questionário aos participantes e as respostas obtidas indicaram uma experiência excelente e um alto nível de satisfação com a terapia *Leap Motion*, o que demonstra benefícios dessa terapia emergente.

De acordo com Al Nattah, Tiberti e Segaletti (2024), o ambiente de terapia de realidade virtual consiste em posicionar um paciente em frente ao sensor com o intuito de que esse consiga capturar a movimentação das mãos, de modo que a tecnologia faça um rastreamento preciso. Para tanto, vários *videogames* com níveis de dificuldades diferentes são aplicados ao paciente, e contemplam jogos de tarefas simples, como contar de um a cinco com os dedos. A tecnologia também libera um som sempre que a tarefa esperada é concluída, gerando um mecanismo de *feedback*.

Conforme dito por Maggio *et al.* (2023), no ambiente virtual é possível proporcionar um ótimo *feedback* audiovisual de reabilitação, por meio da realização de exercícios, sons e estímulos visuais, personalizando todas as atividades por meio da alteração do nível de dificuldade, área e velocidade de processamento. Frequentemente, limitações funcionais de longo prazo no sistema sensorio motor estão relacionadas com lesão medular, podendo envolver membros superiores e inferiores (Araújo *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

A utilização da Realidade Virtual como terapia em condições neurológicas, como a doença de Parkinson, o acidente vascular encefálico, demência, declínio cognitivo, equilíbrio e trauma raquimedular tem demonstrado potencial terapêutico promissor. Na doença de Parkinson, a RV apresenta melhorias tanto nos sintomas motores quanto não motores, enquanto no AVE, promove a recuperação funcional e neuroplasticidade. Para demência e declínio cognitivo, embora os resultados sejam mistos, há evidências de melhorias na função cognitiva geral. No contexto do equilíbrio, a RV proporciona treinamento personalizado e melhora da estabilidade postural. No trauma raquimedular, a RV complementa a fisioterapia ao oferecer *feedback* personalizado e estímulo sensorial. Apesar das inúmeras vantagens, desafios, como a necessidade de mais estudos e a possibilidade de complicações, como tonturas, devem ser considerados. Contudo, a RV emerge como uma ferramenta terapêutica inovadora e promissora, sugerindo uma evolução na reabilitação neurológica, embora ainda exija investigações mais amplas e rigorosas para confirmar seus benefícios em diferentes populações.

REFERÊNCIAS

ADAMOVIČH, S. V. *et al.* Design of a complex virtual reality simulation to train finger motion for persons with hemiparesis: a proof of concept study. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 6, p. 28, 2009.

ALIA, C. *et al.* Neuroplastic Changes Following Brain Ischemia and their Contribution to Stroke Recovery: Novel Approaches in Neurorehabilitation. **Frontiers in Cellular Neuroscience**, v. 11, p. 76, 2017.

AL NATTAH, M. M. A.; TIBERTI, S.; SEGALETTI, L. Semi-Immersive Virtual Reality Exercise Therapy for Upper Limb Rehabilitation in Patients With Spinal Cord Injury Using the Leap Motion Controller. **Cureus**, v. 16, n. 1, p. e52261, 2024.

ARAÚJO, A. V. L. *et al.* Eficácia da reabilitação com realidade virtual após lesão medular: uma revisão sistemática. **BioMed Research Internacional**, p. 1-5, 2019.

ÁVILA, J. L. S. *et al.* Realidade virtual imersiva para a reabilitação do acidente vascular encefálico: revisão sistemática de relatos de casos. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v. 17, 3, p.01-17, 2024.

BARRIOS, J. M. *et al.* Virtual Reality and Motor Imagery: Promising Tools for Assessment and Therapy in Parkinson's Disease. **The Gerontologist**, v. 59, n. 1, p. 32-38, 2019.

BOHIL, C. J.; ALICEA, B.; BIOCCA, F. A. Virtual reality in neuroscience research and therapy. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 12, n. 12, p. 752-762, 2011.

BUELE, J.; VARELA-ALDÁS, J. L.; PALACIOS-NAVARRO, G. Virtual reality applications based on instrumental activities of daily living (iADLs) for cognitive intervention in older adults: a systematic review. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 168, 2023.

CAMPBELL, B. C. V; KHATRI, P. M. D. Stroke. **The Lancet**, v. 396, p. 129-142, 2020.

CAMPOS, F.; PINTO, G. Manual de Iniciação em Neurocirurgia. 2. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2012. 386 p.

CARDOSO, T. P. *et al.* Neuroplasticidade e recuperação funcional: Novas abordagens no tratamento de lesões neurológicas. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, v. 10, n. 1, p. 1005–1013, 2024.

CHATTERJEE, K. *et al.* Immersive Virtual Reality for the Cognitive Rehabilitation of Stroke Survivors. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 30, p. 719-728, 2022.

CINNERA, A. M. *et al.* Exploring the Potential of Immersive Virtual Reality in the Treatment of Unilateral Spatial Neglect Due to Stroke: A Comprehensive Systematic Review. **Brain Sciences**, v. 12, n. 11, p. 1589, 2022.

CIPRESSO, P. *et al.* Virtual multiple errands test (VMET): a virtual reality-based tool to detect early executive functions deficit in Parkinson's disease. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 8, p. 405, 2014.

CHAUDHURI, K. R., HEALY, D. G., & SCHAPIRA, A. H. Non-motor symptoms of Parkinson's disease: diagnosis and management. **The Lancet Neurology**, v. 5, n. 3, p. 235-245, 2006.

- DAREKAR, A. Virtual Reality for Motor and Cognitive Rehabilitation. **Current topics in behavioral neurosciences**, v. 65, p. 337–369, 2023.
- DOCKX, K. *et al.* Virtual Reality for Rehabilitation in Parkinson's Disease. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 12, n. 12, p. CD010760, 2016.
- EISAPOUR, M. *et al.* Virtual Reality Exergames for People Living with Dementia Based on Exercise Therapy Best Practices. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2018 Annual Meeting**, p. 528-532, 2018.
- ELEFThERiADOU, E. *et al.* A systematic review of the effect of virtual reality interventions on cognition in users with neurological conditions. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 15, n. 1, p. 87, 2018.
- EUN, S. J. *et al.* Artificial intelligence - based personalized serious game for enhancing the physical and cognitive abilities of the elderly. **Future Generation Computer Systems**, v. 141, p. 713-722, 2023.
- FENG, H. *et al.* Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients: A Randomized Controlled Trial. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**, v. 25, p. 4186–4192, 2019.
- FERNANDES, S. D. V. *et al.* Realidade virtual no tratamento e reabilitação de demências: uma revisão integrativa. **Medicina e a aplicação dos avanços da pesquisa básica e clínica**. 2ed. Ponta Grossa: Atena, 2022, p. 67-73.
- FIGUEIREDO, A. L. *et al.* Utilização da realidade virtual na doença de Alzheimer: uma revisão bibliográfica. **Revista FisiSenectus**, v. 7, n. 1, p. 61–68, 2019.
- GARCIA-BETANCES, R. I. *et al.* A succinct overview of virtual reality technology use in Alzheimer's disease. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 7, p. 80, 2015.
- GHAZANFAR, A. S. *et al.* A systematic review: Virtual-reality-based techniques for human exercises and health improvement. **Frontiers in Public Health**, v. 11, 2023.
- GINJA, G. A. **Desenvolvimento e validação de um ambiente de realidade virtual para reabilitação de membros superiores em pessoas com lesão medular**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- GOFFREDO, M. *et al.* Non-Immersive Virtual Reality Telerehabilitation System Improves Postural Balance in People with Chronic Neurological Diseases. **Journal of clinical medicine**, v. 12, n. 9, p. 3178, 2023.
- GONÇALVES, E. C. *et al.* Terapias utilizadas nos cuidados paliativos do idoso portador de Alzheimer: uma revisão integrativa. **J Health Sci Inst**, v. 41-4:269-74, 2023.
- HELLENBRAND, D. J. *et al.* Inflamação após lesão da medula espinhal: uma revisão do cronograma crítico de sinais de sinalização e infiltração celular. **Jornal de Neuroinflamação**, v. 18, n. 1, p. 284, 2021.
- HOWARD, M. C. A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. **Computers in Human Behavior**, v.70, p. 317-327, 2017.

- HUANG, Q. *et al.* Immersive virtual reality-based rehabilitation for subacute stroke: a randomized controlled trial. **Journal of Neurology**, v. 271, p. 1256–1266, 2023.
- HUYGELIER, H. *et al.* The Use of the Term Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Scoping Review and Commentary. **Psychologica Belgica**, v. 61, n. 1, p. 145–162, 2021.
- KANG, J. *et al.* Effect of Cognitive Training in Fully Immersive Virtual Reality on Visuospatial Function and Frontal-Occipital Functional Connectivity in Predementia: Randomized Controlled Trial. **Journal of medical Internet research**, v. 5, n. 23, p. 24526. 2021.
- KHALID, S. *et al.* Overview of gait rehabilitation in stroke. JPMA. **The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 73, n. 5, p. 1142–1145, 2023.
- KIM, H., JUNG, J., LEE, S. Therapeutic Application of Virtual Reality in the Rehabilitation of Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Vision**, v. 4, n.6, p 68, 2022.
- KUMAR, J. *et al.* Innovative Approaches and Therapies to Enhance Neuroplasticity and Promote Recovery in Patients With Neurological Disorders: A Narrative Review. **Cureus**, v. 15, n. 7, p. e41914, 2023.
- LAVIER, K. *et al.* Virtual reality for stroke rehabilitation. **The Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 11, n. 11, p. CD008349, 2017.
- LEEMHIUS, E. *et al.* Virtual to Get Real: virtual reality as a resource for spinal cord treatment. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 18, n. 4, p. 1-10, 2021.
- LEI, C. *et al.* Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. **PLoS One**, v. 14, n. 11, p. e0224819, 2019.
- LIAO Y. Y. *et al.* Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 56, n. 1, p. 47-57, 2019.
- LOHSE, K. R. *et al.* Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy. **PLoS One**, v. 9, n. 3, p. e93318, 2014.
- MAGGIO, M, G. *et al.* Do Individuals with Spinal Cord Injury Benefit from Semi-Immersive Virtual Reality Cognitive Training? Preliminary Results from an Exploratory Study on an Underestimated Problem. **Brain Sciences**, v. 13, n. 6, p. 1-10, 2023.
- MAROUGKAS, A. *et al.* Virtual Reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade. **Electronics**, v. 12, p. 2832e, 2023.
- MENDES, F. A S. *et al.* Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease-effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. **Physiotherapy**, v. 98, n. 3, p. 217-223, 2012.
- MIGUEL-RUBIO, A. *et al.* A Therapeutic Approach Using the Combined Application of Virtual Reality with Robotics for the Treatment of Patients with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 14, p. 8772, 2022.

- MIRELMAN, A. *et al.* Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME): a randomised controlled trial. **The Lancet**, v. 388, n. 10050, p. 1170-1182, 2013.
- MOLINARI, M.; MASCIULLO, M. Stroke and potential benefits of brain-computer interface. **Handbook of Clinical Neurology**, v. 168, p. 25-32, 2020.
- MONTEIRO, E. P. *et al.* Aspectos biomecânicos da locomoção de pessoas com doença de Parkinson: revisão narrativa. **Revista Brasileira De Ciências Do Esporte**. v. 39, n. 4, p. 450–457, 2017.
- MUSZKAT, M.; CARRER, L. R. J. O cérebro musical: por uma neurociência da música aplicada à saúde. **Revista Ciências Da Saúde Ceuma**, v. 2, n. 1, p. 80–101, 2024.
- OBESO, J. A. *et al.* Past, present, and future of Parkinson's disease: A special essay on the 200th Anniversary of the Shaking Palsy. **Movement Disorders**, v. 32, n. 9, p. 1264-1310, 2017.
- PAZZAGLIA, C. *et al.* Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial. **Physiotherapy**, v. 106, p. 36–42, 2020.
- POMPEU, J. E. *et al.* Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures!™ for people with Parkinson's disease: a pilot study. **Physiotherapy**, v. 102, n. 3, p. 256-262, 2016.
- POEWE, W. Non-motor symptoms in Parkinson's disease. **European Journal of Neurology**, v. 15, n. 1, p. 14-20, 2008.
- RODRÍGUEZ-MANSILLA, J. *et al.* (2023). Effects of Virtual Reality in the Rehabilitation of Parkinson's Disease: A Systematic Review. **Journal of clinical medicine**, v. 12, n. 15, p. 4896, 2023.
- SACCO, R. L. *et al.* Correction to: An Updated Definition of Stroke for the 21st Century: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. **Stroke**, v. 50, n. 8, p. e239, 2019.
- SAPOSNIK, G., LEVIN, M., Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. **Stroke**, v. 47, n. 9, p. 2149-2155, 2016.
- SAYMA, M. *et al.* Are We There Yet? Immersive Virtual Reality to Improve Cognitive Function in Dementia and Mild Cognitive Impairment. **The Gerontologist**, v. 60, n. 7, p. 502-512, 2020.
- SEAMON, B. *et al.* A Clinical Introduction to Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders: A Practitioner's Guide. **Springer**, 2019.
- SHAHRBANIAN, S. *et al.* Neuroplasticity Mechanisms and Physiological Changes in the Brain during Rehabilitation Following Peripheral Nerve Injury. **Frontiers in Cellular Neuroscience**, v. 14, p. 600980, 2020.
- SILVA, I. B.; MOURA, G. R. F.; MENDANHA NETO, L. Traumatismo raquimedular: uma revisão literária do seu mecanismo e da sua epidemiologia. In: Trauma e Emergência. 1. ed. Irati: Editora Pasteur, 2020. 559 p.

SMITH, J.; SILVA, A. O papel da reabilitação neurológica na recuperação funcional após lesões neurológicas: uma revisão abrangente. **Revista de Neurologia e Reabilitação**, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2023.

THALER, A. I.; THALER, M. S. *Neurologia Essencial*. 1ª edição. Porto Alegre-RS: Editora Artmed, 2023.

VOINESCU, A.; SUIZ, J.; FRASER, D. S. Virtual Reality in Neurorehabilitation: An Umbrella Review of Meta-Analyses. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 7, p. 1478, 2021.

WU, J., MA, Y., REN, Z. Rehabilitative Effects of Virtual Reality Technology for Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review With Meta-Analysis. **Frontiers in psychology**, v. 11, p.1811, 2020.

YEH, S. C. *et al.* Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial. **Physical Therapy**, v. 97, n. 6, p. 537-549, 2017.

substancialmente: em 2022, este número atingiu cerca de 1,1 bilhões, acima dos 929 milhões registrados um ano antes (Statista, 2023).

No que tange aos tipos de dispositivos, a coleta de dados acontece por meio de sensores, sendo eles divididos em passivos e ativos e, ainda, subdivididos em vestíveis e não vestíveis. Os passivos são representados pelo celular, o exemplo mais onipresente. Estes sensores permitem recursos baseados na física, como detectar o número de passos que uma pessoa dá durante um dia. A maioria dos *smartphones* também pode detectar a posição geográfica, a pressão atmosférica, a luz ambiente, a voz, detectar quedas, espirômetro (detectando a pressão do ar no microfone) ou sensor de frequência cardíaca (Sim, 2019).

Os vestíveis apresentam grandes similaridades com os sensores presentes nos *smartphones*, mas também podem possuir sensores fotopletismográficos, que medem a frequência cardíaca e sua variabilidade. Ademais, também podem detectar fibrilação atrial, medir a atividade muscular e a postura, além de medir variações de força, pressão, umidade e temperatura, tudo isso por meio de sensores interativos que estão cada vez mais sendo conectados em rede com sensores incorporados em objetos do cotidiano, o que cria a chamada “Internet das Coisas”, uma interação que permite a exploração da influência ambiental nas trajetórias das doenças (Sim, 2019).

Os sensores ativos e não vestíveis fazem uso da “onipresença” dos dispositivos para coletar informações e, através da avaliação ecológica momentânea (EMA), coletam dados sobre dor crônica, ansiedade, transtornos por uso de substâncias, e muitas outras condições, antes possível somente perguntando ao paciente (Sim, 2019). Sob essa perspectiva, as tecnologias digitais oferecem um enorme potencial para mudar as rotinas médicas tradicionais para uma nova abordagem em medicina remota, que transforma a capacidade médica de gerir a saúde, além de aumentar a independência das populações idosas (Chen; Ding; Wang, 2023).

Entretanto, sensores captam dados e valores que são inviáveis sem uma interpretação. Para isso, existem aplicativos de saúde que são programas de *software* em dispositivos móveis que processam dados de saúde relacionados sobre ou para seus usuários. Todos os indivíduos preocupados com a saúde podem utilizá-los, sejam leigos, cuidadores familiares ou profissionais de saúde, para manter, melhorar ou gerir a saúde de um indivíduo e da comunidade, sendo os principais grupos-alvo de utilizadores, mas não exclusivamente: profissionais de saúde, pacientes e cuidadores familiares. Do ponto de vista da saúde pública, centram-se na prevenção secundária, ou seja, diagnóstico e tratamento precoce de doenças ou lesões agudas; e terciária, na reabilitação e na gestão de doenças crônicas (Maass *et al.*, 2022).

A *Google Play Store* oferece mais de 100.000 aplicativos *mHealth*, com mais de 300.000 disponíveis em todas as lojas, sendo que os aplicativos *iOS* contemplam cerca de 83% do total disponível no *Android* (42 Matters; Philip, 2021). Em uma análise de Philip *et*

al. (2022), foram avaliados 3.251 aplicativos *Android*. Destes, menos de 10,74% utilizam dispositivos inteligentes e *wearables* para coletar métricas de saúde, principalmente medindo frequência cardíaca, glicose e composição corporal, sendo que muitos deles utilizam serviços personalizados, o que afeta a interoperabilidade entre dispositivos. Entretanto, aplicativos que promovem a integração, como *Apple Health* e *Google Fit* estão aumentando, o que otimiza a interoperabilidade, apesar de ainda exigirem a instalação de múltiplos aplicativos, sendo assim, o uso de perfis padrão poderia melhorar essa interoperabilidade (Shaw *et al.*, 2020). Vários aplicativos solicitam acesso a *hardware* como GPS e câmera, mas seu número ainda é pequeno, o que indica a necessidade de mais pesquisas sobre seu uso em saúde (Philip *et al.*, 2022).

Apesar disso, o uso atual da tecnologia vestível na saúde tende a favorecer certos grupos da população em detrimento de outros, o que levanta preocupações sobre justiça e representatividade. Idosos e crianças são frequentemente excluídos, apesar de poderem se beneficiar dela. A inclusão desses grupos pode melhorar a representatividade dos dados de saúde, mas questões éticas, como segurança e privacidade precisam ser consideradas. Excluir partes significativas da população pode levar a conjuntos de dados tendenciosos e prejudicar a formulação de políticas de saúde abrangentes (Canali; Schiaffonati; Aliverti, 2022).

Com isso, é notório o avanço e as evidências positivas no que tange ao uso de dispositivos inteligentes, ainda que existam ponderações. Como exemplo, os smartphones popularizaram a *mHealth*, mas também criaram incertezas e um desequilíbrio entre ciência e mercado (Istepanian, 2022). Os dispositivos vestíveis podem influenciar a percepção e a resposta dos usuários à sua saúde, mas são passíveis de mais validação e aprimoramento tecnológico, visto que constantemente estão em processo de aprimoramento (Hickey *et al.*, 2021). Em suma, a aplicação dos dispositivos inteligentes para monitoramento remoto já se mostra como realidade, mas também como promessa para responder às necessidades e transformar muitos aspectos do cuidado de forma promissora (Chen; Ding; Wang, 2023).

BARREIRAS E ADOÇÃO DA TECNOLOGIA

A pandemia do Covid-19 ocorrida no período de 2020 a 2021 mostrou ao mundo a necessidade do amadurecimento e da inserção da tecnologia, essencialmente no âmbito da saúde. A aplicação do meio digital precisou passar por uma superação diante dos desafios e limitações já existentes, somados aos que foram impostos pela pandemia, principalmente relacionados à educação médica (Vieira; Akamatsu; Jácomo, 2023).

Haja vista que a inteligência artificial é potencialmente inovadora em diversas áreas médicas, é essencial que a integração dessa tecnologia na educação médica encontre-se presente desde o princípio do aprendizado, levando a melhores decisões clínicas, ao desenvolvimento de pesquisas e a estudos sobre novos fármacos, além de adequar a

individualidade do atendimento ao paciente dos futuros profissionais, minimizando as chances de erros humanos (Suazo, 2023).

Entretanto há muitas barreiras e desafios a serem vencidos relacionados à ética, e aos âmbitos social e legal, sendo necessário, portanto, uma análise minuciosa da aplicação dessas tecnologias antes da tomada de qualquer decisão (Chamba Cuadros, 2024).

A IA não vem com intuito de substituir o desenvolvimento humano, mas sim refiná-lo e aprimorá-lo da melhor maneira possível. Esse aperfeiçoamento na área médica busca a otimização dos atendimentos, acelerando diagnósticos para que sejam mais assertivos e precisos, como o resultado observado quanto ao uso da IA na análise das imagens radiológicas e no processamento das informações contidas nos prontuários eletrônicos, proporcionando considerações imediatas e precisas dos pacientes (Ávila *et al.*, 2020). Assim, a precisão do diagnóstico depende de fatores, como o modelo, a qualidade da IA e os dados disponibilizados (Gual, 2023).

A Comissão Europeia, em 2019, estabeleceu três princípios para o uso da IA na área médica, com o objetivo de garantir maior eficiência e eficácia no uso de tecnologias. O primeiro princípio determinado é relacionado ao desenvolvimento, execução e manipulação da IA, estritamente com propósito ético, preponderando garantias éticas de implementar segurança ao usuário. O segundo princípio rege a preocupação em preservar o cuidado e atenção às circunstâncias relacionadas aos grupos de maior vulnerabilidade, sendo estes as crianças, os idosos e as pessoas com deficiências. O terceiro e último princípio enfatiza a preocupação do impacto negativo quanto a áreas de preocupação crítica, garantindo que a IA na medicina promova o bem-estar e a segurança de todos os envolvidos.

Portanto é importante elucidar que a IA não substitui inteiramente o posicionamento humano, ela serve de complemento e maximização em tomadas de decisões clínicas (Gual, 2023). Além disso, é importante destacar a imprescindibilidade da capacitação médica para que o usuário tenha segurança e privacidade quanto a coleta de dados (Chamba Cuadros, 2024).

CONCLUSÃO

A inteligência artificial (IA) está revolucionando a medicina tornando-a uma disciplina mais personalizada, precisa e eficiente em diversas frentes, incluindo a medicina personalizada e genômica, a triagem de imagens médicas, o monitoramento remoto e o uso de dispositivos inteligentes.

Na medicina personalizada, a IA possibilita terapias mais precisas e eficazes ao combinar técnicas genéticas com análise inteligente de dados clínicos, que inclui a identificação de biomarcadores e a personalização dos tratamentos de acordo com as individualidades dos pacientes. Na triagem de imagens médicas, especialmente durante a pandemia de COVID-19, a interpretação automatizada de exames como radiografias,

ressonâncias e tomografias revoluciona a prática radiológica, permitindo detecções mais rápidas e precisas. No monitoramento remoto, realizado por meio de dispositivos inteligentes como *smartphones* e *wearables*, a IA oferece dados em tempo real sobre a saúde dos pacientes, permitindo intervenções precoces e cuidados mais personalizados.

No entanto, apesar dos benefícios da IA, é fundamental abordar cuidadosamente questões sociais, legais e éticas, como privacidade e inclusão, para garantir o acesso equitativo e seguro a essas tecnologias. Além disso, para maximizar os benefícios dessa revolução tecnológica, é essencial ponderar a utilização da tecnologia de IA na prática médica, com capacitação dos profissionais da saúde, a fim de utilizar essa tecnologia de forma responsável, aprimorando, mas não substituindo, a prática médica.

REFERÊNCIAS

42 MATTERS. Store stats 2022. **42 Matters**, 2021. Disponível em: <<https://42matters.com/google-play-statistics-and-trends>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

ANDERSON, C.; KUMAR, P. AI in Wearable Medical Devices: A New Era for Health Monitoring. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 70, n. 1, p. 34-43, 2023.

ÁVILA, T. M. M. *et al.* Inteligência Artificial e suas Aplicações em Medicina II: Importância Atual e Aplicações Práticas. **Atenção Primária**, v. 53, n.1, p. 81-88, 2020.

BIDGOOD, W. D. *et al.* Understanding and using DICOM, the data interchange standard for biomedical imaging. **Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA**, v. 4, n. 3, p. 199–212, 1997.

BOEKEN, T. *et al.* Artificial intelligence in diagnostic and interventional radiology: Where are we now?. **Diagnostic and Interventional Imaging**, v. 104, n. 1, p. 1–5, 2023.

BROWN, G.; BIGGIO, B. Improving Speech Recognition Systems Using Artificial Intelligence". **IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing**, v. 29, p. 1654-1667, 2021.

CANALI, S.; SCHIAFFONATI, V.; ALIVERTI, A. Challenges and recommendations for wearable devices in digital health: Data quality, interoperability, health equity, fairness. **PLOS Digital Health**, v. 1, n. 10, 2022.

CHAMBA CUADROS, J. E. Desafios Bioéticos na Educação Médica na Era da Inteligência Artificial. **Revista San Gregorio**, Portoviejo, v. 1, n. 57, p. 186-198, 2024.

CHAMBERLAIN, A. *et al.* Inteligência Artificial (IA) e suas aplicações em exames de imagem: uma nova era para diagnósticos na área da saúde. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 12, p. 17605–17624, 2023.

CHANCELLOR, D. *et al.* The state of cell and gene therapy in 2023. **Molecular therapy: the journal of the American Society of Gene Therapy**, v. 31, n.12, p. 3376–3388, 2023.

CHEN, C.; DING, S.; WANG, J. Digital health for aging populations. **Nature Medicine**, v. 29, n. 7, p. 1623–1630, 2023.

- CHEN, M.; ROBERTS, L. Automating Personalized Treatment Plans through AI: Opportunities and Challenges. **The Lancet Digital Health**, v. 5, n. 1, p. 14-23, 2023.
- CHOU, P. H. *et al.* Ground truth generalizability affects performance of the artificial intelligence model in automated vertebral fracture detection on plain lateral radiographs of the spine. **The spine journal: official journal of the North American Spine Society**, v. 22, n. 4, p. 511–523, 2022.
- COGHLAN, S.; GYNGELL, C.; VEARS, D. F. Ethics of artificial intelligence in prenatal and pediatric genomic medicine. **Journal of community genetics**, v. 15, n.1, p. 13–24, 2024.
- DAVENPORT, T.; KALAKOTA, R.; LABERGE, D. The potential for artificial intelligence in healthcare. **Future Healthcare Journal**, v. 6, n. 2, p. 94-98, 2019.
- GUAL, A. Inteligência Artificial e Educação Médica: A Revolução Profissional. **Revista da Fundação de Educação Médica**, v. 26, n. 2, p. 43-47, 2023.
- GUTIERREZ, M. A. *et al.* Aplicação da inteligência artificial em imagem cardiovascular: classificação automática de imagens de radiografia de tórax. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 32, n. 1, p. 31-38, 2022.
- HENDERSON, P.; VENKATAPATHY, R. The Role of AI in Future Education. **Educational Researcher**, v. 51, n. 1, p. 31-44, 2022.
- HICKEY, B. A. *et al.* Smart Devices and Wearable Technologies to Detect and Monitor Mental Health Conditions and Stress: A Systematic Review. **Sensors**, v. 21, n. 10, p. 3461, 2021.
- HOWARTH, J. **How Many People Own Smartphones? 80+ Smartphone Stats**. Disponível em: <<https://explodingtopics.com/blog/smartphone-stats>>. Acesso em: 05 mai. 2024.
- HUGHES, G.; GREENFIELD, S. Data Governance in Medical AI: Ensuring Fairness and Transparency. **Health Affairs**, v. 40, n. 5, p. 875-879, 2021.
- ISTEPANIAN, R. S. H. Mobile Health (m-Health) in Retrospect: The Known Unknowns. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 7, p. 3747, 2022.
- JHA, S.; TOPOL, E. The Role of AI in Streamlining Telemedicine. **New England Journal of Medicine**, v. 386, n. 4, p. 301-303, 2022.
- JENSEN, K.; CHRISTIANSEN, L. E. Artificial intelligence and integrated diagnostic imaging—the future is here. **Danish Medical Journal**, v. 66, n. 6, p. A5544, 2019.
- JIANG, Y.; MA, S. Deep Learning for Early Detection of Skin Cancer: Challenges and Prospects. **Journal of Medical Imaging**, v. 38, n. 3, p. 046501, 2021.
- KAPOOR, A.; LEE, J. Deep Learning in Healthcare: A New Era of Medical Innovation and Efficiency. **Journal of the American Medical Association**, v. 329, n. 6, p. 509-515, 2023.
- KRITTANAWONG, C. *et al.* The rise of artificial intelligence and the uncertainty of physician roles. **Lancet**, v. 399, n. 10326, p. 721-728, 2022.

KRITTANAWONG, C. *et al.* Artificial Intelligence in Cardiology. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 77, n. 8, p. 1220-1233, 2021.

KASINATHAN, G.; JAYAKUMAR, S. Cloud-based lung tumor detection and stage

classification using deep learning techniques. **BioMed research international**, v. 2022, p. 4185835, 2022.

KAPOOR, A.; LEE, J. Personalized Cancer Treatment with Artificial Intelligence. **Lancet Oncology**, v. 22, n. 5, p. 204-213, 2021.

MACHADO, B. A. S. *et al.* Inteligência artificial e os avanços no diagnóstico por imagem na radiologia. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 7, p. e27523, 2021.

MAASS, L. *et al.* The Definitions of Health Apps and Medical Apps From the Perspective of Public Health and Law: Qualitative Analysis of an Interdisciplinary Literature Overview. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 10, n. 10, p. e37980, 2022.

MEIRELLES, G. S. P. *et al.* COVID-19: uma breve atualização para radiologistas. **Radiol Bras**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 320-328, 2020.

MORAES, J. J. *et al.* Impacto da tecnologia de inteligência artificial na medicina diagnóstica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 7, p. 1303–1214, 2023.

MULLER, V. C.; BOSTROM, N. Ethical Issues in Artificial Intelligence. **Ethics and Information Technology**, v. 23, n. 2, p. 85-102, 2021.

NEGRI, F.; UZIEL, D. O que é a medicina de precisão e como ela pode impactar o setor de saúde? **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Governo Federal)**, n. 2557, 2020.

OLIVEIRA, V. S. *et al.* O uso da inteligência artificial no diagnóstico por imagens médicas baseadas no padrão dicom: uma revisão sistemática. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, v. 4, n. 3, p. 506–511, 2023.

O'REILLY, C. A.; TUSHMAN, M. L. Lead and Disrupt: How to Solve the Innovator's Dilemma. Stanford, CA: **Stanford Business Books**, 2021.

PHILIP, B. J. *et al.* Data Collection Mechanisms in Health and Wellness Apps: Review and Analysis. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 10, n. 3, p. e30468, 2022.

PHILIP, B. mHealth Data Collection. **GitHub**, 2021. Disponível em: <https://github.com/benphilip1991/mHealth-data-collection/blob/main/apps_list.txt>. Acesso em: 17 mai. 2024.

QUAZI, S. Artificial intelligence and machine learning in precision and genomic medicine. **Medical oncology (Northwood, London, England)**, v. 39, n. 8, p. 120, 2022.

RAJKOMAR A. *et al.* Application of Deep Learning for Fast Detection of COVID-19 in X-Rays using nCOVnet". **Radiology**, v. 299, n. 1, p. 36-45, 2021.

ROGERS, T.; PATEL, S. Machine Learning Predictions for Heart Failure Onset: A Clinical Implementation. **Journal of Cardiac Failure**, v. 28, n. 1, p. 74-82, 2022.

- SHAW R. J. *et al.* Self-monitoring diabetes with multiple mobile health devices. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 27, n. 5, p. 667–76, 2020.
- SHICKEL, B. *et al.* Deep EHR: A survey of recent advances in deep learning techniques for electronic health record (EHR) analysis. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 22, n. 5, p. 1589-1604, 2018.
- SIM, I. Mobile Devices and Health. **New England Journal of Medicine**, v. 381, n. 10, p. 956–968, 2019.
- STATISTA. **Global connected wearable devices 2016-2022**, 2023. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/487291/global-connected-wearable-devices/>>. Acesso em: 05 mai. 2024.
- STATISTA. **Number of mobile phone users worldwide 2015-2020 | Statista**, 2016. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/>>. Acesso em: 05. mai. 2024.
- SUAZO, I. Inteligência Artificial em Medicina Humana. **Revista Internacional de Ciências Médicas e Cirúrgicas**, v. 10, n.1, p. 1-4, 2023.
- SCHWARTZ, R.; ETZIONI, O. AI and Drug Discovery: Leveraging Machine Learning Models for Faster Therapeutic Development. **Science**, v. 367, n. 6481, p. 982-986, 2023.
- SCHWARTZ, R.; ETZIONI, O. Artificial Intelligence for Sustainable Technologies. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 3, p. 1510-1526, 2022.
- SMITH, J.; LEE, H. Predictive Algorithms for Early Diagnosis of Alzheimer’s Disease.” **Neurology**, v. 98, n. 16, p. 1622-1630, 2022.
- SMITH, J.; MARTINEZ, T. Toward Fair and Transparent AI. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 70, p. 45-72, 2021.
- VIEIRA, J. E.; AKAMATSU, F. E.; JÁCOMO, A. L. Ensino da anatomia: dissecação em associação com a tecnologia no curso de Medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 7, n. 2. 2023.
- WACHTER, R.; HOWELL, M. D. The Future of Telemedicine and Its Faustian Reliance on Machine Learning. **Health Affairs**, v. 41, n. 2, p. 159-165, 2022.
- WHO. **mHealth Use of appropriate digital technologies for public health Report by the Director-General**. Disponível em: <https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA71/A71_20-en.pdf>. Acesso em: 05. mai. 2024.
- WILLIAMS, R.; THOMPSON, S. Addressing Bias in Artificial Intelligence in Medicine. **JAMA**, v. 326, n. 8, p. 737-738, 2021.
- YOKOO, P. *et al.* Inovações de qualidade e segurança no Departamento de Radiologia durante a pandemia pela COVID-19: uma experiência Latino-Americano. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, v.18, p. eGS5832, 2020.
- ZHANG, Y.; LECUN, Y. Advancements in Neural Network Architectures for Deep Learning. **Neural Networks**, v. 139, p. 205-216, 2021.

ZHAO, G.; CHEN, Y. Application of AI Techniques in Brain Tumor Classification: A Machine Learning Approach. **Radiology**, v. 299, n. 2, p. 317-328, 2021.



BRUNO FARNETANO

<http://lattes.cnpq.br/0561794731321836>

Médico pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Residência de Clínica Médica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ

Mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Viçosa- UFV

Professor de Clínica Médica do Faculdade Governador Ozanam Coelho -UNIFAGOC

MARCELLA RODRIGUES

Médica pela UFMG.

Ortopedista e traumatologista pelo Hospital da Baleia.

Cirurgiã de mão pelo HMAL-FHEMIG.

Titular SBOT e SBCM.

Ex Membro da Comissão de Ensino e Treinamento (CET) - SBOT MG.

CEO Grupo Ortoacademy.





NATÁLIA DE FÁTIMA GONÇALVES AMÂNCIO Fisioterapeuta, graduada pelo Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM (2010), Pós-Doutora em Promoção da Saúde pela Universidade de Franca-UNIFRAN (2020), especialista em Fisioterapia na Saúde da Mulher e do Homem pela FCMMG (2014) e em Saúde Pública com ênfase em Saúde da Família pelo UNIPAM (2013). É docente do Curso de Medicina do UNIPAM, e membro do Conselho Curador do UNIPAM.
<http://lattes.cnpq.br/3797112138697912>

JULIANA LILIS DA SILVA, Graduada em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP (2002), mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU (2003) e doutoranda em Administração pela UFU. Docente do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) desde 2005.

<http://lattes.cnpq.br/8844417691814809>





KARINE SIQUEIRA CABRAL ROCHA Médica, formada pela UFMG em 2001. Especialista em Medicina de Família e Comunidade e em Homeopatia. Mestre em Ciências da Saúde pela UFSJ e doutoranda em Promoção da Saúde pela UNIFRAN. Docente da UFSJ desde 2010 e do UNIPAM desde 2014. Atualmente é coordenadora do curso de medicina do UNIPAM.


<http://lattes.cnpq.br/1327777040350860>

TECNOLOGIAS PARA O CUIDADO




 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

TECNOLOGIAS PARA O CUIDADO

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br