

Uso de interfaces cérebro-computador em crianças com TDAH: Uma revisão sistemática

Use of brain-computer interfaces in children with ADHD: A systematic review

Uso de interfaces cerebro-computadora en niños con TDAH: Una revisión sistemática

Recebido: 07/06/2021 | Revisado: 13/06/2021 | Aceito: 16/06/2021 | Publicado: 30/06/2021

Nayara Magda Gomes Barbosa da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9162-5182>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: nayaramenfer@hotmail.com

Edgar Marçal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5037-2724>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: edgar@virtual.ufc.br

Meline Mesquita de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2959-6322>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: meline@virtual.ufc.br

Tiago da Costa Silva Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4347-3006>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: tiago.silva@ifpi.edu.br

Resumo

O transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) tem início na infância e apresenta como sintomas mais comuns a falta de atenção, hiperatividade e dificuldade de autocontrole. As Interfaces Cérebro-Computador (ICCs) podem auxiliar no tratamento de pacientes com TDAH. Nesse contexto, o presente artigo trata-se de uma revisão sistemática que objetivou-se em relatar como as ICCs estão sendo utilizadas no tratamento de crianças com TDAH, baseado na hipótese de que a utilização das ICCs corrobora com a melhora do tratamento dessas crianças. Para isso, realizou-se uma análise bibliográfica nas publicações científicas presentes nas bibliotecas digitais IEEE Xplore, PubMed e ScienceDirect. Na análise foram consideradas as publicações dos anos de 2015 a 2020, no idioma inglês. Verificou-se que diferentes hardwares foram utilizados no tratamento de crianças com TDAH por meio das ICCs, no geral, associados a jogos digitais interativos. As ICCs utilizadas desempenharam um importante papel, podendo-se considerar que as mesmas corroboraram para melhorias na atenção, habilidades sociais e comportamentais, bem como, na reorganização da rede funcional do cérebro.

Palavras-chave: Interface cérebro-computador; Saúde mental; Eletroencefalograma.

Abstract

Attention deficit / hyperactivity disorder (ADHD) starts in childhood and presents as the most common symptoms the lack of attention, hyperactivity and difficulty in self-control. Brain-Computer Interfaces (BCIs) can assist in the treatment of patients with ADHD. In this context, this article is a systematic review that aimed to report how the BCI are being used in the treatment of children with ADHD based on the hypothesis that the use of BCIs corroborates with the improving the treatment of these children. For this, a bibliographic analysis was carried out in the scientific publications present in the digital libraries IEEE Xplore, PubMed and ScienceDirect. In the analysis, publications from 2015 to 2020 in english were considered. Differents hardwares were used to treat children with ADHD through BCIs in general associated with interactive digital games. The BCIs used played an important role being able to consider that they corroborated for improvements in the attention, social and behavioral skills, as well as, in reorganizing the functional brain network.

Keywords: Brain-computer interface; Mental health; Electroencephalogram.

Resumen

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) comienza en la niñez y los síntomas más comunes son falta de atención, hiperactividad y dificultad en el autocontrol. Las Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) pueden ayudar en el tratamiento de pacientes con TDAH. En este contexto, este artículo es una revisión sistemática tenido como objetivo informar cómo se utilizan las ICC en el tratamiento de niños con TDAH, basado en la hipótesis de que el uso de ICC corrobora con la mejora en el tratamiento de estos niños. Para ello, se realizó un análisis bibliográfico en publicaciones científicas presentes en las bibliotecas digitales IEEE Xplore, PubMed y ScienceDirect. En el

análisis se consideraron publicaciones de los años 2015 a 2020, en inglés. Se encontró que en el tratamiento de niños con TDAH a través de ICC se utilizaron diferentes hardware, en general, asociados a juegos digitales interactivos. Los ICC utilizados jugaron un papel importante y se puede considerar que contribuyeron para mejoras de las habilidades de atención, sociales y conductuales, así como a la reorganización de la red funcional del cerebro.

Palabras clave: Interfaz cerebro-computadora; Salud mental; Electroencefalograma.

1. Introdução

O déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) é um transtorno comum na infância que segundo Silva (2014) apresenta-se basicamente por três sintomas: desatenção, impulsividade e hiperatividade física e mental. O TDAH acarreta alterações nas funções executivas que, conforme Munakata, Michaelson, Barker e Chevalier (2013), podem ser compreendidas como um conjunto de processos cognitivos que dão suporte à regulação dos pensamentos, emoções e comportamentos. O cérebro possui inúmeras funções cognitivas dentre as quais destacam-se pela sua relevância: focalizar a atenção, compilar e guardar conhecimentos. A atenção é considerada como o eixo central das aptidões cognitivas (Jiang, Abiri & Zhao, 2017). Segundo a American Psychiatric Association (2014), 5% das crianças são diagnosticadas com TDAH. Embora acometidas por esse transtorno, essas crianças possuem traços de criatividade, são amáveis, talentosas, gostam de inovar e aplicar suas inovações, conforme Rief (2005).

Quando não existe um diagnóstico prévio e um tratamento direcionado, o TDAH pode ocasionar graves consequências na qualidade de vida do paciente e de seus familiares. Segundo Abrahão e Fantacini (2017) por influenciar no comportamento e conseqüentemente no processo ensino-aprendizagem, o TDAH pode gerar conflitos pessoais, familiares e escolares. Exames de imagens e o Eletroencefalograma (EEG) podem ser utilizados no diagnóstico de pacientes com TDAH. De acordo com Dickstein, Bannon, Castellanos e Milham (2016) as crianças acometidas com esse transtorno apresentam nos exames de imagens regiões do cérebro afetadas com uma diminuição da atividade do lobo frontal repercutindo no córtex anterior cingulado, córtex pré-frontal dorsolateral, córtex pré-frontal inferior e córtex orbitofrontal, parcialmente nos gânglios basais, tálamo e córtex parietal. Snyder e Hall (2006) observaram que nos exames de EEG as crianças com TDAH apresentaram um ampliamiento das ondas teta e decréscimo nas ondas beta.

Quanto aos recursos terapêuticos, após diagnosticados, os portadores de TDAH podem ser submetidos a tratamentos medicamentosos, terapias comportamentais ou psicossociais e terapia neurofeedback (Cortese & Coghill, 2018; Boland *et al.*, 2020). Os medicamentos quando utilizados têm benefícios nas catecolaminas, o que garante melhoria nos aspectos de atenção. Porém podem apresentar diversos efeitos colaterais, o que dificulta a manutenção do tratamento. As terapias comportamentais ou psicossociais melhoram a sociabilidade, mas, para que seus efeitos sejam mais expressivos, é necessário que o paciente participe por um longo período de tempo (Kessler *et al.*, 2006; Hechtman *et al.*, 2016). A terapia neurofeedback configura-se como um procedimento não invasivo e que não faz uso de medicações, fundamentado nas ICCs, tendo a mesma apresentado respostas exitosas.

No tratamento via neurofeedback a atividade cerebral do paciente é medida por meio do EEG, sendo essa processada e calculada ao vivo. Após análises nos dados do EEG, o sistema emite um novo sinal ao paciente como resposta ao seu comportamento inicial. Dessa forma o feedback faz com que o paciente tenha o autocontrole das suas funções cerebrais nas partes que envolvem o cognitivo e o comportamento (Geppert, Huster & Herrmann, 2017). Para Guan *et al.*, (2020), as ICCs têm auxiliado no tratamento do TDAH, melhorando a cognição cerebral no domínio da atenção.

Com base no que foi exposto, o presente artigo tem como objetivo identificar os principais benefícios, tecnologias, *softwares*, técnicas e desafios proporcionados pelo uso das ICCs no tratamento de crianças com TDAH. Quanto a estrutura, o restante do artigo está organizado em quatro seções que abrangem respectivamente: a metodologia pormenorizada da revisão sistemática, os resultados relevantes obtidos ao longo do estudo, a discussão das principais contribuições da revisão sistemática

baseando-se nas questões de pesquisa e as considerações finais.

2. Metodologia

O artigo trata-se de uma pesquisa bibliográfica na qual o método escolhido para análise do estado da arte foi a Revisão Sistemática de Literatura proposta por Kitchenham (2004). Para Marçal, Kubrusly e Silva (2017) a técnica adotada em Kitchenham (2004) permite agrupar e avaliar as evidências empíricas de um determinado campo de estudo a partir da análise das pesquisas relevantes disponíveis no assunto de interesse, obtendo-se assim conclusões sobre as questões de pesquisa definidas.

A revisão foi sequenciada nas seguintes etapas de acordo com Kitchenham (2004):

- (i) Planejamento - que compreendeu a definição das informações do protocolo de revisão, tais como: questões de pesquisa, *string* de busca e bases de artigos utilizadas na pesquisa;
- (ii) Condução – que consistiu na aplicação da *string* de busca nas diferentes bases de pesquisa, seguido da filtragem dos artigos com base nos critérios de inclusão e posterior extração e sintetização dos dados dos artigos selecionados;
- (iii) Relato - representado pela comunicação dos resultados da revisão, por meio da publicação em artigo científico, relatórios técnicos ou em sessão de trabalhos acadêmicos de dissertação de mestrado ou de tese de doutorado. Para relatar como as ICCs estão sendo empregadas no tratamento de crianças com TDAH, utilizou-se questões de pesquisas abrangentes que envolviam aspectos metodológicos e aspectos técnicos de maior relevância. Nesse sentido, buscou-se elaborar uma pesquisa bibliográfica que possibilitasse uma visão ampliada sobre a aplicabilidade das ICCs nas intervenções em crianças com TDAH. As questões de pesquisa e suas motivações estão presentes no Quadro 1.

Quadro 1. Questões de pesquisa.

Nº	Questão de Pesquisa	Motivação
QP1-	Quais os benefícios e ganhos em se utilizar interfaces cérebro-computador no tratamento de crianças com TDAH?	Verificar se o uso de interfaces cérebro-computador colabora com o tratamento de crianças com TDAH.
QP2-	Quais os hardwares que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?	Identificar quais os equipamentos que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH por meio de interfaces cérebro-computador.
QP3-	Quais os softwares que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?	Detectar quais os programas utilizados no auxílio do tratamento de crianças com TDAH por meio de interfaces cérebro-computador.
QP4-	Quais os procedimentos que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?	Descrever os procedimentos que estão sendo utilizados no tratamento de crianças com TDAH por meio de interfaces cérebro-computador.
QP5-	Quais os desafios, limitações e problemas para se utilizar interfaces cérebro-computador no tratamento de crianças com TDAH?	Relatar as principais dificuldades para se utilizar interfaces cérebro-computador no tratamento de crianças com TDAH.

Fonte: Autores.

Definiu-se a *string* de busca de modo que a mesma fornecesse uma ampla cobertura com tamanho razoável, conforme Marçal, Kubrusly e Silva (2017). Para a busca da bibliografia foram utilizadas as seguintes bibliotecas digitais de artigos de fontes relevantes nas áreas de engenharia de *software* e saúde: *IEEE-Xplore*, PubMed, *Science Direct*, SciELO e Periódicos Capes. Os termos contemplados na *string* de busca basearam-se nas questões de pesquisa, sendo os mesmos agrupados nos escopos: saúde mental e tecnologia. O booleano AND foi usado para juntar os termos. A *string* de busca *ADHD AND Brain Computer Interface* foram utilizadas nas bibliotecas *IEEE-Xplore*, PubMed e *Science Direct*, enquanto TDAH AND Interface Cérebro Computador na SciELO e Periódicos Capes. A *string* de busca está presente no Quadro 2.

Quadro 2. *String* de busca.

Escopo	String	String
Saúde Mental	(<i>ADHD</i>) AND	(TDAH) AND
Tecnologia	(<i>brain computer interface</i>)	(Interface Cérebro Computador)

Fonte: Autores.

Após a busca inicial, foi realizada uma verificação nos artigos selecionados observando se os mesmos se adequavam às questões de pesquisa. Para a verificação foram estabelecidos os critérios que os artigos deveriam atender, sendo incluídos aqueles que apresentassem: a descrição do estudo de caso, que obrigatoriamente deveria envolver tratamento em crianças com TDAH; e, o procedimento que está sendo utilizado na ICC. Além dos critérios de inclusão, nas bibliotecas pesquisadas foram utilizados os filtros: ano de publicação, sendo considerados os artigos publicados entre 2015 e 2020; e, idioma, considerando-se somente os artigos publicados em inglês e português.

3. Resultados

A Figura 1 apresenta o resultado da quantidade de estudos encontrados ao longo das fases de seleção do material bibliográfico. O levantamento inicial resultou em 73 artigos, porém após aplicação das fases de filtragem somente 7 foram considerados aptos para o presente estudo. Na primeira fase da pesquisa foi utilizada a *string* de busca nas bibliotecas digitais selecionadas o que resultou em um total de 73 artigos. Posteriormente, na fase 2, foram aplicados os critérios de filtragem de acordo com cada biblioteca obtendo-se assim 51 artigos. Na fase 3 foram aplicados os critérios de inclusão nos títulos e resumos dos 51 artigos selecionados na fase anterior, reduzindo o total para 41 artigos. Por fim, na fase 4 foi realizada a leitura dos artigos na íntegra aplicando os critérios de inclusão em todo o artigo, resultando em 7 estudos finais. As seções posteriores descrevem os resultados das análises dos 7 artigos considerando as questões de pesquisa.

Figura 1. Quantidade de artigos obtidos nas fases de revisão sistemática.



Fonte: Autores.

3.1 QP1. Quais os benefícios e ganhos em se utilizar interfaces cérebro-computador no tratamento de crianças com TDAH?

Analisando os artigos finais, observou-se que os benefícios e ganhos relacionados ao uso das ICCs no tratamento em crianças com TDAH foram:

- Reorganiza a rede funcional do cérebro das configurações mais regulares para as mais aleatórias;
- Melhora no foco e na concentração mental, das crianças em realizar as atividades diárias;
- Resultado positivo bastante exitoso na atenção, as crianças mostraram melhorias as quais foram relatadas pelos pais e a equipe médica;
- Ganho nas habilidades sociais e o controle comportamental obtiveram melhoras, resultando em uma melhor integração;
- Redução dos sintomas de internalização, que secundariamente tem melhoras no TDAH;
- Melhora na conectividade funcional que diminuiu dentro da rede de atenção ventral e entre as redes de tarefa positiva e as regiões subcorticais.

3.2 QP2. Quais os *hardwares* que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?

Quanto aos *hardwares*, analisando os artigos finais, observou-se que para auxiliar no tratamento das crianças com TDAH por meio das ICCs foram utilizados: *head-band* com sensores secos (Lim *et al.*, 2019; Qian *et al.*, 2018; Blandón, Muñoz, Lopez & Gallo, 2016); aparelho de ressonância magnética (fMRI) (Qian *et al.*, 2018; Guan *et al.*, 2020); *Headset Mindwave Mobile* (Faseeha, Naseem, Saleem, Jahan & Jamil, 2018; Park, Kihl, Park, Kim & Chang, 2016); placa Arduino

Leonardo ATmega32u4 (Faseeha *et al.*, 2018); controlador Kinect da *Microsoft* (Park *et al.*, 2016); robô Sanbot Elf Humanoide (Arpaia, Duraccio, Moccaldi & Rossi, 2020); óculos de estimulação Moverio BT-200 AR (Arpaia *et al.*, 2020); computador com placa única Raspberry Pi 3 e conversor analógico-digital Olimex EEG-SMT (Arpaia *et al.*, 2020).

3.3 QP3. Quais os *softwares* que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?

Em relação aos *softwares* auxiliares no tratamento de crianças com TDAH por meio das ICCs os estudos analisados utilizaram: jogo *Cogoland*, que consiste no controle de um personagem para a realização das atividades propostas, cuja velocidade de realização depende da atenção do jogador (Lim *et al.*, 2019; Qian *et al.*, 2018); jogo digital para o treinamento comportamental por narrativas, no qual cada participante é integrante da história e determina o final da mesma, o funcionamento do jogo requer atenção do participante (Park *et al.*, 2016); diagnóstico computadorizado para crianças versão IV (Lim *et al.*, 2019); cronograma de *Gantt* (Lim *et al.*, 2019); *software* de análises estatísticas (SAS) versões 9.3 e 9.4 (Lim *et al.*, 2019); método de Welch e regressão multilinear *stepwise* (Blandón *et al.*, 2016) biblioteca de *software* FMRIB para pipeline (Qian *et al.*, 2018); *software* de análise funcional das neuroimagens (Qian *et al.*, 2018); *Matlab* (Qian *et al.*, 2018; Blandón *et al.*, 2016); ferramenta *Unity 3D* (Faseeha *et al.*, 2018); jogo *Mind Race*, que configura-se como um jogo de corridas com carros, onde a velocidade do carro aumenta com os níveis de atenção do jogador (Faseeha *et al.*, 2018); *Harvest Challenge 3D* que é um jogo dividido em fases no qual para completar cada fase o jogador precisa cumprir os desafios propostos (Blandón *et al.*, 2016); *software HCI-SPT* (Blandón *et al.*, 2016); *NeuroRead* versão 1.1 (Blandón *et al.*, 2016); sistema operacional Android (Arpaia *et al.*, 2020); *software* aplicativo em linguagem C (Arpaia *et al.*, 2020); *software* de código aberto *OpenViBE* (Blandón *et al.*, 2016); filtro *butterworth* (Blandón *et al.*, 2016); *Elasticsearch* e *Middleware* (Park *et al.*, 2016).

3.4 QP4. Quais os procedimentos que estão sendo utilizados para auxiliar no tratamento de crianças com TDAH através de interfaces cérebro-computador?

Somente três pesquisas analisadas citam os procedimentos adotados quanto ao uso das ICCs no tratamento de crianças com TDAH. O jogo digital proposto por Blandón *et al.* (2016) foi desenvolvido seguindo os princípios de criação de *serious games*. Os pesquisadores utilizaram um sistema *mindwave* para detectar a atenção dos usuários. Além disso, utilizaram também o *software NeuroRead* para leitura dos sinais neurofisiológicos e um ambiente *Matlab* para processamento dos sinais. Os autores convidaram 9 crianças de uma instituição de tratamento para TDAH para avaliação do jogo e a ICC. Qian *et al.* (2018) e Lim *et al.* (2019) utilizaram o jogo *Cogoland* em seus testes de atenção. Associado ao jogo, as pesquisas relatam o uso do *hardware head-band* para transmissão dos dados neurofisiológicos, bem como, de um aparelho de ressonância magnética para análise das imagens e de questionários para avaliação dos resultados. Para avaliação do sistema proposto Lim *et al.* (2019) recrutaram 172 crianças diagnosticadas com TDAH, atendidas em uma clínica de psiquiatria ambulatorial. E Qian *et al.* (2018) recrutaram 66 crianças também com TDAH atendidas em uma clínica de orientação infantil.

3.5 QP5. Quais os desafios, limitações e problemas para se utilizar interfaces cérebro-computador no tratamento de crianças com TDAH?

Os estudos inspecionados apresentaram diferenças quanto a quantidade de semanas utilizadas no tratamento, intervalo de tempo entre as sessões, tempo de duração das sessões e quantidade de crianças com TDAH avaliadas. Observou-se também que algumas crianças avaliadas apresentaram dor de cabeça, tontura, dificuldade em prestar atenção e inquietação motora, que

podem ter relação com o desconforto do fone de ouvido, o tempo exigido para manter a atenção e manter o olhar para o monitor do computador (Lim *et al.*, 2019). Além disso, alguns sensores utilizados para medir a atividade cerebral apresentam alta sensibilidade aos ruídos, resultando no menor nível de detecção (Faseeha *et al.*, 2018). Os *hardwares* não trabalham a parte cognitiva, quanto aos *softwares* os jogos tem como objetivo de melhorar o nível de atenção dos participantes. Não há relatos sobre problemas para encontrar os sujeitos da amostra.

4. Discussão

Em relação a QP1, os estudos relatam que os benefícios e ganhos observados com o uso das ICCs no tratamento de crianças com TDAH impactam positivamente no comportamento do paciente no âmbito familiar e escolar (Blandón *et al.*, 2016; Qian *et al.*, 2018; Arpaia *et al.*, 2020) possibilitando assim uma melhor socialização desse indivíduo. Para Faseeha *et al.* (2018) o uso de jogos atraentes associados às ICCs possibilita melhorar a atenção de indivíduos que se distraem com maior facilidade. Além disso, os jogos possibilitam também trabalhar as aptidões no campo social, bem como, o controle de suas atitudes (Park *et al.*, 2016). Guan *et al.* (2020) observaram que a melhora na atenção obtida em sua pesquisa poderá ser sustentada por um período de até 8 semanas. A redução dos sintomas de internalização com o uso das ICCs pode estar diretamente relacionada a diminuição dos sintomas de TDAH e como consequência da menor internalização tem-se a redução dos prejuízos, das experiências negativas e dos transtornos de ansiedade e humor negativo (Lim *et al.*, 2019). Ainda no contexto dos benefícios e ganhos Guan *et al.* (2020) observaram que a reorganização da rede funcional do cérebro das configurações mais regulares para as mais aleatórias possibilitou a renormalização do processamento da rede de saliência.

Quanto a QP2, observou-se que diferentes *hardwares* foram utilizados no tratamento de crianças com TDAH por meio das ICCs. Qian *et al.* (2018) e Lim *et al.* (2019) utilizaramo *head-band* com sensores secos para transmitir a leitura do EEG para o computador, sendo essa transmissão realizada por *bluetooth*. Essa ferramenta é de grande praticidade, pois não necessita de gel condutor e permite a verificação da atividade cerebral no momento em que o paciente desempenha uma determinada função. Nos referidos estudos, o *head-band* foi utilizado em associação com jogos cognitivos e o efeito dessa tecnologia foi verificado por meio de imagens geradas com auxílio de um aparelho de ressonância magnética (fMRI). As imagens detectaram melhoria na conectividade funcional dos pacientes avaliados. Guan *et al.* (2020) também utilizaram imagens geradas pela ressonância magnética (fMRI) para avaliar as mudanças organizacionais da rede cerebral e verificaram que houve melhorias após a utilização das técnicas de treinamento de atenção nos pacientes. Verificou-se que dois estudos utilizaram o *hardware Headset Mindwave Mobile* da *Neurosky* para obtenção dos dados de EEG enquanto o paciente participava de um jogo digital (Park *et al.*, 2016; Faseeha *et al.*, 2018). Em Faseeha *et al.* (2018) o *hardware* em questão estava associado a uma placa Arduino Leonardo ATmega32u4 sendo a transmissão dos dados realizada via *bluetooth*. Já em Park *et al.* (2016) o *hardware* foi utilizado em associação com um controlador *Kinect* da *Microsoft* como uma interface de detecção de movimento sem contato com a criança. O *Headset Mindwave Mobile* tem como vantagens a fácil utilização (Faseeha *et al.*, 2018) e a melhor capacidade de digitalização da atividade cerebral (Park *et al.*, 2016). Blandón *et al.* (2016) também utilizaram um *Headset Mindwave Mobile* (sem especificação da marca) com sensores e eletrodos secos para obtenção dos dados de EEG, segundo os autores esses *hardwares* possibilitaram a obtenção de sinais fisiológicos gerando informações médicas valiosas para a melhor compreensão dos fenômenos do TDAH. Os *hardwares* utilizados em Arpaia *et al.* (2020) - robô Sanbot Elf humanoide, óculos de estimulação Moverio BT-200 AR, computador com placa única *Raspberry Pi 3* e conversor analógico-digital *Olimex EEG-SMT* – possibilitaram altos níveis de envolvimento com os pacientes, impactando positivamente na eficácia do tratamento. O robô Sanbot Elf foi utilizado para desempenhar funções estabelecidas pelo paciente e os demais *hardwares* foram utilizados como suporte para o desenvolvimento das atividades. Todo o conjunto garantiu um *feedback* aos usuários em termos de movimento e fala.

Em resposta a QP3, verificou-se o uso de vários *softwares* no tratamento das crianças com TDAH por meio das ICCs. Alguns *softwares* foram utilizados diretamente no tratamento e outros desempenharam funções de suporte. No geral, aqueles utilizados diretamente no tratamento dos pacientes com TDAH configuraram-se como jogos digitais interativos apresentando como principal objetivo o treinamento da atenção desses pacientes. Qian *et al.* (2018) e Lim *et al.* (2019) utilizaram o jogo *Cogoland* para treinar a atenção dos pacientes. No jogo, cada participante controla um avatar para a realização de determinadas tarefas, onde a velocidade do avatar depende do nível de atenção do jogador e quanto melhor a atenção mais rápida a atividade é realizada (Qian *et al.*, 2018; Lim *et al.*, 2019). Além do jogo digital, os referidos estudos utilizaram também *softwares* de suporte tais como: pipeline padrão da biblioteca de *software* FMRIB e o *software* de análise funcional das neuroimagens para o processamento das imagens geradas pela ressonância magnética e o *Matlab* para processamento de dados e construção de gráficos usados por Qian *et al.* (2018), bem como, o diagnóstico computadorizado para crianças usado para o diagnóstico inicial dos aspectos de atenção das crianças que participariam do tratamento, o cronograma de Gantt utilizado para elaborar o fluxograma de atividades do estudo e o *software* de análises estatísticas (SAS) versões 9.3 e 9.4 adotados por Lim *et al.* (2019). Ambos estudos relataram melhorias nos níveis de atenção após o uso do jogo digital *Cogoland*. Faseeha *et al.* (2018) fizeram uso do jogo digital *Mind Race* para treinar a concentração de seus pacientes. Trata-se de um jogo de corrida de carros em terceira dimensão no qual o usuário necessita de concentração para jogar. Quanto maiores os níveis de atenção mais rápido o carro se movimenta. Por exercitar o cérebro para realização da atividade, o *Mind Race*, corroborou para melhoria do foco mental, o jogo foi desenvolvido por meio da plataforma *Unity 3D*, conforme Faseeha *et al.* (2018). O jogo digital *Harvest Challenge* foi utilizado por Blandón *et al.* (2016) e consiste em uma fazenda ecológica com atividades de aventura dividido em três fases, em cada fase o jogador deve realizar as tarefas necessárias para o prosseguimento do jogo. Adicional ao *Harvest Challenge* os autores usaram também os *softwares* *HCI-SPT*, *NeuroRead* versão 1.1, filtro *butterworth* e o código aberto *OpenViBE* para processamento dos sinais fisiológicos e biomecânicos, processamento e visualização dos sinais de EEG, processamento dos dados brutos e registro dos sinais de EEG, respectivamente. Para Blandón *et al.* (2016) o jogo adotado no tratamento contribuiu para o aumento dos níveis de atenção nos pacientes avaliados. Park *et al.* (2016) também desenvolveram um jogo digital para o treinamento comportamental por narrativas onde o jogador faz parte de uma história influenciando diretamente no desfecho da mesma, o jogo requer a atenção do participante para o desenvolvimento da história. Como *softwares* auxiliares os autores utilizaram o *Middleware* e *Elasticsearch* para gerenciamento dos vídeos e busca e armazenamento de dados em tempo real, respectivamente. Ainda de acordo com os autores, o jogo estabelecido ajuda as crianças a desenvolverem suas habilidades sociais enquanto aprendem a controlar o seu comportamento. Em Arpaia *et al.* (2020) o sistema operacional Android foi utilizado como suporte para o funcionamento do óculos Moverio BT-200 AR e do robô Sanbot Elf e o *software* aplicativo em linguagem C foi utilizado para o funcionamento da placa *RaspberryPi 3*. A Figura 2 representa o uso de ICC no tratamento de uma criança diagnosticada com TDAH.

Figura 2. Uso de ICC em criança com TDAH.



Fonte: Blandón *et al.* (2016).

Em relação a QP4, verificou-se que apenas três estudos relatam os procedimentos utilizados na investigação do uso das ICCs no tratamento de crianças com TDAH. Blandón *et al.* (2016) desenvolveram um jogo digital para treinamento da atenção aplicando os princípios de criação de *serious games*, devido à especificidade o *design* de *serious games* difere do *design* de jogos de entretenimento, porém, a pesquisa não apresenta o procedimento de criação do jogo. Observa-se ainda em Blandón *et al.* (2016) que para aquisição dos dados neurofisiológicos os pesquisadores utilizaram um *hardware mindwave*, associado a esse *hardware* utilizou-se o *software NeuroRead* para leitura dos sinais neurofisiológicos sendo esses sinais processados em ambiente *Matlab*. Quanto a avaliação da qualidade do jogo proposto, Blandón *et al.* (2016) relatam que os avaliadores foram crianças diagnosticadas com TDAH, com idades entre 5 a 12 anos e que faziam o tratamento em uma instituição local. O protocolo de avaliação consistiu em uma sessão de 30 minutos dividida em duas fases. Na primeira fase (5 minutos) as crianças passavam por um relaxamento utilizando para isso fones de ouvido e música relaxante, durante essa fase as crianças deveriam permanecer de olhos fechados. Na segunda fase (25 minutos) as crianças eram orientadas a jogar, devendo realizar as atividades em cada fase do jogo. Qian *et al.* (2018) e Lim *et al.* (2019) em seus sistemas propostos utilizaram o jogo *Cogoland*, porém não citam os procedimentos envolvidos na construção desse jogo. Em ambas pesquisas o *hardware head-band* foi utilizado para aquisição e transmissão dos dados neurofisiológicos e a eficácia da interface foi analisada por meio de imagens produzidas via ressonância magnética. Em Lim *et al.* (2019) as crianças recrutadas tinham idade variando entre 6 a 12 anos. Antes de participarem do jogo todas as crianças desse estudo foram submetidas a uma calibração individual por meio de uma tarefa Stroop, elaborando assim um padrão individualizado de EEG representando o estado mais atento do participante. A avaliação da qualidade ocorreu por um período de 20 semanas, com 3 sessões de treinamento por semana. Além das crianças diagnosticadas com TDAH a pesquisa utilizou também um grupo controle. Para analisar os resultados e verificar a eficácia do sistema foram utilizados uma escala de classificação de TDAH, uma lista de verificação de comportamento infantil e uma escala de classificação de eventos adversos em pediatria. Em Qian *et al.* (2018) os recrutados apresentaram média de idade de 9 anos e faziam tratamento no Instituto de Saúde Mental de Singapura. Os diagnósticos das crianças desse estudo foram realizados por uma equipe de psiquiatras infantis. Para determinação da amostra foi realizado teste de inteligência (Kaufman Brief Intelligence Test), sendo excluídas as crianças cujo resultado foi inferior a 70. Para avaliação da qualidade da ICC e do jogo proposto a amostra foi dividida em dois grupos no qual o primeiro grupo passou pelas intervenções e o segundo não, sendo esse utilizado como controle. Todos os participantes realizaram exames de ressonância magnética e passaram por avaliações clínicas antes de participarem do estudo. A interface e o jogo foram

avaliados ao longo de 8 semanas, com 3 sessões de treinamento por semana durando 30 minutos cada. Para avaliação dos resultados foram utilizados questionários neuropsicológicos.

Quanto a QP5 é possível considerar que o uso das ICCs no tratamento de pacientes com TDAH possui desafios a serem vencidos, uma vez que, os artigos inspecionados apresentam divergências em vários aspectos metodológicos, demonstrando que ainda não existe um padrão de utilização dessa ferramenta para esse tipo de tratamento. Essas divergências podem se configurar como limitações ao uso das ICCs no tratamento de TDAH, pois dificultam a realização de uma análise comparativa entre os estudos para verificar se as respostas encontradas estão condizentes. Os efeitos adversos relatados por alguns participantes e descritos em Lim *et al.* (2019) também configuram-se como desafios a serem vencidos, os mesmos podem estar associados a metodologia aplicada. A necessidade de um ambiente silencioso para utilização dos sensores de EEG relatado em Faseeha *et al.* (2018) também pode ser compreendido como uma limitação da tecnologia aplicada. O fato de a maior parte dos estudos não citar a técnica utilizada para avaliação dos aspectos de atenção e cognitivos pode ser considerado um dos maiores problemas encontrados, uma vez que, dificulta a replicação do estudo.

5. Conclusão

Com base no que foi exposto, pode-se afirmar que, no geral, a utilização das ICCs corrobora com o tratamento de crianças com TDAH apresentando resultados positivos. A utilização dessa tecnologia possibilitou melhorias nos aspectos de atenção e controle comportamental do indivíduo, refletindo beneficemente na sua relação familiar e social. Pode-se considerar que mais pesquisas nesse contexto são necessárias para que se possa mitigar os desafios, limitações e problemas encontrados. Nesse sentido, sugere-se que os estudos futuros investiguem principalmente os aspectos metodológicos de uso das ICCs no tratamento de pacientes com TDAH para que seja possível a determinação de uma metodologia de referência para a utilização dessa ferramenta.

Referências

- American Psychiatric Association. Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais, DSM-5. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. <http://www.niip.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Manual-Diagnostico-e-Estatistico-de-Transtornos-Mentais-DSM-5-1-pdf.pdf>.
- Abrahão, N. S. & Fantacini, R. A. F. (2017). Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH): desafios e possibilidade frente a sala de aula. *Research, Society and Development*, 6(3), 222-236. DOI: <https://doi.org/10.17648/rsd-v6i3.159>.
- Arpaia, P., Duraccio, L., Moccaldi, N. & Rossi, S. (2020). Wearable brain-computer interface instrumentation for robot-based rehabilitation by augmented reality. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(9), 6362-6371. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIM.2020.2970846>.
- Blandón, D. Z., Muñoz, J. E., Lopez, D. S. & Gallo, O. H. (2016). Influence of a BCI neurofeedback videogame in children with ADHD. Quantifying the brain activity through a EEG signal processing dedicado toolbox. *Colombian Computing Conference (CCC)*, Popayan, Colômbia, 11. DOI: 10.1109 / ColombianCC.2016.7750788.
- Boland, H., Disalvo, M., Fried, R., Woodworth, K. Y., Wilens, T., Faraone, S. V. & Biederman, J. (2020). A literature review and meta-analysis on the effects of ADHD medications on functional outcomes. *Journal of Psychiatric Research*, 123, 21-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.01.006>.
- Cortese, S. & Coghill, D. (2018). Twenty years of research on attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): looking back, looking forward. *Evid Based Mental Health*, 21(4), 173-176. DOI: <https://doi.org/10.1136/ebmental-2018-300050>.
- Dickstein, S. G., Bannon, K., Castellanos, F. X. & Milham, M. P. (2006). The neural correlates of attention deficit hyperactivity disorder: an ALE meta-analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(10), 1051-1062. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2006.01671.x>.
- Faseeha, U., Naseem, M., Saleem, J., Jahan, A. & Jamil, N. (2018). Virtual gaming. *International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS)*, Karachi, Paquistão, 12. DOI: 10.1109/MACS.2018.8628437.
- Guan, C., Lim, C. G., Fung, D., Zhou, H. J., Krishnan, R. & Lee, T. S. (2020). BCI facilitates the improvement of cognitive functions in children and elderly. *International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)*, Gangwon, Coreia (Sul), 8. DOI: 10.1109 / BCI48061.2020.9061625.
- Geppert, S. E., Huster, R. J. & Herrmann, C. S. (2017). EEG-neurofeedback as a tool to modulate cognition and behavior: a review tutorial. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(51), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum>.
- Hechtman, L., Swanson, J. M., Sibley, M. H., Stehli, A., Owens, E. B., Mitchell, J. T., Arnold, L. E., Molina, B. S. G., Hinshaw, S. P., Jensen, P. S., Abikoff, H. B., Algorta, G. P., Howard, A. L., Hoza, B., Etcovitch, J., Houssais, S., Lakes, K. D. & Nichols, J. Q. (2016). Functional adult outcomes 16 years after

- childhood diagnosis of attention-deficit/hyperactivity disorder: mta results. *Journal of the american academy of child and adolescent psychiatry*, 55(11), 945-952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.07.774>.
- Jiang, Y., Abiri, R. & Zhao, X. (2017). Tuning up the old brain with new tricks: attention training via neurofeedback. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9(52), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00052>.
- Kessler, R. C., Adler, L., Barkley, R., Biederman, J., Conners, C. K., Demler, O., Faraone, S. V., Greenhill, L. L., Howes, M. J., Secnik, K., Spencer, T., Ustun, T. B., Walters, E. E. & Aslavsky, A. M. (2006). The prevalence and correlates of adult ADHD in the United States: results from the national comorbidity survey replication. *The American Journal of Psychiatry*, 163(4), 716-723. DOI: <https://doi.org/10.1176/ajp.2006.163.4.716>.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>.
- Lim, C. G., Poh, X. W. W., Fung, S. S. D., Guan, C., Bautista, D., Cheung, Y. B., Zhang, H., Yeo, S. N., Krishnan, R. & Lee, T. S. (2019). A randomized controlled trial of a brain-computer interface based attention training program for ADHD. *Plos One*, 14(15), e0216225. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216225>.
- Marçal, E., Kubrusly, M. & Silva, C. L. O. (2017). Avaliando aplicações móveis para o ensino em saúde: uma revisão sistemática. *Revista Tecnologia Educacional*, 217, 9-17. https://www.researchgate.net/publication/332118391_avaliando_aplicacoes_moveis_para_o_ensino_em_saude_uma_revisao_sistemica.
- Munakata, Y., Michaelson, L., Barker, J. & Chevalier, N. (2013). As funções executivas na infância. In: MORTON, J. B. (Org.). Enciclopédia sobre o desenvolvimento na primeira infância. Ontário: CEECD. <https://www.encyclopedia-crianca.com/sites/default/files/dossiers-complets/pt-pt/funcoes-executivas.pdf>.
- Park, K., Kihl, T., Park, S., Kim, M. & Chang, E. J. (2016). Narratives and sensor driven cognitive behavior training game platform. *International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA)*, Towson, MD, EUA, 14. DOI: 10.1109 / SERA.2016.7516137.
- Qian, X., Loo, B. R. Y., Castellanos, F. X., Liu, S., Koh, H. L., Poh, X. W. W., Krishnan, R., Fung, D., Chee, M. W. L., Guan, C., Lee, T. S., Lim, C. G. & Zhou, J. (2018). Brain-computer-interface-based intervention re-normalizes brain functional network topology in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Translational Psychiatry*, 8(149), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41398-018-0213-8>.
- Rief, S. F. (Ed.). (2005). How to reach and teach children with ADD / ADHD: practical techniques, strategies and interventions. 2ª. ed. San Francisco: Josseybass.
- Silva, A. B. B. (Ed.). (2014). Mentas inquietas: TDAH: Desatenção, hiperatividade e impulsividade. 4ª. ed. São Paulo: Globo.
- Snyder, S. M. & Hall, J. R. (2006). A meta-analysis of quantitative eeg power associated with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 23(5), 441-456. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.wnp.0000221363.12503.78>.