

IA e ICC no Apoio a Pessoas com TDAH no Trabalho: Soluções Tecnológicas para Acessibilidade

Anthony Miguel G. de Araújo¹

¹Centro de Informática – Universidade Federal da Paraíba (UFPB) João Pessoa, Paraíba,
Brasil, CEP 58051-900

anthony.araujo@academico.ufpb.br

Abstract. *This study explores the application of Artificial Intelligence (AI) and Brain-Computer Interface (BCI) technologies to enhance workplace accessibility for individuals with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). Based on a literature review, the research identified key AI and BCI resources available on the market aimed at mitigating ADHD symptoms, while also examining how AI integrates with BCIs to expand their functionalities. An analysis was conducted on the main Electroencephalogram (EEG) and Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) devices, which are Neurofeedback measurement methods used to monitor and adjust brain activity in real time. Both types of devices were evaluated for their effectiveness in monitoring and enhancing cognitive functions in professional environments. The findings indicate that, although these technologies provide significant benefits in attention control and productivity improvement, there are still limitations regarding their practical applicability and long-term effectiveness. Future studies should delve deeper into the impact of these solutions in various professional contexts, focusing on customization to meet the specific needs of individuals with ADHD.*

Resumo. *Este estudo investiga a aplicação de tecnologias de Inteligência Artificial (IA) e Interface Cérebro-Computador (ICC) para melhorar a acessibilidade no ambiente de trabalho de pessoas com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Baseado em uma revisão da literatura, a pesquisa realizou um levantamento dos principais recursos de IA e ICCs disponíveis no mercado, focados na mitigação dos sintomas do TDAH, além de explorar como a IA se integra às ICCs para amplificar suas funcionalidades. Também foi feita uma análise dos principais dispositivos de Eletroencefalograma (EEG) e Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo (fNIRS), métodos de medição de Neurofeedback utilizados para monitorar e ajustar a atividade cerebral em tempo real. Ambos os tipos de dispositivos foram analisados com foco no monitoramento e aprimoramento das funções cognitivas em ambientes profissionais. Os resultados indicam que, embora essas tecnologias apresentem benefícios significativos no controle da atenção e no aumento da produtividade, ainda existem limitações quanto à sua aplicabilidade prática e eficácia a longo prazo. Estudos futuros devem explorar mais detalhadamente o impacto dessas soluções em diferentes contextos profissionais, com foco na personalização para atender às necessidades específicas de pessoas com TDAH.*

1. Introdução

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), conforme descrito no DSM-5, é uma condição neurodesenvolvimental marcada por desatenção, hiperatividade e impulsividade [Castro e Lima 2018]. Sua origem não é completamente clara, mas fatores genéticos, como a hereditariedade, assim como eventos perinatais, estão entre os principais fatores associados [Coutinho e França 2020]. O TDAH afeta de 3% a 8% das

crianças e adolescentes [Polanczyk et al. 2007], com 60% dos casos persistindo na vida adulta, impactando os aspectos social, acadêmico e profissional [Castro e Lima 2018]. Apenas 20% dos adultos com TDAH recebem diagnóstico ou tratamento adequado, agravando prejuízos nessas áreas [Souza et al. 2023].

As dificuldades associadas ao TDAH se tornam mais evidentes à medida que as responsabilidades aumentam, como no contexto escolar ou ao realizar atividades não supervisionadas. Essas pessoas enfrentam desafios em funções cognitivas, como atenção, memória e planejamento, além de problemas na regulação do humor e motivação [Conitec 2022]. Tais sintomas, especialmente na vida adulta, frequentemente resultam em baixa produtividade, frustrações e exclusão do mercado de trabalho [Coutinho e França 2020]. Neste contexto, apenas tratamentos convencionais, como medicamentos e terapia comportamental, não garantem uma inclusão plena no ambiente de trabalho, uma vez que não promovem mudanças práticas nas funções e demandas profissionais. Além disso, o preconceito e o estigma social enfrentados por pessoas com TDAH intensificam os desafios de aceitação e adaptação no mercado [Nadeau 2005]. Esse cenário exige abordagens tecnológicas inovadoras que personalizem as condições de trabalho e facilitem a inclusão [Oscarsson et al. 2022].

Nesse panorama, tecnologias como a Inteligência Artificial (IA) e as Interfaces Cérebro-Computador (ICCs) têm se destacado como soluções promissoras. Enquanto a IA oferece intervenções em tempo real que auxiliam na concentração e organização [Folaron 2023], as ICCs proporcionam suporte direto ao monitorar e modular a atividade cerebral, permitindo que ajustes sejam feitos para melhorar o desempenho cognitivo e comportamental [Merrill e Chuang 2018]. Também é válido ressaltar que a IA desempenha um papel fundamental dentro das ICCs, especialmente na análise de dados. As ICCs estão frequentemente associadas a *softwares* com recursos de IA, os quais auxiliam na aquisição, filtragem e processamento dos dados neuronais [Flanagan e Saikia 2023]. Dessa forma, essas tecnologias atuam de maneira integrada, adaptando o ambiente de trabalho às necessidades individuais e fornecendo ferramentas que aumentam o foco e a produtividade.

Portanto, este estudo busca explorar como a IA e as ICCs podem ser integradas para promover a acessibilidade no ambiente de trabalho para pessoas com TDAH. A investigação foi realizada a partir do mapeamento do estado da arte dessas tecnologias, focando em suas aplicações no contexto profissional. Os avanços observados incluem o uso de IA para melhorar a organização e o foco, além do *Neurofeedback* via ICCs para o controle da atenção e impulsividade. No entanto, a aplicabilidade prática dessas soluções para adultos no ambiente de trabalho ainda é limitada, assim como as evidências sobre sua eficácia a longo prazo.

2. Conceitos Fundamentais sobre o TDAH

2.1. Definição e Caracterização do TDAH

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma condição neurobiológica que afeta significativamente o desenvolvimento cerebral. Essa condição se manifesta através de três sintomas principais, que se apresentam de forma desproporcional em comparação com indivíduos da mesma faixa etária: desatenção, hiperatividade e impulsividade [Castro e Lima 2018]. Esses sintomas têm início na

infância e podem persistir ao longo da vida dos indivíduos afetados [Conitec 2022]. De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico dos Transtornos Mentais (DSM-5), o TDAH pode se manifestar em diferentes níveis de gravidade e impacta diretamente o desempenho cognitivo e comportamental dos indivíduos afetados.

2.2. Etiologia do TDAH

A origem do TDAH ainda não é completamente esclarecida, mas evidências sugerem a combinação de múltiplos fatores, sendo eles genéticos, ambientais, sociais, culturais e alterações na estrutura e/ou funcionamento do cérebro. Pesquisas e especialistas da área apontam que os fatores ambientais mais associados à manifestação do TDAH em crianças incluem famílias numerosas, histórico de criminalidade parental, baixa classe social e conflitos familiares [Castro e Lima 2018].

Já a hereditariedade, comprovada por estudos genéticos, está associada a um mecanismo multigênico que afeta neurotransmissores como a dopamina e noradrenalina, fundamentais para a regulação da atenção e controle comportamental. Além disso, complicações perinatais (período próximo ao nascimento), prematuridade, traumas no parto e a exposição a substâncias tóxicas durante a gestação, como chumbo, drogas e álcool, também estão correlacionadas ao desenvolvimento do transtorno [Coutinho e França 2020].

2.3. Critérios de Diagnóstico e Tratamento Convencional

O diagnóstico de TDAH é geralmente realizado de forma clínica e interdisciplinar, com base em critérios definidos por sistemas classificatórios, como o DSM-5 [Castro e Lima 2018]. O DSM-5 classifica 18 sintomas para o diagnóstico do TDAH, sendo 9 relacionados à desatenção e 9 à hiperatividade/impulsividade. Para o diagnóstico, é necessária a persistência de 5 a 6 sintomas, dependendo da faixa etária do indivíduo, por um período mínimo de 6 meses. Esses sintomas devem ter início antes dos 12 anos de idade e causar consequências negativas em pelo menos dois ambientes. De acordo com a frequência dos sintomas, os indivíduos são classificados em três subtipos de manifestação do TDAH: apresentação combinada, predominantemente hiperativa/impulsiva e predominantemente desatenta [Santos 2022].

O DSM-5 também prevê a classificação do transtorno entre os graus leve, moderado e grave, baseado na quantidade de sintomas apresentados e no impacto que eles causam na vida da pessoa com TDAH. O tratamento convencional do TDAH envolve uma combinação de psicoterapia, voltada para tratar problemas de autoestima decorrentes dos sintomas e comorbidades, e medicação, que visa aumentar os níveis de dopamina e noradrenalina no cérebro [Souza et al. 2022].

2.4. Funções Executivas e Impactos do TDAH

Grande parte dos impactos negativos do TDAH, provenientes da desatenção e hiperatividade, pode ser cientificamente explicada através de déficits em habilidades conhecidas como Funções Executivas (FE), associadas à região córtex pré-frontal e suas conexões com outras áreas do cérebro. Essas funções desempenham o papel de promover autonomia no cumprimento de objetivos e auxiliar em processos cognitivos [Castro e Lima 2018]. Como o TDAH se trata de um transtorno do neurodesenvolvimento, as dificuldades geralmente se tornam mais perceptíveis à medida

que as responsabilidades e a independência dos indivíduos aumentam, como no início da vida escolar ou na realização de atividades sem a presença dos pais [Conitec 2022]. Mas apesar da predominância na infância, a persistência dos sintomas de TDAH na vida adulta das crianças é estimada em 60%, ocasionando prejuízos nas diferentes dimensões do desenvolvimento, em especial social, acadêmico e profissional [Castro e Lima 2018].

3. Inclusão e Acessibilidade para Pessoas com TDAH no Trabalho

3.1. Impactos do TDAH no Ambiente de Trabalho

Conforme mencionado na seção anterior, uma das principais dimensões afetadas pelo TDAH é a profissional, devido à influência do TDAH sobre as funções cognitivas. O impacto dessa influência no ambiente de trabalho se manifesta em desafios significativos relacionados à concentração e à produtividade, o que resulta em dificuldades na execução de tarefas, especialmente as de longo prazo, e impede que os indivíduos alcancem seu potencial máximo [Fuermaier et al. 2021]. Esses desafios frequentemente levam a um desempenho abaixo do esperado, contribuindo para frustrações constantes e uma maior exclusão no mercado de trabalho [Coutinho e França 2020].

3.2. Barreiras Sociais e Organizacionais

A falta de acessibilidade e adaptações adequadas no ambiente de trabalho é uma questão crucial, que agrava ainda mais a exclusão desses indivíduos. O preconceito e o estigma social enfrentados por essas pessoas acentuam a dificuldade de inclusão, criando barreiras invisíveis que limitam sua aceitação e adaptação no mercado [Sena 2024]. Em setores que exigem alta organização e cumprimento rigoroso de prazos, como administração, contabilidade e engenharia, a ausência de suporte específico para pessoas com TDAH torna ainda mais difícil a sua permanência no emprego [Sena 2024].

Trabalhadores com TDAH são frequentemente vistos através de uma “visão antiquada”, que os rotula como desorganizados, ineficientes, subempregados ou com histórico de desemprego frequente e trocas constantes de emprego [Nadeau 2005]. Essa percepção não só perpetua o estigma, mas também reforça práticas de exclusão e falta de oportunidade, dificultando ainda mais a inclusão e acessibilidade dos trabalhadores com TDAH no mercado de trabalho.

3.3. Políticas de Inclusão e Adaptações no Trabalho

Diante de tal cenário, é evidente que a falta de políticas inclusivas e de adaptações personalizadas no ambiente de trabalho torna-se um dos principais obstáculos à acessibilidade para pessoas com TDAH. Segundo Borges e Longen (2019), a inclusão é parte do compromisso social de organizações públicas e privadas na promoção da diversidade, respeito às diferenças e garantia legal do acesso ao mercado de trabalho a todos os indivíduos. Para a inclusão efetiva dessas pessoas, é necessário um mapeamento minucioso das barreiras existentes, além de adaptação do ambiente de trabalho e a promoção de condições ergonômicas adequadas que levem em consideração as necessidades individuais [Borges e Longen 2019]. Isso pode envolver o fornecimento de espaços mais silenciosos, pausas regulares e o uso de ferramentas tecnológicas que ajudem os funcionários a gerenciar o tempo e a atenção [Sena 2024].

Essas adaptações, conhecidas como adaptações razoáveis, são essenciais para garantir que as pessoas com TDAH possam desempenhar suas funções de forma eficaz, promovendo não apenas sua produtividade, mas também seu bem-estar no ambiente de trabalho [Sena 2024]. Além disso, estudos evidenciam que a criação de ambientes de trabalho estimulantes, que oferecem desafios e atividades dinâmicas, pode reduzir significativamente os sintomas de TDAH, transformando o que seria uma desvantagem, em ambientes tradicionais, em pontos fortes. Dessa forma, a criação de contextos ocupacionais que considerem o perfil cognitivo e as preferências de pessoas com TDAH é crucial para sua inclusão efetiva [Lasky 2017].

4. Aplicação da Inteligência Artificial na Promoção da Acessibilidade

4.1. Conceito e Potencial da Inteligência Artificial

A IA consiste em um campo tecnológico que abrange sistemas capazes de aprender e tomar decisões de forma autônoma, onde seu desenvolvimento contínuo promete proporcionar benefícios sociais e econômicos, incluindo as áreas de educação e trabalho [Autor et al. 2020]. Esses sistemas podem desempenhar funções que normalmente exigem inteligência quando realizadas por pessoas, como a capacidade de aprender com a experiência e aprimorar seu desempenho em tarefas [Veiga e Pires 2018].

4.2. Principais Subáreas da Inteligência Artificial

Nesse âmbito, se destacam o *Machine Learning* (ML), também conhecido como Aprendizado de Máquina, e a Computação Cognitiva (CC), que são subáreas da IA [Veiga e Pires 2018]. O ML é um campo de estudo focado em desenvolver algoritmos que permitem aos computadores aprenderem a partir de dados, sem a necessidade de programação explícita, realizando a detecção de padrões que colaboram para a tomada de decisão e a análise preditiva de forma autônoma e eficiente [Veiga e Pires 2018]. Já a CC foca na simulação de processos cognitivos humanos, como raciocínio e compreensão de linguagem natural, promovendo assim que as máquinas possuam uma interação mais humana, como no reconhecimento de fala e geração de diálogos [Veiga e Pires 2018].

Esses avanços em ML e CC possibilitam o desenvolvimento de tecnologias voltadas à acessibilidade, incluindo assistentes virtuais, como Siri e Alexa, que utilizam reconhecimento de fala e outras ferramentas de IA para auxiliar na interação com usuários, especialmente aqueles com algum tipo de deficiência [CHAAD 2019]. Dessa forma, a IA tem contribuído para aumentar a inclusão, permitindo que indivíduos com diferentes tipos de limitações acessem informações e serviços de forma mais independente [Silva Junior e Vidal 2023].

4.3. Tecnologias de IA Voltadas à Acessibilidade no Trabalho

Em relação à acessibilidade de pessoas com TDAH no ambiente de trabalho, pesquisas recentes indicam que adultos com esse transtorno podem demonstrar impulsividade na fala, dificuldades em estruturar pensamentos e comunicar-se de maneira clara, além de apresentarem desafios em manter uma rotina, com um desempenho abaixo do seu potencial e dificuldade em concluir projetos de longa duração [Coutinho e França 2020]. Dessa forma, compreende-se que pessoas com TDAH frequentemente enfrentam

desafios na concentração, organização e gerenciamento de tempo, fatores esses que podem refletir negativamente na performance profissional desses indivíduos. Portanto, a automação e a IA, além de aumentarem a produtividade em determinadas áreas, têm a capacidade de complementar as habilidades cognitivas dos trabalhadores, permitindo-lhes realizar tarefas mais complexas de forma mais eficiente [Autor et al. 2020].

Contudo, esse potencial não é uniforme em todas as áreas e situações. Em setores com atividades rotineiras e de baixa qualificação, por exemplo, a IA pode substituir tarefas humanas em vez de complementá-las, enquanto em áreas que exigem maior capacidade cognitiva e criatividade, a IA tem mais chances de atuar de maneira complementar, aumentando a eficácia dos trabalhadores sem substituir suas funções completamente [Autor et al. 2020]. Dessa forma, a IA pode prover soluções tecnológicas que objetivam a diminuição dos efeitos do TDAH no contexto laboral, proporcionando suporte personalizado e adaptável às necessidades individuais dos trabalhadores.

5. Interfaces Cérebro-Computador: Conceitos e Aplicações

5.1. Conceito e Classificação das Interfaces Cérebro-Computador

As ICCs representam uma tecnologia emergente que conecta o cérebro humano a dispositivos externos sem a necessidade de ação muscular, traduzindo a atividade do sistema nervoso em sinal digital [Merrill e Chuang 2018]. Tal tecnologia é comumente utilizada na promoção de novas formas de interação para pessoas portadoras de deficiências motoras, permitindo que elas realizem tarefas do cotidiano e se integrem de forma efetiva em distintos ambientes [Attallah et al. 2020].

As ICCs podem ser classificadas em três tipos: invasivas, que utilizam eletrodos implantados diretamente no cérebro, oferecendo alta resolução de sinal, mas requerendo cirurgia e apresentando riscos associados; semi-invasivas, onde os eletrodos são posicionados na superfície cerebral, abaixo do crânio, proporcionando melhor resolução que métodos não invasivos e com riscos reduzidos em relação às técnicas invasivas; e não invasivas, que captam sinais do cérebro por meio de eletrodos no couro cabeludo, sendo mais seguros e acessíveis, porém com menor resolução espacial devido à atenuação dos sinais pelo crânio. Dessa forma, essas técnicas utilizadas pelas ICCs oferecem diferentes níveis de resolução e aplicação em áreas como reabilitação e comunicação [Mudgal 2020].

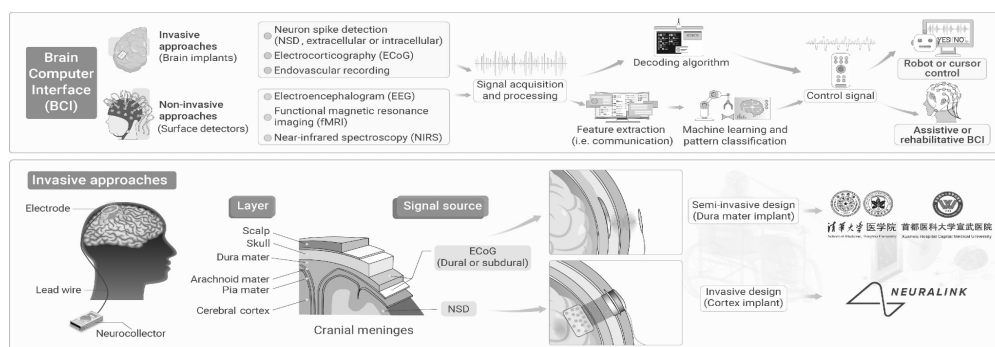


Figura 1. Tipos de Interfaces Cérebro-Computador [Pang et al. 2024].

A Figura 1 ilustra como as ICCs captam, processam e utilizam os sinais cerebrais para diferentes finalidades, destacando o fluxo desde a aquisição do sinal até sua aplicação em tarefas práticas. Essas etapas incluem a conversão da atividade cerebral em sinais digitais, que são processados por algoritmos de machine learning para a extração de padrões e controle de dispositivos. Além disso, a figura evidencia a interação entre os diferentes tipos de ICCs e suas configurações, reforçando suas contribuições para áreas como comunicação assistiva e reabilitação [Pang et al. 2024].

5.2. Aplicações de ICCs no Ambiente de Trabalho

Geralmente, as ICCs estão interligadas a *softwares* com recursos de IA que colaboram para a maior efetividade da aquisição e análise dos dados [Costa 2023]. Uma das aplicabilidades mais evidenciadas das ICCs está no ambiente de trabalho, onde elas permitem o controle de dispositivos e máquinas sem a necessidade de comandos manuais ou verbais.

A empresa de tecnologia AAVAA, por exemplo, desenvolve dispositivos como óculos de realidade aumentada e fones de ouvido que utilizam sinais cerebrais e bio-sinais para possibilitar interações intuitivas, onde trabalhadores podem controlar robôs, sensores e outros equipamentos com movimentos oculares ou faciais [Komeilipoor 2023]. Em ambientes industriais, essas ICCs permitem que os trabalhadores operem suas ferramentas de forma mais eficiente, mesmo em locais barulhentos ou de difícil comunicação [Komeilipoor 2023]. Da mesma forma, a Neuralink tem avançado com fios poliméricos implantáveis no cérebro, permitindo o controle direto de dispositivos por meio de sinais neurais, aumentando a precisão e a produtividade no ambiente de trabalho [Upson 2021].

5.3. Aplicação de ICCs no Tratamento do TDAH

No contexto da aplicação de ICC no tratamento do TDAH, o uso da tecnologia de *Neurofeedback* se destaca como uma estratégia terapêutica não medicamentosa e não invasiva. Essa abordagem permite a personalização das terapias com base nas respostas neuronais dos pacientes [Lopes e Alves 2023].

O principal objetivo da utilização desse recurso de ICC atrelado à psicoterapia é ensinar o paciente a autorregular sua atividade cerebral, reforçando padrões mentais saudáveis relacionados ao controle e atenção [Garcia et al. 2021]. A combinação do *Neurofeedback* associado a outras tecnologias, como Realidade Virtual (RV), oferece uma perspectiva terapêutica inovadora, promovendo maior envolvimento do paciente e otimizando os resultados do tratamento através de um ambiente controlado e estimulante [Rocha e Ribeiro 2024].

5.4. Tecnologias Associadas ao Neurofeedback

Nesse âmbito, métodos como o Eletroencefalograma (EEG) e a Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo (fNIRS) são amplamente utilizados para monitorar a atividade cerebral e ajustar as terapias de acordo com as respostas neuronais em tempo real, garantindo um tratamento mais preciso e eficaz [Flanagan e Saikia 2023]. A principal diferença entre o EEG e o fNIRS está no tipo de atividade cerebral que cada tecnologia mede.

O EEG detecta de forma direta os sinais elétricos gerados pelas oscilações neuronais, com alta resolução temporal, sendo eficaz para captar mudanças rápidas na atividade cerebral. No entanto, apresenta uma resolução espacial mais limitada, dificultando a localização exata das regiões ativas. Por outro lado, o fNIRS mede indiretamente a atividade cerebral por meio da hemodinâmica, indicando a ativação das áreas cerebrais com uma melhor resolução espacial superficial, mas com menor precisão temporal, além de ser limitado às camadas corticais superficiais [Flanagan e Saikia 2023].

5.4.1. Eletroencefalograma

Para compreender melhor o funcionamento do EEG, é fundamental entender a relação entre as ondas cerebrais e o TDAH. As ondas cerebrais associadas ao TDAH, especialmente a razão Theta/Beta (TBR), são frequentemente estudadas e analisadas pelo EEG. A razão TBR refere-se ao equilíbrio entre as ondas lentas Theta e as ondas mais rápidas Beta no cérebro [Garcia et al. 2021].

Indivíduos com TDAH tendem a apresentar uma razão TBR mais elevada, o que está associado a dificuldades de atenção e controle cognitivo [Garcia et al. 2021]. Esse desequilíbrio é comumente analisado por meio do EEG, que mede diferentes bandas de frequência cerebral: Delta (0,5-4 Hz), associada ao sono profundo; Theta (4-8 Hz), relacionada ao relaxamento e criatividade; Alfa (8-13 Hz), conectada à atenção relaxada; Beta (13-30 Hz), ligada ao pensamento analítico; e Gama (>30 Hz), associada ao processamento cognitivo complexo [Flanagan e Saikia 2023]. Com o *Neurofeedback* proveniente da análise dessas ondas, o EEG visa corrigir esse desequilíbrio entre as ondas cerebrais, treinando o cérebro para gerar padrões de atividade mais eficientes e alinhados a estados de atenção e foco. Essa técnica oferece reforço em tempo real com base nas alterações das ondas cerebrais, ajudando os pacientes a modular sua atividade neuronal para reduzir os sintomas de inatenção e impulsividade [Garcia et al. 2021].

O Ritmo Sensorimotor (SMR), uma banda de frequência entre 12-15 Hz, também é relevante no contexto do *Neurofeedback* para TDAH. Seu treinamento está associado a estados de calma e controle motor, e sua regulação pode aumentar o foco e a atenção, ajudando a controlar comportamentos impulsivos [Garcia et al. 2021]. Para a realização da captura da atividade elétrica cerebral gerada pelos neurônios no EEG, os sensores (eletrodos) são posicionados diretamente no couro cabeludo, de acordo com o sistema internacional de posicionamento 10-20 ou 10-10. Esse sistema define pontos específicos da cabeça, como frontal, parietal e occipital, entre outros [Flanagan e Saikia 2023].

5.4.2. Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo

No caso do *Neurofeedback* por meio de fNIRS, a luz infravermelha empregada na técnica detecta as variações nos níveis de oxi-hemoglobina (HbO) e desoxi-hemoglobina (HbR) no sangue, indicando alterações no fluxo sanguíneo e oxigenação cerebral. Isso ocorre porque áreas cerebrais que estão mais ativas tendem a consumir mais oxigênio, e o fNIRS monitora as variações no fluxo sanguíneo, detectando a proporção de hemoglobina oxigenada e desoxigenada, o que é indicativo da atividade cerebral em regiões específicas associadas à atenção, memória e outras funções cognitivas [Flanagan e Saikia 2023]. Essa dinâmica é capaz de refletir a

atividade neuronal de forma indireta, pois o aumento no fluxo sanguíneo da região serve para repor o oxigênio consumido, permitindo assim a análise do estado funcional do cérebro em tempo real [Flanagan e Saikia 2023].

Nos dispositivos fNIRS são utilizados pares de fontes de luz infravermelha, com comprimentos de onda como 760 e 850 nm, e detectores chamados de optodos para detectar a atividade cerebral. Esses sensores são dispostos de forma que a luz emitida penetre o tecido cerebral e seja refletida de volta para o detector, permitindo assim a medição do fluxo sanguíneo da região no córtex cerebral [Flanagan e Saikia 2023].

5.5. Papel da IA na Análise de Sinais Cerebrais

É válido destacar o papel crucial que a IA desempenha na análise dos sinais cerebrais obtidos por EEG e fNIRS. Algoritmos de ML são amplamente utilizados para classificar os sinais cerebrais em diferentes estados ou tarefas, com base em padrões específicos analisados nos dados capturados [Flanagan e Saikia 2023].

No EEG, técnicas como Análise Discriminante Linear, Máquinas de Vetor de Suporte e Redes Neurais Artificiais são empregadas para a classificação das diferentes bandas de frequência das ondas cerebrais, associadas a diversas funções cognitivas. Já no fNIRS, os modelos de IA são usados para analisar padrões na atividade do fluxo sanguíneo cerebral [Flanagan e Saikia 2023]. Tanto o EEG quanto o fNIRS são suscetíveis a interferências de ruído, como movimentos musculares e artefatos, que podem comprometer a integridade dos dados. Nesse contexto, a IA desempenha um papel essencial ao filtrar esses ruídos e artefatos, aprimorando a precisão dos sinais capturados e, conseqüentemente, aumentando a eficácia das análises e a confiabilidade dos resultados obtidos [Flanagan e Saikia 2023].

6. Métodos

O presente estudo utiliza uma metodologia qualitativa, orientada por uma revisão da literatura, focando na análise de artigos acadêmicos, científicos e relatórios técnicos sobre a influência das tecnologias de IA e ICC no suporte a pessoas que possuem TDAH, com ênfase em como essas tecnologias podem ser utilizadas por tais indivíduos no contexto da acessibilidade ao trabalho.

As bases de dados consultadas incluíram Google Scholar, IEEE Xplore e PubMed. Os seguintes descritores foram utilizados para a seleção e leitura de artigos: “TDAH e acessibilidade”, “TDAH e Inteligência Artificial”, “TDAH na vida adulta”, “TDAH e Interfaces Cérebro Computador”, “Desafios do TDAH no ambiente profissional”, “TDAH e *neurofeedback*”, “*ADHD in the workplace*”, “*Accessibility and technology with AI in ADHD*”, “*BCI and ADHD*”, “*ADHD in the work environment*”, “*EEG ADHD adults treatment*”. A busca foi delimitada para os anos de 2017 a 2024, incluindo tanto artigos em português quanto em inglês, com o objetivo de ampliar a gama de informações e garantir uma análise abrangente do tema. Ao todo, foram analisados 44 artigos e selecionados 29 para compor o corpo da revisão. Além disso, foram utilizadas fontes de informação, como resenhas e análises de tecnologias de IA e ICC em destaque no cenário, disponíveis em sites especializados, o que enriqueceu a pesquisa e proporcionou uma visão mais abrangente sobre o tema.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos que abordassem diretamente a aplicação de tecnologias, como IA e ICC, no apoio a trabalhadores com TDAH. Além disso, foram incluídos artigos que analisassem o impacto dessas tecnologias na produtividade e inclusão, explicassem de forma detalhada o seu funcionamento e ressaltassem a importância da acessibilidade no ambiente de trabalho. Também foram considerados estudos que fornecessem uma compreensão aprofundada sobre o TDAH e suas implicações, especificamente na vida adulta. Durante o processo de seleção, foi notável a predominância de estudos focados no diagnóstico e tratamento de crianças com TDAH, o que tornou mais desafiador encontrar pesquisas voltadas para o contexto adulto e consequentemente de trabalho. Assim, poucos estudos com foco exclusivo em crianças foram analisados, sendo priorizadas pesquisas que abordavam a realidade de adultos com TDAH no mercado de trabalho, alinhados ao objetivo da pesquisa de explorar soluções tecnológicas para a inclusão profissional de pessoas com TDAH.

7. Estado da Arte

Nesta seção do artigo, o objetivo é proporcionar uma visão geral abrangente do estado atual da tecnologia referente à aplicação de Inteligência Artificial (IA) e Interfaces Cérebro-Computador (ICCs) no apoio a pessoas com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), especialmente no contexto do ambiente de trabalho.

O "estado da arte" em um trabalho acadêmico é uma seção de grande importância, responsável por apresentar o estágio atual do conhecimento em relação ao tema de estudo. Essa seção tem como objetivo fornecer ao leitor uma visão detalhada e atualizada das principais teorias, métodos e descobertas relevantes na área estudada [Oliveira 2023]. Além disso, o estado da arte também tem como finalidade destacar as lacunas existentes no conhecimento e justificar a necessidade da elaboração de novas pesquisas. Essa abordagem é fundamental para situar o trabalho dentro do contexto acadêmico e estabelecer a relevância da pesquisa proposta [Oliveira 2023].

Na respectiva seção, será abordada a aplicação de tecnologias de inteligência artificial no âmbito mais geral do tratamento e diagnóstico do TDAH. Também será discutida a aplicabilidade de diferentes tecnologias existentes, desde aplicativos que utilizam IA para auxiliar no controle e organização de tarefas, até ICCs que têm como objetivo monitorar e melhorar o foco e a concentração. Também serão discutidos os limites e desafios relacionados à aplicabilidade dessas tecnologias em ambientes corporativos.

7.1. Aplicabilidade das Tecnologias de IA no Diagnóstico e Tratamento do TDAH

7.1.1. IA no Diagnóstico do TDAH

A utilização da IA no que diz respeito ao diagnóstico e tratamento do TDAH tem se mostrado relevante e promissora, principalmente nas áreas que envolvem análise grande de dados comportamentais e biométricos. Tecnologias de IA como o ML têm sido utilizadas para a identificação de padrões nesses dados, proporcionando a facilitação do diagnóstico de TDAH. Porém, a ausência de biomarcadores uniformes ainda é um desafio significativo, dificultando a criação de modelos precisos e generalizáveis [Souza et al. 2022].

7.1.2. IA no Tratamento do TDAH

No que diz respeito ao tratamento do TDAH, a IA possui um papel crucial no suporte de terapias cognitivas. Um tipo de aplicação notável da IA nesse âmbito está relacionado à capacidade que ela possui de processar grandes volumes de dados, permitindo uma análise detalhada do histórico médico e comportamental dos indivíduos. Isso pode ser utilizado para desenvolver planos de tratamento específicos e personalizados para cada paciente [Dalili 2023].

As pesquisas e trabalhos realizados nessa área também evidenciam a utilização de tecnologias como *Neurofeedback*, Rastreamento Ocular, Jogos Sérios, Realidade Virtual e Actigrafia na busca da melhora de habilidades cognitivas chave, como a atenção e a memória de trabalho, para pacientes portadores de TDAH [Souza et al. 2022]. Isso contribui para engajar os usuários dessas tecnologias na realização de atividades não apenas educativas como também cativantes e adaptativas a necessidade específica de cada usuário.

Entretanto, há uma preocupação significativa relacionada à falta de evidências robustas de longo prazo que venham a validar a eficácia contínua das intervenções baseadas em IA. A maioria das pesquisas que existem nessa área é focada em populações infantis, o que gera indagações sobre a generalização dos resultados para adultos, pois esse viés é capaz de limitar o entendimento do impacto total da utilização dessas tecnologias e a efetividade das terapias em diferentes faixas etárias e contextos de vida [Souza et al. 2022].

7.1.3. Aplicação Prática: O Robô Pepper

Um exemplo de aplicação da IA nesse meio está presente em um projeto desenvolvido na Itália para apoiar crianças com TDAH utilizando um robô humanóide desenvolvido pela empresa SoftBank Robotics. Nesse estudo aplicado, o robô chamado de “Pepper” foi equipado com uma tela sensível ao toque e câmeras que monitoram e analisam em tempo real as emoções e o nível de atenção da criança durante as sessões terapêuticas. As redes neurais convolucionais usadas para o reconhecimento das emoções, alinhadas com os dados capturados durante a terapia, proporcionam a personalização das atividades terapêuticas mediante as necessidades específicas do paciente, oferecendo um acompanhamento contínuo e preciso do progresso da criança [Amato et al. 2021].

A interação das crianças com o robô auxilia no engajamento de maneira lúdica e menos estressante, o que é de grande relevância para pacientes com TDAH, que enfrentam dificuldades de manter o foco e em lidar com frustrações durante as atividades terapêuticas. O estudo preliminar destacou que as crianças participantes, ao interagirem com o robô Pepper, demonstraram maior aceitação, envolvimento e motivação durante as sessões de terapia. Segundo Amato et al. (2021), no futuro, há planos de empregar o sistema do robô Pepper para apoiar atividades no ambiente escolar. A expectativa é que, utilizando a lógica da terapia de grupo, Pepper possa ajudar crianças com TDAH a se socializarem com seus colegas de classe, o que poderia ser um componente fundamental para aumentar a inclusão entre pares em relação às crianças com TDAH, um fator de fundamental importância.

7.2. Aplicativos e Softwares de IA para Auxílio no TDAH no Trabalho

As ferramentas disponíveis no mercado com maior destaque voltadas para o suporte ao TDAH no contexto do trabalho são as que auxiliam no gerenciamento de tarefas, focando na produtividade do usuário [Folaron 2023]. Dentre essas ferramentas, pode-se destacar o Trello com Butler. O Trello, da empresa Atlassian, consiste em uma ferramenta de gerenciamento de projetos muito conhecida, mas com o incremento do Butler, seu recurso de automação integrado que utiliza IA, é capaz de reduzir ainda mais o trabalho manual e fornecer sugestões personalizadas. Também é válido ressaltar o Todoist e o Asana, outras ferramentas no mercado que possuem objetivos e recursos em comum com o Trello [Edge Foundation 2023].

Outra área de foco das soluções de IA para TDAH é a melhoria da comunicação e do gerenciamento de ideias. Nesse âmbito da comunicação, assistentes inteligentes de escrita que utilizam IA podem ser de grande valia para pessoas que geralmente têm mais dificuldade de se expressar, aprimorando a clareza, a consistência e o impacto de suas comunicações. Um exemplo de ferramenta nesse contexto é o Quillbot da empresa Learneo. Essa ferramenta possui funcionalidades que auxiliam na reestruturação de frases e na simplificação de textos complexos, permitindo assim a manutenção de foco e fluidez da comunicação, visto que o usuário terá uma sobrecarga cognitiva reduzida com sugestões de sinônimos e reescritas, o que contribui para a concentração no que realmente se deseja transmitir com a escrita [Quillbot 2024].

As IAs generativas, como o ChatGPT da OpenAI, o Gemini do Google e o Claude da Anthropic, também podem ser grandes aliadas das pessoas com TDAH no ambiente de trabalho, especialmente no gerenciamento de ideias. Esses modelos de linguagem avançados não apenas auxiliam na elaboração e no refinamento de ideias, mas também ajudam a organizar o pensamento e a estruturar informações de forma clara e concisa. Dessa maneira, colaboram ativamente para aumentar a produtividade, estimulando a criatividade ao sugerir novas abordagens e soluções para problemas complexos, o que pode ser fundamental para superar desafios relacionados ao foco e à organização [CHADD 2019].

Também existem ferramentas cujo objetivo principal é lidar com distrações de forma eficiente e produtiva, como é o caso da ferramenta RescueTime. Tal aplicação usa algoritmos de IA para detectar períodos de picos de produtividade do usuário e sugerir ciclos adequados de pausa no trabalho. Além disso, o RescueTime pode ajudar na diminuição do ruído do mundo digital, bloqueando notificações e conteúdos que podem atrapalhar o desempenho no trabalho em momentos importantes [Edge Foundation 2023]. Nesse cenário, também são destacáveis o Brain.fm e Focus@Will, aplicativos que utilizam IA para criar e fornecer músicas que ajudam a aumentar a concentração e atenção, sendo benéfico para indivíduos com TDAH [Edge Foundation 2023].

Por fim, assistentes virtuais como Alexa da Amazon, Siri da Apple e Google Assistant do Google, podem ser ferramentas úteis para pessoas com TDAH, especialmente no ambiente corporativo [CHADD 2019]. Esses assistentes ajudam no gerenciamento de compromissos e na organização do dia a dia, funcionando como uma extensão da memória de trabalho, o que pode melhorar significativamente a execução de tarefas e a produtividade. No entanto, apesar de seu potencial, há desafios persistentes

para pessoas com TDAH. Esses dispositivos exigem que os usuários memorizem comandos específicos e ajustem configurações, o que pode ser difícil para aqueles que enfrentam déficits nas funções executivas, como a dificuldade em se adaptar a novos sistemas ou manter a consistência no uso dessas ferramentas [CHADD 2019].

7.3. Interfaces Cérebro-Computador no Suporte ao TDAH

Entre as ICCs atualmente disponíveis no mercado, o *Neurofeedback* tem mostrado resultados promissores em comparação com os tratamentos medicamentosos tradicionais para o TDAH. Ele oferece benefícios duradouros que podem ser comparados aos medicamentos no longo prazo, mas sem os efeitos colaterais associados às drogas [Garcia et al. 2021]. Enquanto os medicamentos tendem a perder eficácia ao longo do tempo, exigindo ajustes contínuos de dosagem, o *Neurofeedback* pode gerar melhorias sustentadas sem a necessidade de tratamento contínuo. Isso ocorre porque essa técnica de tratamento foca na autorregulação da atividade cerebral, promovendo mudanças neurológicas duráveis e sem a dependência de substâncias farmacológicas [Garcia et al. 2021].

O EEG é considerado uma das modalidades de detecção mais viáveis para o uso por consumidores [Merrill e Chuang 2018]. Outra tecnologia popular em *Neurofeedback* é o fNIRS, que também está se tornando cada vez mais acessível ao público [Flanagan e Saikia 2023]. Tecnologias que antes eram restritas a ambientes clínicos, como dispositivos baseados em EEG e fNIRS, estão agora surgindo em versões portáteis e vestíveis, disponíveis para uso doméstico por qualquer pessoa, e não apenas por profissionais de saúde. Essa democratização aumenta a acessibilidade, tanto em termos de custo quanto de facilidade de uso, permitindo que indivíduos monitorem sua saúde mental e bem-estar em suas próprias casas ou ambientes de trabalho [Flanagan e Saikia 2023]. Devido a esses fatores, dispositivos relacionados têm ganhado relevância no tratamento e manejo de transtornos neurológicos, como o TDAH.

Estudos preliminares indicam que sistemas de *Neurofeedback* remoto, acessíveis por meio de aplicativos móveis, têm demonstrado eficácia no tratamento do TDAH, promovendo melhorias no controle da atenção, na regulação emocional e no comportamento geral [Whitehead et al. 2022]. Além disso, usuários dessas tecnologias apresentaram avanços em testes cognitivos, como maior capacidade de atenção e controle executivo, bem como uma redução dos sintomas do TDAH, conforme avaliado por escalas de saúde mental [Whitehead et al. 2022]. Esses resultados destacam o potencial dessas ferramentas remotas como uma alternativa eficaz e acessível aos tratamentos clínicos tradicionais, permitindo uma abordagem mais prática e flexível para lidar com os sintomas.

Esses dispositivos variam em termos de canais de medição, taxa de amostragem e tipos de sensores adicionais, como giroscópios e acelerômetros, com o objetivo de captar a atividade cerebral de forma precisa e confiável [Flanagan e Saikia 2023]. Abaixo seguem os dispositivos de EEG e fNIRS que mais se destacam no mercado, com base em pesquisas do autor que incluíram sites de resenhas, lojas especializadas, avaliações de usuários e os sites oficiais dos dispositivos.

Tabela 1. Dispositivos EEG. Fonte: elaboração do autor a partir dos dados de resenhas dos dispositivos disponíveis em [MindTecStore 2024].

Dispositivo (Empresa)	Função Principal	Características Técnicas	Sensores	Aplicações
Brainlink Lite EEG Headset (Macrotellect)	Neurofeedback para treinamento mental, foco, mindfulness, meditação.	Faixa de cabeça, Bluetooth (<10m), compatível com iOS/Android, bateria de até 180 min, 3 sensores secos.	3 eletrodos secos: EEG, GND, REF, localizados na testa.	Atenção, concentração, redução de estresse, meditação, neurofeedback.
EPOC X EEG Headset (Emotiv)	Coleta de dados cerebrais para pesquisa científica e gravação móvel.	Faixa de cabeça, Bluetooth 5.0, bateria de até 9h, eletrodos salinos recarregáveis, 9 sensores. movimento	14 eletrodos salinos para EEG, 9 eixos de sensores de movimento para a cabeça.	Pesquisa avançada, gravação de alta qualidade fora do laboratório, flexível para diversos usos científicos.
EMOTIV Insight 2.0 (Emotiv)	Análise de atividade cerebral e respostas emocionais em tempo real.	Faixa de cabeça com 5 canais de EEG, 128 Hz de amostragem por canal, Bluetooth 5.0, bateria de 20h, sensores semi-secos.	5 sensores de EEG (AF3, AF4, T7, T8, Pz), referências CMS/DRL, sensores de movimento: acelerômetro, giroscópio, magnetômetro.	Análise de desempenho cognitivo e emocional, controle de máquinas via BCI, monitoramento cerebral de longo prazo.
Muse 2 EEG Headset (Interaxon)	Treinamento mental para mindfulness, concentração, redução de estresse e meditação.	Faixa de cabeça, 7 sensores (EEG, PPG, acelerômetro, giroscópio), Bluetooth 5.0, Bateria de 5h, compatível com apps iOS/Android.	7 sensores para EEG: 2 sensores na testa, 2 sensores atrás das orelhas, 3 sensores de referência.	Meditação guiada com neurofeedback, controle de respiração, batimentos cardíacos e postura corporal.

Analisando os dispositivos apresentados nas tabelas 1 e 2, é possível identificar uma distinção clara entre aqueles voltados para estudos científicos e os destinados ao consumidor geral. Os dispositivos destinados ao uso científico tendem a ter um formato mais robusto, geralmente na forma de capacetes, que oferecem maior precisão na captura dos sinais. Já os dispositivos voltados para o consumidor geral costumam ser mais simples e compactos, frequentemente na forma de faixas de cabeça, proporcionando maior praticidade e conforto no uso cotidiano.

Como dispositivos mais robustos, destacam-se o EPOC X EEG e o NIRSIT. Ambos são faixas de cabeça mais robustas e complexas, projetadas para fornecer alta precisão na coleta de dados de pesquisas científicas. O EPOC X é um dispositivo EEG que possui 14 canais e sensores de eletrodos salinos, sendo ideal para estudos detalhados sobre TDAH, que requerem monitoramento preciso da atividade cerebral. Já o NIRSIT utiliza a tecnologia fNIRS para mapear a oxigenação cerebral em tempo real, também de grande valia para estudos sobre TDAH.

Em contrapartida, as faixas de cabeça como Brainlink Lite, Muse 2 e Mendi representam os dispositivos mais voltados para consumidores gerais, ideais para um ambiente de trabalho, que exige discrição e praticidade. O Brainlink e o Muse 2, que são dispositivos EEG, conectam-se a aplicativos de dispositivos móveis, nos quais o processamento dos sinais cerebrais é feito em tempo real, oferecendo *feedback* visual ou auditivo para ajudar a melhorar a concentração e reduzir o estresse. O Muse 2 também monitora batimentos cardíacos e respiração, facilitando sessões de meditação, conhecidas como *mindfulness*, que contribuem para a melhoria do foco e redução da impulsividade. Esse *feedback* auxilia o usuário a ajustar seu estado mental durante a

meditação ou relaxamento, guiando-o para um estado de maior tranquilidade. Por fim, o Mendi utiliza fNIRS para monitorar a oxigenação do córtex pré-frontal, atuando na concentração e estabilidade emocional de forma prática e acessível.

Tabela 2. Dispositivos fNIRS. Fonte: elaboração do autor a partir dos dados dos dispositivos disponíveis em [BioLink Medical 2024 Mendi 2024 Obelab 2024].

Dispositivo (Empresa)	Função Principal	Características Técnicas	Sensores	Aplicações
Brite MKIII (Artinis)	Medição da oxigenação cerebral em tempo real, flexível e portátil.	Capacete de 300g, até 27 canais, optodes ajustáveis, correção de luz, Bluetooth, sensor de movimento (9 eixos).	Sensores fNIRS medem hemoglobina oxigenada, desoxigenada e total, optodes ajustáveis para áreas corticais.	Aplicações para monitoramento cerebral em ambientes variados, como idosos e crianças em movimento, uso em combinação com EEG e tDCS.
Mendi (Mendi)	Treinamento cerebral por neurofeedback, monitoramento do fluxo sanguíneo e oxigenação do córtex pré-frontal.	Faixa de cabeça, fNIRS portátil, monitora fluxo sanguíneo e oxigenação, compatível com apps (iOS/Android), bateria de 5h.	Sensores fNIRS para monitoramento do córtex pré-frontal via luz infravermelha, medição de fluxo sanguíneo e oxigenação.	Neurofeedback para foco, regulação emocional, redução de estresse, e potencial melhora no sono e atenção.
NIRSIT (OBELAB)	Sistema de imagem fNIRS portátil e leve, projetado para medições do córtex pré-frontal.	Faixa de cabeça, 204 canais, laser duplo, 24 fontes de luz, 32 detectores, varredura 32,552 Hz, mapeamento 3D, bateria de 3000mAh.	24 fontes de luz com 32 detectores PIN fotodiodos; Distâncias entre fonte e detector: 1.5cm, 2.12cm, 3 cm, 3.35 cm.	Estudos cognitivos, alterações metabólicas, interfaces cérebro-computador, decodificação de estado afetivo, compatível com filtros adaptativos e algoritmos de remoção de artefatos de movimento.

8. Discussão

Os resultados provenientes da análise do estado da arte indicam que a utilização da IA e das ICCs pode representar uma solução promissora para auxiliar na inclusão de trabalhadores com TDAH. Percebe-se que a aplicação prática dessas tecnologias, especialmente através de ferramentas de IA, como aplicativos de gerenciamento de tarefas e assistentes virtuais, demonstra que já existem soluções acessíveis para enfrentar dificuldades comuns no ambiente de trabalho, como desatenção e problemas de organização. Essas tecnologias são capazes de automatizar processos que exigem atenção prolongada e organização, contribuindo diretamente para o auxílio de trabalhadores com TDAH no enfrentamento dos desafios comuns da condição, como desatenção e dificuldades de planejamento. Esses achados corroboram a literatura existente que indica que a IA pode complementar funções executivas prejudicadas, promovendo o maior foco e eficiência em tarefas diárias.

Além disso, compreende-se que as ICCs, especialmente através da utilização do *Neurofeedback*, possuem grande potencial como alternativas terapêuticas para o controle cognitivo. Com o monitoramento da atividade cerebral em tempo real e fornecimento de *feedback* de forma imediata, essas tecnologias permitem a autorregulação cognitiva, atuando na melhora da capacidade de concentração e controle da impulsividade. Esses achados reforçam a aplicabilidade prática dessas tecnologias, indicando que trabalhadores com TDAH podem se beneficiar diretamente de soluções tecnológicas já

disponíveis no mercado, o que pode transformar sua experiência profissional e melhorar a inclusão.

Nesse sentido, os dispositivos de *Neurofeedback* podem ser aplicados de maneira prática no ambiente de trabalho, oferecendo suporte em diversas situações, especialmente para trabalhadores com TDAH. Por exemplo, ao monitorar a atividade cerebral durante tarefas que exigem alta concentração, esses dispositivos podem fornecer *feedback* imediato ao usuário, como alerta sonoros ou visuais sobre seus níveis de atenção. Com isso, o trabalhador pode realizar ajustes rápidos para melhorar o foco e a eficiência, ajudando a minimizar os efeitos da distração, característicos do TDAH. Em ambientes de trabalho com alta demanda cognitiva, o uso contínuo de *Neurofeedback* pode permitir que os profissionais identifiquem momentos de distração ou fadiga mental e tomem medidas corretivas, como pausas estratégicas ou mudança de tarefas, melhorando o desempenho global. Além disso, esses dispositivos podem ser integrados a plataformas de trabalho, permitindo que gestores adaptem as atividades e cronogramas de acordo com o desempenho cognitivo de cada funcionário, criando um ambiente de trabalho mais adaptado às necessidades de indivíduos com TDAH.

No entanto, é necessário reconhecer que o campo ainda enfrenta desafios significativos. Observa-se uma lacuna importante no uso dessas tecnologias voltadas para adultos com TDAH, especialmente no ambiente de trabalho. A maioria dos estudos na área concentra-se em populações infantis, limitando, dessa forma, a generalização dos resultados para contextos profissionais. O foco em crianças deve-se, em parte, ao fato de que o diagnóstico de TDAH geralmente ocorre durante a infância, o que colabora para uma maior disponibilidade de intervenções voltadas para esse grupo. Por consequência, a falta de dados mais sólidos referentes à população adulta dificulta o desenvolvimento de tecnologias que abordem, de forma efetiva, o impacto do transtorno no contexto laboral. Além disso, seria crucial que novas pesquisas abordassem como as tecnologias de IA e ICCs podem ser adaptadas às necessidades específicas de diferentes setores de trabalho, com um olhar direcionado para a produtividade e bem-estar dos trabalhadores adultos.

Outro ponto a ser considerado é a limitação na avaliação dos efeitos de longo prazo das intervenções tecnológicas, com a maioria dos resultados focando em efeitos de curto prazo. Estudos, como os de Souza et al. (2022), evidenciam a falta de evidências robustas a longo prazo, o que torna mais desafiadora a avaliação dos impactos contínuos dessas tecnologias na vida adulta. Deduz-se que essa falta de estudos de acompanhamento a longo prazo é uma limitação que precisa ser abordada em futuras investigações, visto que os benefícios dessas tecnologias podem variar ao longo do tempo e conforme o uso prolongado no ambiente de trabalho. Outro fator que se observa é a elevada taxa de subdiagnóstico do TDAH em adultos. Estima-se que muitos adultos vivam com o transtorno sem o diagnóstico formal, o que impede a busca por tratamento adequado, como é apontado por Souza et al. (2023).

Por fim, nota-se a importância da crescente disponibilidade de dispositivos remotos de EEG e fNIRS, que representam uma oportunidade promissora para o tratamento de TDAH. Esses dispositivos, anteriormente restritos a ambientes clínicos, estão se tornando mais acessíveis devido ao desenvolvimento de versões portáteis e

vestíveis. Contudo, ainda se observa que existem barreiras relacionadas ao custo elevado e à precisão dos dados em ambientes não controlados, como o local de trabalho, o que limita sua aplicação em larga escala nesse contexto. Embora esses dispositivos tenham potencial significativo, seu uso em ambientes profissionais ainda enfrenta desafios, especialmente no que diz respeito à viabilidade financeira e à confiabilidade dos dados coletados fora de ambientes controlados. Além disso, a falta de pesquisas que avaliem a eficácia desses dispositivos em contextos profissionais e a longo prazo gera incertezas quanto à sua efetividade, o que pode dificultar sua adoção mais ampla.

9. Conclusão

Este estudo explorou o uso de tecnologias de IA e ICCs para promover a inclusão de trabalhadores com TDAH no ambiente de trabalho. A pesquisa partiu do problema central de como essas ferramentas tecnológicas podem auxiliar no enfrentamento das dificuldades comuns associadas ao transtorno, como a desatenção e a falta de organização.

Com base na revisão da literatura e nos avanços tecnológicos apresentados, percebeu-se que tanto a IA quanto as ICCs oferecem soluções promissoras. A IA, por meio de assistentes virtuais e aplicativos de gerenciamento de tarefas, pode ajudar a automatizar e otimizar a produtividade no ambiente de trabalho. Já as ICCs, especialmente o *neurofeedback*, demonstram potencial para melhorar o controle cognitivo e a concentração, atuando diretamente nos sintomas do TDAH. Dessa forma, o presente estudo destaca a viabilidade dessas tecnologias na promoção de acessibilidade para trabalhadores adultos com TDAH, uma área ainda pouco explorada, especialmente quando comparada ao número significativo de estudos focados no contexto educacional de crianças e adolescentes.

No entanto, limitações ainda existem, como a falta de estudos de longo prazo e a carência de pesquisas focadas na aplicação prática dessas tecnologias em diferentes setores. Para pesquisas futuras, sugere-se a avaliação mais detalhada dos impactos dessas tecnologias em contextos profissionais específicos, além de investigações que considerem a eficácia dessas ferramentas ao longo do tempo. Também seria relevante explorar como essas soluções tecnológicas podem ser adaptadas para atender a demandas personalizadas de diferentes tipos de trabalho.

Para superar tais limitações, é de fundamental importância o investimento em estudos longitudinais que acompanhem a evolução dessas tecnologias, com foco nas necessidades específicas de pessoas com TDAH. Além disso, projetos-piloto em diferentes áreas profissionais seriam essenciais para testar a adaptabilidade e eficácia dessas soluções em cenários reais. A colaboração entre pesquisadores, empresas e usuários finais com TDAH será crucial para o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes e personalizadas, capazes de atender às demandas desse grupo no ambiente de trabalho.

10. Referências

Amato, F., Sebillio, M., Di Gregorio, M., Tortora, G., Monaco, C., e Vitiello, G. (2021). “Socially Assistive Robotics combined with Artificial Intelligence for ADHD”, In:

2021 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), DOI: 10.1109/CCNC49032.2021.9369633.

Attallah, O., Abougharbia, J., Tamazin, M., e Nasser, A. A. (2020). “A BCI System Based on Motor Imagery For Assisting People with Motor Deficiencies in the Limbs” , *Brain Sciences*, 10(11), 864.

Autor, D., Mindell, D., e Reynolds, E. (2020). “O Trabalho do Futuro: Moldando a Tecnologia e as Instituições”, In: *Panorama Setorial da Internet*, 4, Dezembro 2020, Ano 12.

Biolink Medical. “Brite MKIII fNIRS Portátil Multicanal.” Disponível em: <https://www.biolinkmedical.com.br/produto/dispositivos-nirs-fnirs/dispositivos-fnirs-imagem-cerebral/brite-mkiii-fnirs-portatil-multicanal/>. Acesso em: 23 de setembro de 2024.

Borges, A. V., e Longen, W. C. (2019). “Inclusão de Pessoas com Deficiência no Mercado de Trabalho e as Perspectivas de Acessibilidade”, *Brazilian Journal of Health Review*, 2(6), 5520-5531.

Castro, C. X. L., e Lima, R. F. (2018). “Consequências do Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) na idade adulta”, *Revista Psicopedagogia*, 35(106), 61-72.

CHADD. (2019). “Digital Assistants: The Future of ADHD support”, *ADHD Weekly*, 14 de março de 2019. Disponível em: <https://chadd.org/adhd-weekly/digital-assistants-the-future-of-adhd-support/>. Acesso em: 23 de maio de 2024.

Conitec. (2022). “Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para o Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH).” Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde, Departamento de Gestão e Incorporação de Tecnologias e Inovações em Saúde. Brasília – DF.

Coutinho, T., e França, G. T. (2020). “A Pessoa com TDAH no Mercado de Trabalho e o Papel do Psicopedagogo Institucional”, *Caderno Intersaberes*, 9(18), 16-23.

Dalili, S., e Zohuri, B. (2023). “Revolutionizing Treatment: AI-driven Noninvasive Approaches for ODD and ADHD”, *Management Studies*, 11(4), 215-220.

Edge Foundation. (2023). “Harnessing AI to Thrive in the Workplace with ADHD.” Disponível em: <https://edgefoundation.org/harnessing-ai-to-thrive-in-the-workplace-with-adhd/>. Acesso em: 25 de maio de 2024.

Flanagan, K., e Saikia, M. J. (2023). “Consumer-Grade Electroencephalogram and Functional Near-infrared Spectroscopy Neurofeedback Technologies for Mental Health and Wellbeing”, *Sensors*, 23(20), 8482.

- Folaron, G. (2023). "Top 5 AI-Focused Productivity Tools to Support ADHD", *Leantime*, 7 de agosto de 2023. Disponível em: <https://leantime.io/top-5-ai-focused-tools-to-support-adhd/>. Acesso em: 26 de maio de 2024.
- Fuermaier, A. B. M., Tucha, L., Butzbach, M., Weisbrod, M., Aschenbrenner, S., e Tucha, O. (2021). "ADHD at the Workplace: ADHD Symptoms, Diagnostic status, and Work-related Functioning", *Journal of Neural Transmission*, 128(11), 1021–1031.
- Garcia Pimenta, M., Brown, T., Arns, M., e Enriquez-Geppert, S. (2021). "Treatment Efficacy and Clinical Effectiveness of EEG Neurofeedback as a Personalized and Multimodal Treatment in ADHD: A Critical Review", *Neuropsychiatric disease and treatment*, 637-648.
- Komeilipoor, N. (2023). "Benefits of Contactless Devices in the Workplace: Technology that Allows Employees to Control the Sounds they Want to Hear with Mere Gestures has Great Implications for Worker Safety and Efficiency, Not Just For People Who are Hard of Hearing", *The Hearing Review*, 30(9), 22-24.
- Lasky, A. K., Weisner, T. S., Jensen, P. S., Hinshaw, S. P., Hechtman, L., Arnold, L. E., Murray, D., e Swanson, J. M. (2017). "ADHD in Context: Young Adults' Reports of the Impact of Occupational Environment on the Manifestation of ADHD", *Social Science & Medicine*. Author manuscript; available in PMC, July 1, 2017.
- Lopes, L. A., e Alves, S. F. S. (2023). "Neurofeedback no Tratamento do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade", *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 27(5), 3091-3102.
- Mendi. (2024). "Mendi - Brain Health Made Easy", Disponível em: <https://www.mendi.io/>. Acesso em: 23 de outubro de 2024.
- Merrill, N., e Chuang, J. (2018,). "From Scanning Brains to Reading Minds: Talking to Engineers about Brain-Computer Interface", In: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-11).
- MindTecStore. "Home - MindTecStore." Disponível em: <https://www.mindtecstore.com/Home>. Acesso em: 19 de setembro de 2024.
- Mudgal, S. K., Sharma, S. K., Chaturvedi, J., e Sharma, A. (2020). "Brain Computer Interface Advancement in Neurosciences: Applications and Issues", *Interdisciplinary Neurosurgery*, 20, 100694.
- Nadeau, K. G. (2005). "Career Choices and Workplace Challenges for Individuals with ADHD", *Journal of Clinical Psychology*, 61(5), 549-563.
- OLIVEIRA, H. (2023). "Estado da Arte no Trabalho Acadêmico: O que é, e como Fazer?" Disponível em:

<https://blog.grancursosonline.com.br/estado-da-arte-trabalho-academico>. Acesso em: 14 agosto 2024.

Oscarsson, M., Nelson, M., Rozental, A., Ginsberg, Y., Carlbring, P., e Jönsson, F. (2022). "Stress and Work-related Mental Illness Among Working Adults with ADHD: a Qualitative Study", *BMC psychiatry*, 22(1), 751.

Pang, W., Yuan, C., Zheng, Y., Zhong, T., & Lai, P. (2024). "Applications Over the Horizon-Advancements and Challenges in Brain-Computer Interfaces", *The Innovation Life*, 2(1), 100058-1.

Polanczyk, G., De Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., e Rohde, L. A. (2007). "The Worldwide Prevalence of ADHD: a Systematic Review and Metaregression Analysis", *American journal of psychiatry*, 164(6), 942-948.

QuillBot. (2024). "Your Ideas, Better Writing." Disponível em: <https://quillbot.com/>. Acesso em: 02 de junho de 2024.

Rocha, P., e Ribeiro, D. (2024). "Integração do Neurofeedback e da Realidade Virtual - Abordagens Inovadoras para a Prática Clínica do Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade", In: *Collection of International Topics in Health Sciences*, Vol. 2.

Sena, J. E. B. (2024). "A Proteção dos Direitos da Pessoa com TDAH no Ambiente de Trabalho e as Disposições Constitucionais", Artigo científico, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Trabalho de Curso II, Goiânia.

Silva Junior, A. L. da, e Vidal, L. de C. (2023). "Utilização da Inteligência Artificial na Acessibilidade", In: *Engenharias - Automação, Robótica, Metrologia e Energia: estudos e tendências*, Vol. 2, Editora Científica Digital.

Souza, T. G., Silva, M. F., Alves, R. M. B., e Moura, W. S. (2022). "Tecnologias Computacionais para Tratamento e Diagnóstico do TDAH: Inferências e Interpretações sobre uma Revisão Sistemática de Literatura." In: *Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, 15(1), 17:1–17:19.

Souza, L., Albuquerque, F., Albuquerque, C., Pereira, S., Baraúna, Y., Silva, D., ... e Oliveira, A. (2023). "Dificuldades e Consequências do Diagnóstico Tardio de TDAH: revisão integrativa", *Revista Contemporânea*, 3(6), 5685-5701.

Upton, P. (2021). "How Does Brain-Computer Interface Technology Present Challenges for Labor Law in New Zealand? ", *Revue de droit comparé du travail et de la sécurité sociale*, (4), 6-15.

Veiga, R., e Cadete Pires, C. M. P. (2018). "Impacto da Inteligência Artificial nos Locais de Trabalho", *Rede de Investigação sobre Condições de Trabalho*, 67-79.