NEUROFEEDBACK EM PESQUISAS BRASILEIRAS SOBRE A ATENÇÃO: UMA REVISÃO DE ESCOPO

NEUROFEEDBACK IN BRAZILIAN RESEARCH CONCERNING ATTENTION: A SCOPING REVIEW

Adriana Vazzoler-Mendonça
ORCID 0000-0003-0190-5533
Universidade de São Paulo, USP
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP
Campinas, Brasil
vazzoler.mendonca@unesp.br

Laerte Silva da Fonseca
ORCID 0000-0002-0215-0606
Universidade de São Paulo, USP
Instituto Federal de Sergipe, IFS
Aracaju, Brasil
laerte.fonseca@ifs.edu.br

Resumo. O objetivo desta revisão de escopo foi conhecer os materiais e métodos das pesquisas brasileiras que utilizaram *neurofeedback* em experimentos sobre a atenção nos últimos dez anos. O *neurofeedback* é uma técnica terapêutica transdisciplinar que tem mostrado resultados promissores da avaliação e reabilitação da atenção dos contextos da saúde mental, educação, esportes e desempenho profissional. Foram buscadas no Google Acadêmico publicações brasileiras em língua portuguesa, com as palavras "*neurofeedback*" ou "*neurobiofeedback*" e "atenção" ou "TDAH" nos títulos, de 2015 a 2024, e filtrados os formatos artigo, tese, dissertação, TCC e apresentação em evento, resultando em seis publicações. Os principais resultados denotam falta de informações relevantes para a reprodutibilidade e replicabilidades dos experimentos, e vulnerabilidade dos pesquisadores brasileiros devido à dependência de um único país fornecedor das tecnologias. A contribuição principal deste estudo para seu campo é a sugestão de desenvolvimento de tecnologias nacionais e o alerta para o aprimoramento dos registros dos experimentos.

Palavras-chave: TDAH; neuromodulação autorregulatória; jogos sérios; reabilitação; interface cérebro-computador

Abstract. The aim of this scoping review was to learn about the materials and methods of Brazilian research which has employed neurofeedback in experiments involving attention over the last ten years. Neurofeedback is a transdisciplinary therapeutic technique that has shown promising results in the assessment and rehabilitation of attention in the contexts of mental health, education, sports and professional performance. We searched Google Scholar for Brazilian publications in Portuguese, with the words "neurofeedback" or "neurobiofeedback" and "atenção" or "TDAH" in the titles, from 2015 to 2024, and filtered the formats article, thesis, dissertation, undergraduate course conclusion paper and presentation in events, resulting in six publications. The main results show a lack of relevant information regarding the reproducibility and replicability of experiments, and the vulnerability of Brazilian researchers due to their dependence on a single country as supplier of technologies. The main contribution of this study to its field is the suggestion to develop national technologies and the call to improve experiment records.

Keywords: ADHD; self-regulatory neuromodulation; serious games; rehabilitation; brain-computer interface

1. INTRODUÇÃO

Este estudo teve por objetivo conduzir uma revisão de escopo para conhecer os materiais e métodos das pesquisas brasileiras que utilizaram *neurofeedback* (NFB) em experimentos envolvendo o construto da atenção.

A função cognitiva "atenção" tem sido estudada pelas ciências cognitivas como um conjunto de processos mentais, conscientes ou não e, pelas neurociências, como um determinado estado fisiológico cerebral. A atenção sustentada, que perdura, também conhecida por concentração, é a capacidade cognitiva básica para se executar qualquer tarefa ou desenvolver uma habilidade (Grecco, 2023).

A atenção é uma habilidade particularmente importante na vida, pois a falta de atenção pode levar a muitas consequências negativas (Gu, Yang, Chen, Liu, & Liang, 2022). Grecco (2023) explica que a atenção é fundamental para o processo educacional na infância e na aquisição de conhecimento em qualquer idade, mesmo que o nível atencional varie ao longo

da vida. No contexto de ensino-aprendizagem, a atenção é necessária para o aluno se concentrar e absorver as informações que lhe são apresentadas, de modo que a falta de atenção pode levar a dificuldades de aprendizagem e baixo rendimento escolar. E Krell, Dolecki, & Todd (2023) confirmam que a atenção é o eixo das funções executivas: é ela que possibilita aos estudantes se concentrar nas atividades propostas, seguir instruções e sustentar o esforço mental ao longo das tarefas, o que impacta diretamente na resolução de problemas, na criatividade e no pensamento crítico.

As dificuldades de atenção, portanto, não são objeto de interesse somente da psicologia e da psiquiatria, mas também da educação. Professores e outros profissionais da educação são parte do ambiente que pode favorecer a atenção e o engajamento dos estudantes, por meio de recursos didáticos, métodos e tecnologias específicas. Nesse contexto, Menezes, Castilho e Souza (2025) observaram que, nos últimos anos, o uso intensivo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e a prática da multitarefa digital podem estar produzindo prejuízos nos processos cognitivos, especialmente na atenção sustentada, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Assim, os apoios a pessoas com dificuldades atencionais devem ser individualizados e, para isso, é necessário que os profissionais da educação também estejam atentos aos interesses, pontos fortes e dificuldades de cada indivíduo (İnal, Özkan, & Göktaş, 2023). Os indivíduos podem ser ensinados a se autorregular e desenvolver sua própria capacidade de atenção, por meio de, por exemplo, técnicas de meditação, mindfulness e respiração, as quais podem ajudar a controlar a ansiedade e o estresse, melhorar o foco, a memória, a concentração e a tenacidade por longos períodos (Grecco, 2023; Vazzoler-Mendonça, Luciano & Rondini, 2022).

As disfunções atencionais podem ter causas em diferentes esferas da vida, como no ambiente, na biologia e na cognição. De origem biológica, o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), é uma condição neurológica crônica, de causas genéticas, que produz sintomas de desatenção, hiperatividade e/ou impulsividade desde a na infância e pode persistir na vida adulta (Franco, 2022; Lopes & Alves, 2023).

O cérebro com TDAH apresenta diferenças morfofisiológicas significativas, reveladas por eletroencefalografia (EEG), como baixa atividade atípica no córtex frontal – onde deve haver alta atividade porque é a área do cérebro responsável pelos processos cognitivos – o que acaba afetando as outras regiões do córtex (Franco, 2022). As maiores dificuldades enfrentadas por pessoas com esse transtorno localizam-se nas funções executivas, responsáveis pela regulação de comportamentos sociais e habilidades cognitivas, o que afeta diretamente a adaptação da pessoa nos âmbitos educacional, profissional, relacional e social (Monteiro & Adamatti, 2021; Mota, 2022).

No contexto clínico, há diversas técnicas para avaliação dos sintomas, que podem variar enormemente entre indivíduos (Mota, 2022), os quais podem ter níveis diferentes de sensibilidade e de resposta aos tipos de tratamentos disponíveis (Franco, 2022). E, dentre os tratamentos disponíveis, o farmacológico tem sido o mais difundido; contudo, embora ele tenha se mostrado relativamente eficaz, ainda apresenta desvantagens, como efeitos colaterais, sintomas residuais e desenvolvimento de resistência química ao tratamento. Portanto, faz-se necessário ampliar as possibilidades de tratamento com novos métodos não farmacológicos e métodos combinados (Oliveira et al., 2023).

A recente e crescente difusão de técnicas não farmacológicas para o tratamento do TDAH têm produzido desafios para a pesquisa científica. De um lado, a consistência dos resultados estabelecidos no tratamento medicamentoso, com ensaios clínicos baseados em evidências; e, de outro lado, práticas terapêuticas em uso clínico que apresentam outras formas de abordar e tratar o TDAH, como o treinamento cognitivo e o NFB, que se baseiam no princípio da autorregulação do sistema nervoso mediante demandas específicas (Londero, 2015; Oliveira et al., 2023).

O NFB consiste em uma técnica que visa melhorar a atividade cerebral por neuromodulação autorregulatória usando uma interface cérebro-computador (ICC). O NFB tem se afirmado como estratégia terapêutica por seus resultados nas intervenções, porque tem sido considerado eficaz e eficiente no que diz respeito ao aumento dos indicadores de atenção e por proporcionar melhorias na qualidade de vida de pessoas com TDAH e outras dificuldades atencionais (Krell, Dolecki, & Todd, 2023; Lopes & Alves, 2023)

De forma geral, os sistemas de NFB realizam três funções básicas: leitura, processamento e feedback. Inicialmente são captados no escalpo, por EEG, os sinais elétricos provenientes das atividades corticais e subcorticais. Assim, o treinamento com NFB começa a partir de uma avaliação inicial da atividade cerebral com o EEG, que é usado tanto para registrar como para monitorar as ondas cerebrais em tempo real. Os eletrodos são colocados em pontos específicos no couro cabeludo, conforme o Sistema Internacional 10-20 (Figura 1), identificados por nomenclatura padronizada de letras e números, sendo o método mais utilizado para descrever a localização de eletrodos na cabeça (Casagrande, 2019; Grecco, 2023).

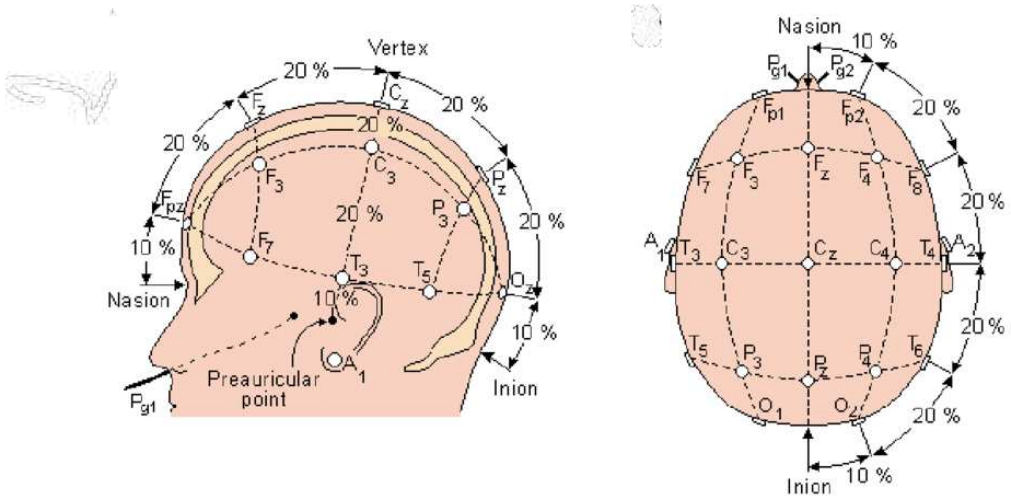

Figura 1. Disposição dos eletrodos segundo o sistema internacional 10-20
Fonte: Casagrande, (2019), p. 26

Casagrande (2019) explica que, após a aquisição dos sinais cerebrais por EEG, eles passam por um processo de amplificação, pois necessitam ser amplificados milhares de vezes antes de serem digitalizados. Na amplificação também são removidos os ruídos provenientes da rede elétrica e de outras interferências. Depois, os sinais são processados, etapa em que são extraídas e classificadas suas características relevantes.

A partir dos achados do EEG e das queixas trazidas pelo indivíduo, o treinador de NFB adota um protocolo de treinos a fim de aumentar a atividade cerebral em certas regiões e reduzi-la em outras, respeitando as metas para cada organismo dentro dos parâmetros de um cérebro saudável (Grecco, 2023). Os treinos consistem em interações do treinando com atividades e estímulos no computador por meio de uma ICC responsável pela aquisição e transmissão dos dados neurofisiológicos (Marçal, Costa, Menezes, Júnior, Sanders, Queiroz, Oliveira, & Mota, 2022).

Por exemplo, se o objetivo é aumentar ondas beta no lobo frontal, o indivíduo é então exposto a atividades cientificamente projetadas para isso. Quando seu cérebro consegue realizar o desejado, o treinando recebe feedback por interface visual, auditiva, vibração tátil ou uma combinação delas. Os treinandos geralmente precisam de várias sessões, que duram geralmente de 30 a 60 minutos, com frequência mínima semanal, pois, com o tempo, o cérebro aprende a modular as ondas produzidas sem a necessidade do feedback (Grecco, 2023).

Br. J. Ed., Tech. Soc., v.18, n.4, Oct-Dec, p.1245-1256, 2025
DOI https://doi.org/10.14571/brajets.v18.n4.1245-1256
ISSN 2316-9907

O hardware e o software disponíveis para sistemas de NFB são variados. Há os que utilizam a tecnologia do EEG e há os que utilizam hemoencefalografia por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR/HEG-NF ou NIRS), que mede a profusão sanguínea por meio de luz infravermelha. O software acompanha o hardware para processar os sinais e para integrá-los aos aplicativos de atividades com os quais os treinandos interagem. Há também diversidade de protocolos adotados pelos profissionais treinadores de NFB, que podem combinar as tecnologias com as variadas opções de ICCs. Estes achados estão compatíveis com aqueles resultantes da revisão sistemática de Lopes e Alves (2023), que revelou controvérsias relacionadas à padronização de protocolos e quantidade de sessões.

Nesse contexto, o NFB apresenta-se como uma solução transdisciplinar de engenharia biotecnológica a serviço das ciências da saúde, dos esportes e da educação, apontando para uma linha de investigação ainda pouco explorada no Brasil. E, diante da extensão dos temas "atenção" e "neurofeedback" separados, fez-se necessária uma revisão a fim de se conhecer o que tem sido produzido no Brasil com esses temas associados.

2. MÉTODO

Considerando a relevância de se explorar o NFB para a avaliação e reabilitação da atenção, esta revisão de escopo[1] foi planejada a partir da pergunta "quais sistemas de NFB os pesquisadores brasileiros estão utilizando em estudos sobre a atenção?". Seu objetivo, portanto, é conhecer os materiais e métodos das pesquisas brasileiras que utilizaram NFB em experimentos sobre a atenção.

A revisão de escopo consiste em um estudo para mostrar o que vem sendo produzido sobre o assunto e apresentar dados sobre o volume e foco das publicações. O propósito da revisão de escopo não é avaliar os resultados dos estudos, mas, no caso desta, é mostrar como as pesquisas foram conduzidas, no que se refere aos seus materiais e métodos (Munn et al., 2022; Peters, Godfrey, McInerney, Soares, Khalil, & Parker, 2015).

Nesta revisão de escopo, optou-se pelo uso exclusivo do Google Acadêmico como base de dados, por sua ampla acessibilidade gratuita, abrangência interdisciplinar e capacidade de indexar não apenas artigos, mas também teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso. Essa escolha mostrou-se particularmente pertinente ao objetivo de mapear a produção nacional sobre o tema em tela, incluindo repositórios institucionais de acesso aberto. Contudo, reconhece-se que o uso unicamente desta base implica limitações metodológicas, como a incerteza sobre a reprodutibilidade dos resultados devido à falta de transparência do algoritmo e a inclusão de documentos não revisados por pares, o que afeta o controle de qualidade das publicações selecionadas.

A busca foi realizada por uma pessoa pesquisadora, em publicações no Brasil, em língua portuguesa, com as palavras "*neurofeedback*" ou "*neurobiofeedback*" e "atenção" ou "TDAH" no título, no período de 2015 a 2024.

Com esses critérios de eligibilidade, o resultado da busca inicial, em novembro de 2024, consistiu de 18 trabalhos, conforme representado graficamente na Figura 2. Foram escolhidos os estudos nos formatos de artigo, tese, dissertação, TCC e apresentação em evento. E, pelos critérios de exclusão, sete revisões bibliográficas foram descartadas, dois artigos por estarem incompletos, um por ser um livro de acesso restrito, um por se tratar de publicação de outro país e um por ser *preprint*.

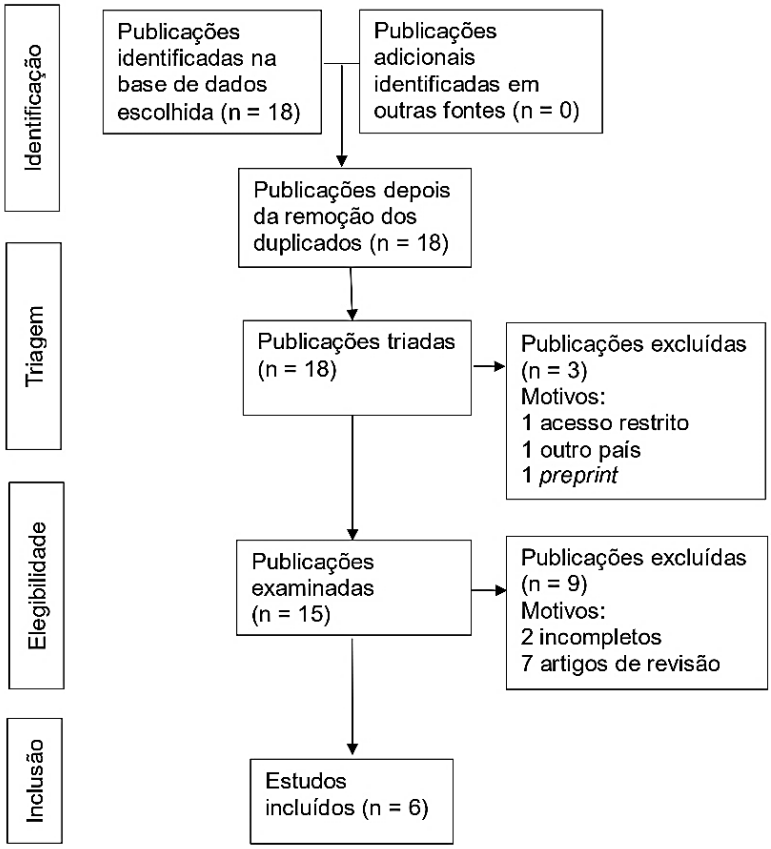

Figura 2. Fluxograma de inclusão das publicações analisadas
Fonte: Elaboração própria (2025)

3. RESULTADOS

Os seis estudos considerados para análise estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Principais características das publicações analisadas

Autor (ano)	Título	Objetivo	Materiais e métodos*	Dados diversos**
Londero (2015)	*Near-infrared spectroscopy neurofeedback (NIRS neurofeedback)* em crianças com transtorno de déficit de atenção / hiperatividade (TDAH)	Avaliar a viabilidade da utilização de um sistema de *neurofeedback* de baixo custo chamado *Near Infrared Spectroscopy / Hemoencephalography Neurofeedback* (NIR/HEG-NF) para tratar crianças com TDAH.	- cinco - TDAH - nove a 11 anos - 24 sessões - um canal - F7, Fp1, Fp2 e F8 - intervenção	- dissertação - estudo clínico - UFRGS - Porto Alegre/RS - medicina
Casagrande (2019)	Identificação de estado mental de atenção através do EEG para treinamento com *neurofeedback*	Desenvolver um sistema de *neurofeedback* para dar suporte ao tratamento convencional de crianças com TDAH, e	- cinco -saudáveis - 21 a 30 anos - uma sessão - 20 canais	- dissertação - desenvolvimento de sistema - UFES - Vitória/ES - engenharia

		um jogo sério para gerar o *feedback* visual.	- F3, F4, C3, C4, O1 e O2 - intervenção	
Monteiro & Adamatti (2021)	Desenvolvimento de um Jogo Sério controlado por *neurofeedback* para auxílio no tratamento de pessoas com TDAH	Desenvolver um jogo sério aliado à Interface Cérebro-Computador (ICC) para o aprimoramento da atenção em pessoas com TDAH.	- zero - pessoas a partir de oito anos - saudáveis ou não - não foram realizadas sessões - dois canais - Fp1 ou Fpz - intervenção	- apresentação em evento - desenvolvimento de sistema - FURG - Rio Grande/RS - computação
Marçal et al. (2022)	*Neurofeedbac*k e interface cérebro-computador: desenvolvimento e avaliação de um jogo voltado para o auxílio na detecção de TDAH	Apresentar em detalhes o processo de construção de uma solução para auxiliar a detecção de TDAH.	- dois - um TDAH e um saudável - cinco anos - uma sessão - 19 canais - Fp1, Fp2, C3, C4, T5, T6, O1 e O2 - avaliação	- artigo - desenvolvimento de sistema - UFC - Fortaleza/CE - computação
Mota (2022)	Avaliação do transtorno do déficit de atenção com hiperatividade: análise das funções executivas entre gêneros a partir do treino de *neurofeedback*	Analisar, através da avaliação das funções executivas realizada por meio de testes psicológicos e do *neurofeedback*, como os sintomas do TDAH se apresentam nos gêneros masculino e feminino.	- 21 - 11 TDAH e 10 saudáveis - seis a 15 anos - uma sessão - 19 canais - não menciona - avaliação	- TCC graduação - estudo clínico - Unichristus - Fortaleza/CE - psicologia
Grecco (2023)	Associação da estimulação transcraniana por corrente contínua e do *neurofeedback* na atenção em jovens universitários – estudo controlado, duplocego, aleatorizado	Associar as técnicas de *neurofeedback* e estimulação transcraniana por corrente contínua para avaliar a atenção e o fluxo sanguíneo cerebral em universitários.	- 26 - saudáveis ou não - 19 a 25 anos - 10 sessões - dois canais - Fp1 ou Fpz	- tese - estudo clínico - UNIFESP - São Paulo/SP - medicina
Legenda: *Cada linha desse campo "Materiais e métodos" se refere a um aspecto do estudo, nesta sequência: número de participantes, se têm TDAH ou são saudáveis, idade dos participantes, número de sessões, canais do equipamento, pontos utilizados, e se a pesquisa foi de avaliação das ondas cerebrais ou de intervenção para modificá-las. **Cada linha do campo "Dados diversos" se refere a um atributo da publicação, nesta sequência: formato do trabalho, tipo do trabalho, instituição de ensino superior (IES) do 1º autor, cidade/UF da IES, e curso.				

Fonte: Elaboração própria (2025)

Sem a intenção de avaliar os resultados dos estudos, o foco principal desta revisão de escopo foi analisar como as pesquisas foram conduzidas, no que se refere aos seus materiais e métodos. As características dos equipamentos e sistemas utilizados, segundo os autores dos estudos (em ordem cronológica), podem ser assim descritas:

Londero (2015): A técnica utilizada foi *Near Infrared Spectroscopy Hemoencephalography Neurofeedbac*k (NIR/HEG-NF), que significa NFB de hemoencefalografia por espectroscopia de infravermelho próximo, conhecido como sistema de NFB de baixo custo. O equipamento usado para as sessões de NIR/HEG-NF com NIRS (um canal de coleta de dados) e seu amplificador foram desenvolvidos pela empresa Pocket Neurobics, da Austrália. A ICC é uma *headband*, uma espécie de faixa posicionada na testa, com sensores que medem o fluxo sanguíneo cerebral em tempo real. Ela é conectada ao computador onde vídeos e jogos respondem de acordo com o fluxo sanguíneo cerebral do participante. Possui interface direta com o computador que tem o *software* BioExplorer instalado, o qual pode ser utilizado com praticamente todos os amplificadores e todas as modalidades de NFB, como eletroencefalografia (EEG) e NIR/HEG-NF. Para a utilização do *software* BioExplorer são necessários os *designs*, que são os programas de *feedback* para cada modalidade e tipo de treinamento. Os *designs* utilizados nesse estudo foram desenvolvidos pela empresa Itallis.

Casagrande (2019): Nesse estudo, o equipamento utilizado de leitura da atividade cerebral foi um tipo de touca chamado Quick-20 Dry EEG Headset, com 20 canais (eletrodos ativos), da empresa Cognionics, dos Estados Unidos, e um pacote de *software* para o processamento preliminar de dados. O pré-processamento consistiu em filtrar os sinais com o intuito de se reduzir os artefatos. Foram projetados filtros digitais: um filtro Butterworth para deixar passar as frequências de interesse entre 1 Hz e 30 Hz, e um filtro Notch em 60 Hz, para eliminar ruídos da rede elétrica. Para que o sistema fosse capaz de fazer todas as aplicações funcionarem em sincronismo e de forma *on-line*, foi utilizada uma ferramenta chamada Lab Streaming Layer. O *software* Unity foi utilizado no desenvolvimento do jogo para interagir com os participantes.

Monteiro & Adamatti (2021): O *hardware* de NFB tipo EEG utilizado para captação dos sinais e para aplicação conjunta com o jogo foi a ICC Mindwave, desenvolvida pela empresa NeuroSky, estadunidense. Trata-se de um *headset* composto por apenas dois eletrodos ativos ou dois canais: um é posicionado sobre o lobo frontal, para captar os sinais advindos do córtex pré-frontal, e o segundo atua como uma referência elétrica, para garantir a qualidade do processamento dos sinais captados. Esse *headset* possui o módulo ThinkGear ASIC Module (TGAM) que realiza o pré-processamento desses sinais, amplifica e digitaliza a diferença dos sinais elétricos obtidos pelo eletrodo posicionado sobre o lobo frontal e o eletrodo de referência. Por fim, esses sinais são categorizados de acordo com a frequência de ondas delta, teta, alfa, beta e gama. Por meio de um algoritmo pré-definido, denominado eSense, esse dispositivo, é capaz de interpretar as frequências das ondas como sendo dos estados mentais de atenção e de meditação. E o *software* escolhido para desenvolvimento do jogo foi a plataforma Unity, para o qual foi necessário um *plugin* para conectar com a ICC.

Marçal et al. (2022): A solução completa para uso nesse estudo foi composta por *hardware* - interface cérebro-computador (ICC) modelo EEG Electrode Cap Kit da OpenBCI, estadunidense, que consiste em uma touca com eletrodos (19 canais), e dois computadores, sendo um para o participante interagir com o jogo de NFB e outro para o profissional acompanhar as informações e os gráficos gerados em tempo real - e *software* - uma versão adaptada do Sistema de Aquisição de Dados de EEG que acompanha a ICC, também da OpenBCI, a qual captura os dados de EEG, armazena as informações e produz os resultados em forma de gráficos e tabelas, e o jogo de NFB desenvolvido, com o qual o usuário pode interagir por meio dos comandos cerebrais via ICC.

Mota (2022): Neste estudo, o NFB foi empregado como instrumento de avaliação da atenção, pela análise do padrão das ondas cerebrais, em jogo que adapta o Teste de Stroop[2] em uma aplicação interativa através de uma ICC. O *hardware* utilizado nessa pesquisa foi um tipo de touca com eletrodos (19 canais), o EEG Electrode Cap Kit da OpenBCI, dos Estados Unidos, e o *software* foi uma versão adaptada do Sistema de Aquisição de Dados EEG, que acompanha

o equipamento, permitindo coletar, interpretar e transmitir atividades elétricas geradas pelo cérebro para dispositivos externos sem utilizar qualquer movimento corporal. Dessa forma, foi possível analisar o padrão das ondas cerebrais delta, teta, alfa, beta e gama em relação à atenção dos participantes.

Grecco (2023): Nesse estudo foi utilizada a plataforma estadunidense TuSion, que ajuda a aprimorar as habilidades cognitivas enquanto se joga com dispositivos portáteis de NFB por EEG. E, para o NFB, foi utilizado um dispositivo EEG e seu *driver* da NeuroSky dos Estados Unidos. O *hardware* inclui um *laptop* ou *smartphone* e um *headset* modelo EEG Mindwave Mobile 2 da NeuroSky. O *headset* para aquisição das ondas cerebrais é composto por dois canais: um sensor acoplado a uma espécie de tiara, que toca a região da glabela (na testa, acima da região entre as sobrancelhas) para coletar dados do córtex frontal, e um ponto de referência localizado no lóbulo auricular. A NeuroSky fornece também o módulo do sensor de EEG, o ThinkGear ASIC Module (TGAM). O *software* ThinkGear é usado para conectar o dispositivo EEG ao computador. Ele permite que aplicativos e jogos sejam executados de acordo com os estados mentais detectados pelo EEG com o sensor ThinkGear. E foi utilizado o algoritmo do medidor de atenção eSense, também da NeuroSky, para medir a intensidade de foco ou atenção de cada participante, como o que ocorre durante a concentração intensa e atividade mental direcionada e estável.

4. DISCUSSÃO

O objetivo desde trabalho foi identificar materiais e métodos das pesquisas brasileiras que utilizaram NFB em estudos envolvendo a atenção, conforme o delineamento da revisão de escopo. As seis publicações selecionadas podem ser assim descritas: quanto ao tipo do trabalho, três são relatos de estudos clínicos e três são sobre desenvolvimento de software; quanto à formação dos primeiros autores, dois vieram da medicina, dois da computação, um da engenharia e um da psicologia; em relação à origem geográfica, dois estudos foram realizados da Região Sul, dois no Sudeste e dois no Nordeste.

Em relação à tecnologia de coleta de dados do cérebro, apenas Londero (2015) utilizou NFB de hemoencefalografia por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR/HEG-NF ou NIRS), da empresa australiana Pocket Neurobics. Londero ressalta uma vantagem do NIRS sobre o EEG, que é sua portabilidade e facilidade de aplicação clínica e em pesquisa. Os autores dos demais estudos utilizaram tecnologia EEG, e todos os equipamentos foram de fabricantes estadunidenses (um da Cognionics, dois da NeuroSky e dois da OpenBCI).

O *software* que integra as ICCs aos computadores também é fornecido por seus fabricantes, e os autores mencionam a utilização de outros aplicativos para funções como *plug-ins* e filtros, como ferramentas obtidas em plataformas de código aberto e outras desenvolvidas localmente para os estudos em questão. Para o desenvolvimento de jogos foram utilizadas as plataformas estadunidenses Unity e TuSion.

Em relação aos pontos ativos do sistema internacional 10-20 de posicionamento dos eletrodos de EEG utilizados em cada estudo, pode-se observar que eles variaram com as ICCs. Londero (2015) utilizou a *headband* com sensores NIRS em quatro pontos, F7, Fp1, Fp2 e F8, lidos um de cada vez por um canal. Os estudos que adotaram o *headset* da NeuroSky (Grecco, 2023; Monteiro & Adamatti, 2021), ficaram restritos a um eletrodo em Fp1 ou Fpz, (conforme a anatomia do usuário) e um sensor de referência (dois canais). Marçal et al. (2022) utilizaram uma touca da OpenBCI com 19 canais em seis pontos F3, F4, C3, C4, O1 e O2. Mota (2022) também adotou uma touca da OpenBCI, com 19 canais, mas não menciona em seu trabalho os pontos utilizados. Casagrande (2019) escolheu uma touca da Cognionics com 20 canais em oito pontos Fp1, Fp2, C3, C4, T5, T6, O1 e O2. Os autores que empregaram ICC com 19 e 20 canais nada mencionam sobre a capacidade de processamento de canais simultâneos pelo amplificador ou pelo *software*.

As diferentes arquiteturas de *hardware* e *software* dos estudos podem ser consideradas, no delineamento da pesquisa, para mapeamento das ondas cerebrais com finalidade diagnóstica, para intervenção com treinamento cerebral, ou para ambas as finalidades combinadas, uma vez que para se propor qualquer intervenção é preciso realizar um mapeamento inicial da atividade cerebral, como linha de base.

O construto "atenção" é um dos pontos em comum entre os seis estudos analisados, seja atenção observada em pessoas saudáveis (Grecco, 2023), seja a atenção observada no contexto do TDAH (Londero, 2015; Marçal et al. 2022; Mota, 2022). Ainda, foi observado que o estudo de Casagrande (2019) desenvolveu um sistema para crianças com TDAH, porém foi testado experimentalmente em adultos saudáveis, e Monteiro & Adamatti (2021) desenvolveram um sistema para aprimorar a atenção de pessoas com TDAH, mas seu estudo não contemplou a etapa experimental. Mesmo não sendo objeto desta revisão, vale observar que os achados sugerem que o NFB pode produzir incremento nas habilidades atencionais tanto de indivíduos saudáveis quanto daqueles com queixas de sintomas de dificuldades atencionais.

A quantidade de sessões variou com os objetivos dos estudos. Estudos de intervenção, que conduziram treinamentos, adotaram 10 sessões (Grecco, 2023) e 24 sessões (Londero, 2105). O estudo de Casagrande (2019), apesar de ter desenvolvido *software* para intervenção com NFB, usou apenas uma sessão para testar o sistema e não para treinar voluntários. Os estudos de avaliação (Marçal et al. 2022; Mota, 2022), que usaram o NFB para ler os dados dos cérebros dos participantes, dedicaram apenas uma sessão para cada indivíduo. No conjunto, a quantidade de participantes variou de dois a 26, com idades entre cinco e 30 anos, mas não foi identificado nenhum padrão de associação destas variáveis a outras.

Com relação ao custo financeiro dos materiais (*hardware* e *software*), Londero (2015) explica que se trata de um sistema de baixo custo, com preços em torno de 10% dos preços de equipamentos de tecnologia EEG, mas não explicita esses valores. E Grecco (2023) registrou sua preocupação com essa dimensão da pesquisa quando escreveu: "O esquema de design do jogo foi feito levando em consideração os seguintes pontos: a) *hardware* usado deve ser de baixo custo e fácil de manusear [...]" (p. 27). Nenhum autor mencionou nada sobre preços pagos pelo *hardware, software* e treinamentos, nem se já haviam sido adquiridos pela instituição de pesquisa ou clínica, se foram incluídos em financiamentos ou fomentos para a pesquisa ou qualquer outra condição, como custos de importação e transporte. A falta desses dados pode ferir o princípio da reprodutibilidade[3] e replicabilidade[4] da pesquisa científica, o que pode levar pesquisadores a riscos de gastos desnecessários e compras equivocadas (Antunes & Hill, 2024; Fišar et al., 2023).

Na condução de pesquisas com NFB, além de *hardware* e *software*, é necessário *peopleware*, que consiste nas pessoas que operam os equipamentos e programas dos métodos das pesquisas. Devido à linguagem adotada nas publicações, quando se descrevem os procedimentos na voz passiva e com sujeito oculto, essas pessoas nem mesmo são mencionadas. Os excertos dos estudos selecionados exemplificam: "Nesse método são posicionados eletrodos na cabeça da pessoa [...],." (Monteiro & Adamatti, 2021, p. 2). E "Durante as sessões com os participantes, antes do uso da solução tecnológica, uma avaliação neuropsicológica foi realizada, com entrevista de anamnese" (Marçal et al., 2022, p. 6).

Alguns autores relatam a presença de outros profissionais nos estudos: "A construção do jogo contou com a participação de profissionais das áreas da psicologia, da medicina (neurociências) e da computação" (Marçal et al., 2022, p. 4). E "As medidas para avaliar os efeitos do NIR/HEG *neurofeedback* foram avaliadas pré e pós-intervenção por avaliadores independentes" (Londero, 2015, p. 25).

Outros autores descrevem o que pessoas ou departamentos fizeram: "[O] sujeito é recepcionado por membro da equipe do exame SPECT, onde realiza entrevista estruturada para avaliação do estado geral de saúde" (Londero, 2015, p. 26). "Os parâmetros neuropsicológicos

foram investigados por psicólogo treinado, membro da equipe [...] e inserido na rotina do serviço [...]" (Londero, 2015, p. 27, Figura 4). "A aplicação e correção dos testes, assim como as análises dos dados, serão realizadas pela pesquisadora envolvida e orientador" (Motta, 2022, p. 26). "Uma ficha de avaliação inicial [...] foi elaborada pelo Colaborador 1 [...], profissional [...] com vasta experiência em avaliação clínica [...], responsável pelos critérios de inclusão [...] dos voluntários e pelas avalições dos testes inicial e final do protocolo" (Grecco, 2023, p. 15). E "Apenas o Colaborador 2 soube se o voluntário realizou a estimulação ativa ou falso estimulado, portanto, este procedimento permitiu cegar o voluntário e o Colaborador 1 (avaliador) [...]" (Grecco, 2023, p. 15).

Ainda, alguns autores adotaram a comunicação direta em primeira pessoa do singular ou do plural: "Por fim, fizemos [pesquisadora e orientador] a análise do padrão das ondas cerebrais (delta, theta, alfa, beta e gama)" (Motta, 2022, p. 32). "Nesse estudo utilizamos o *software* TuSion para projetar o ambiente de jogos e um dispositivo EEG e seu *software* de *driver* da Neurosky" (Grecco, 2023, p. 27).

A falta de informação sobre a formação técnica dos profissionais que operam os sistemas de NFB – desde a avaliação do caso, a escolha do protocolo, a operação dos treinos, a solução de problemas de *hardware* e *software*, a análise da evolução do treinando e outros aspectos dessa tecnologia que requer conhecimentos interdisciplinares – foi percebida como uma limitação na descrição dos métodos dos estudos analisados. O detalhamento, nos documentos, das atividades realizadas por todos os que realmente trabalharam em cada pesquisa facilitaria o planejamento de novos experimentos, reduzindo os riscos de erros e encurtando caminhos.

A revisão conduzida por Lopes e Alves (2023) também evidenciou variações em relação à elaboração e prática de planos de treinamento, e chamou a atenção para a aplicação incorreta e quantidades insuficientes de sessões como possíveis causas de resultados insatisfatórios. Contudo, poucos artigos descreveram de forma explícita protocolos de treinamento por NFB eficazes no tratamento de TDAH.

Gu et al. (2022) propuseram um método individualizado de treinamento de NFB e os resultados experimentais comprovam preliminarmente que o método proposto – o qual calculou um treino para cada indivíduo – melhorou efetivamente o nível de atenção, e seu desempenho geral foi melhor do que o do método não individualizado utilizado na comparação.

Nesse sentido, a grande variabilidade dos materiais e métodos empregados nesta pequena amostra de estudos analisados sinalizam que as intervenções clínicas e de pesquisa com NFB podem tender mais à individualização dos treinamentos do que à sua padronização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dessa análise, a resposta para a pergunta de pesquisa "quais sistemas de NFB os pesquisadores brasileiros estão utilizando em estudos sobre a atenção?" aponta para sistemas diversificados quanto a sua arquitetura de *hardware* e *software* e, mesmo quando são empregadas as mesmas soluções técnicas, os protocolos de NFB podem variar com o delineamento dos experimentos. Se esse recorte realmente representa a comunidade científica brasileira, ele revela um ponto de vulnerabilidade dos pesquisadores e clínicos em nosso país, pela dependência dos recursos materiais, intelectuais e tecnológicos dos Estados Unidos.

Considerando sua importância nos processos cognitivos humanos ao longo de toda a vida, a reabilitação da atenção com o emprego de NFB tem sido tema de poucas publicações brasileiras disponíveis em base de livre acesso, fato evidenciado pela pequena amostra analisada.

Diante disso, a principal contribuição deste estudo é para que a comunidade científica continue pesquisando sobre o treinamento cerebral com NFB na reabilitação da atenção de indivíduos saudáveis ou não, com dificuldades atencionais de qualquer etiologia.

Br. J. Ed., Tech. Soc., v.18, n.4, Oct-Dec, p.1245-1256, 2025
DOI https://doi.org/10.14571/brajets.v18.n4.1245-1256
ISSN 2316-9907

Embora a escolha do Google Acadêmico como única base para se acessar a produção brasileira tenha cumprido seu papel nesta revisão de escopo, futuras revisões sistemáticas poderão ampliar a análise em bases indexadas internacionalmente, de modo a fortalecer a robustez e a comparabilidade dos achados.

Uma limitação identificada neste estudo foi a ausência de publicações complementares, como as exclusivamente impressas e não disponíveis na internet. E outra limitação foi a busca e seleção das publicações terem sido realizadas por uma única pessoa pesquisadora.

Recomendamos revisões sistemáticas, a fim de comparar os resultados entre equipamentos com diferentes quantidades de canais processados simultaneamente e diferentes protocolos de pontos do sistema 10-20 escolhidos. Podem ser consideradas oportunidades para investigações sobre protocolos que utilizam outros sistemas de localização de pontos de leitura e treinamento cerebral, além do Sistema Internacional 10-20, utilizado nos estudos analisados.

Por fim, pesquisas similares abrangendo outros países podem revelar outros fabricantes e motivar cientistas e empresários brasileiros a produzirem localmente *hardware, software* e *peopleware* para atuação nessa tecnologia.

REFERÊNCIAS

Antunes, B., & Hill, D. R. (2024). Reproducibility, Replicability and Repeatability: A survey of reproducible research with a focus on high performance computing. *Computer Science Review*, 53, 100655. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.07530

Casagrande, W. D. (2019). *Identificação de Estado Mental de Atenção Através do EEG para Aplicação em Treinamento Neurofeedback* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo]. Repositório Institucional da UFES. https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFES_a5307d181055ecdd5b5c5b9032776246

Chen, L., & Chen, Z. (2023). Stroop Paradigms and Stroop Effects: Origin, Variation and Controversy. *Psychology and Behavioral Sciences*, 12(5), 81-87. https://doi.org/10.11648/j.pbs.20231205.13

Fišar, M., Greiner, B., Huber, C., Katok, E., Ozkes, A. I., & Management Science Reproducibility Collaboration. (2024). Reproducibility in management science. *Management Science*, 70(3), 1343-1356. https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.03556

Franco, M. J. (2022). Dificuldade de aprendizagem: um diálogo sobre a contribuição do neurofeedback no atendimento do TDAH. *Revista GepesVida*, 8(18). https://icepsc.com.br/ojs/index.php/gepesvida/article/view/491

Grecco, L. H. (2023). *Associação da estimulação transcraniana por corrente contínua e neurofeedback na atenção em jovens universitários: um protocolo de estudo randomizado, duplo-cego, controlado*. [Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Estrutural e Funcional, Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina], São Paulo, SP. https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/a1bdac6d-a097-443a-ae25-f7d392614ead/content

Gu, Y., Yang, L., Chen, H., Liu, W., & Liang, Z. (2022). Improving attention through individualized fNIRS neurofeedback training: A pilot study. *Brain Sciences*, 12(7), 862. https://www.mdpi.com/2076-3425/12/7/862

İnal, Ö., Özkan, E., & Göktaş, A. (2023). The effect of attention control and academic motivation on perceived learning in hybrid occupational therapy education. *British Journal of Occupational Therapy*, 86(8), 577–586. https://doi.org/10.1177/03080226231172333

Keha, E., Aisenberg-Shafran, D., Hochman, S., et al. (2025). Age-related differences in information, but not task control in the color-word Stroop task. *Psychon Bull Rev* 32, 1551–1561. https://doi.org/10.3758/s13423-024-02631-z

Krell, M., Dolecki, P., & Todd, R. (2023). School-based neurofeedback training for sustained attention: A quasi-experimental study. *International Journal of Educational Research*, 122, 102140. https://doi.org/10.1177/10870547231168430

Londero, I. (2015). *Near-infrared spectroscopy neurofeedback (NIRS neurofeedback) em crianças com transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH)*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul], Porto Alegre, RS. https://lume.ufrgs.br/handle/10183/139771

Lopes, L. A., & Alves, S. F. S. (2023). Neurofeedback no tratamento do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). *Saúde em Revista*, 23(1), 45–56. https://revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/9952

Marçal, E., Costa, N. M. G. B., Menezes, C. E. G., Júnior, A. A. P., Sanders, L. L. O., Queiroz, K. M., Oliveira, E. C., & Mota, L. M. L. da. (2022). Neurofeedback e interface cérebro-computador: desenvolvimento e avaliação de um jogo voltado para o auxílio na detecção de TDAH. *Research, Society and Development*, 11(12), e90111233752. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.33752

Menezes, W. J. de, Castilho, G. M. de, & Souza, W. C. de. (2025). Tecnologia, multitarefas e tecnoestresse: entre a hiperconectividade e os limites da atenção, memória de trabalho e saúde mental digital. *Caderno Pedagógico*, 22(8), e17627. https://doi.org/10.54033/cadpedv22n8-285

Monteiro, G. T., & Adamatti, D. F. (2021). Desenvolvimento de um Jogo Sério controlado por Neurofeedback para auxílio no tratamento de pessoas com TDAH. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)* (pp. 867–876). SBC. https://www.sbgames.org/proceedings2021/JogosSaudeFull/218138.pdf

Mota, L. M. Q. P. (2022). *Avaliação do transtorno do déficit de atenção com hiperatividade: Análise das funções executivas entre gêneros a partir do treino de neurofeedback.* [Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Psicologia, Centro Universitário Christus], Fortaleza, CE. https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1407

Munn, Z., Pollock, D., Khalil, H., Alexander, L., Mclnerney, P., Godfrey, C. M., Peters, M., & Tricco, A. C. (2022). What are scoping reviews? Providing a formal definition of scoping reviews as a type of evidence synthesis. *JBI evidence synthesis*, 20(4), 950–952. https://doi.org/10.11124/JBIES-21-00483

Oliveira, L. L., Gonçalves, L. S., Souza, P. L. L., Pena, C. M., & Souza, G. L. N. de (2023). Intervenções farmacológicas e não farmacológicas para o TDAH em crianças: uma revisão abrangente. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 5(5), 91–98. https://doi.org/10.36557/2674-8169.2023v5n5p91-98

Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., McInerney, P., Soares, C. B., Khalil, H. & Parker, D. (2015). Methodology for JBI scoping reviews. In *The Joanna Briggs Institute reviewers' manual 2015* (pp. 1-24). The Joanna Briggs Institute. https://repositorio.usp.br/directbitstream/5e8cac53-d709-4797-971f-263153570eb5/SOARES%2C+C+B+doc+150.pdf

Vazzoler-Mendonça, A., Luciano, A. R. M. B., & Rondini, C. A. (2022). Saúde mental na educação: Mindfulness para estudantes com altas habilidades/superdotação. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 8(25). https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RECEI/article/view/3402

NOTAS

(1) Este estudo é resultado das atividades do Grupo de Pesquisa neuroMATH, do Instituto Federal de Sergipe (IFS)

(2) O Teste de Stroop, desenvolvido por John Ridley Stroop em 1935, é usado para avaliar aspectos da atenção seletiva, conflito cognitivo e controle executivo em diferentes populações e contextos clínicos. Consiste, basicamente, em apresentar ao participante palavras escritas em cores diferentes e pedir para que ele nomeie a cor da tinta em que a palavra foi escrita, ignorando o significado da palavra (Keha et al., 2025; Chen, & Chen, 2023).

(3) Reprodutibilidade é a propriedade de um estudo publicado, tal que ele possa ser reproduzido por outros pesquisadores que, ao utilizarem os mesmos dados, obterão os mesmos resultados (Antunes & Hill, 2024; Fišar et al., 2023).

(4) Replicabilidade é a propriedade de um estudo publicado, tal que os mesmos modelos empíricos possam ser testados por outros pesquisadores, seguindo os mesmos procedimentos, com variáveis semelhantes, mesmo que em contextos diferentes e com dados diferentes (Antunes & Hill, 2024; Fišar et al., 2023).