

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE (ICBS)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Andreia Solange Bos

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA INTERFACE CÉREBRO- COMPUTADOR EM
RECURSOS EDUCACIONAIS: O RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES**

Porto Alegre
2022

Andreia Solange Bos

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA INTERFACE CÉREBRO- COMPUTADOR EM
RECURSOS EDUCACIONAIS: O RECONHECIMENTO DE EMOÇÕES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências:ICBS da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutora em Educação em Ciências.
Orientadora: Prof. Dr^a. Cíntia Inês Boll

Porto Alegre
2022

CIP - Catalogação na Publicação

Bos, Andreia Solange
APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA INTERFACE CÉREBRO-
COMPUTADOR EM RECURSOS EDUCACIONAIS: O RECONHECIMENTO
DE EMOÇÕES / Andreia Solange Bos. -- 2022.
131 f.
Orientadora: Cíntia Inês Boll.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde,
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. ensino de ciências. 2. eletroencefalograma. 3.
emoções. 4. Sensor EEG Emotiv. 5. tecnologia e
educação. I. Boll, Cíntia Inês, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, sou extremamente grata à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) por me proporcionarem essa formação.

Aos colegas e aos professores por seus conselhos inestimáveis, apoio contínuo e paciência durante meu estudo de doutorado.

Gostaria de agradecer à minha orientadora Prof^a Dr^a Cíntia Inês Boll por toda a ajuda no final do estudo e conselhos com este doutorado. Seu imenso conhecimento e abundante experiência me encorajaram em todo o tempo de minha pesquisa acadêmica e vida diária.

Gostaria de agradecer a todos os membros da Banca por estarem disponíveis para a avaliação deste trabalho.

Aos amigos e pessoas da família e de convivência diária que fizeram do meu estudo e da minha vida um momento maravilhoso.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos que colaboraram para que esse estudo fosse possível.

Gratidão!

RESUMO

Esta tese teve por objetivo investigar os fenômenos das emoções desencadeadas, observando as frequências das regiões em que ocorrem diferentes impulsos cerebrais dos estudantes ao utilizarem diferentes recursos educacionais de ciências, por meio da mensuração cerebral com eletroencefalogramas (EEG). Os recursos educacionais escolhidos foram: vídeos, realidade virtual e a assistente virtual ALEXA. A escolha por estes recursos diz respeito, especialmente, aos impactos na aprendizagem, à usabilidade e à inovação para o ensino de ciências. O fenômeno dos estados emocionais dos estudantes durante a realização de atividades com os recursos citados foi registrada com o uso de sensores EEG portáteis, que são equipamentos que medem ondas cerebrais de forma não invasiva. Foram definidas similaridades nas classificações para os padrões de frequência cerebral encontrados, normalizando as diferenças que precisam ser sensíveis as regiões das frequências cerebrais. Métodos de diferentes emoções e evidências foram usados para fornecer características similares, além de técnicas de EEG, observando o mapeamento da ativação em que ocorre. Os resultados apontaram que os estudos com sensores vestíveis podem detectar sinais diferenciáveis para vários estados mentais dos estudantes. Isso ficou evidente durante as análises que trouxeram as faixas medidas em Hert e a predominância das ondas apresentadas foram as ondas alpha e beta em sua maior concentração. Este resultado traz a importância da capacidade da leitura da atividade cerebral e sua portabilidade em ambiente de sala de aula. Essa pesquisa mostra que a leitura de ondas cerebrais EEG pode ser uma ferramenta relevante para o ensino de ciências utilizadas como Interface Cérebro-Computador. Nos estudos foram observadas as emoções dos estudantes sob o aspecto dos recursos educacionais conduzido por meio de um software de leitura de atividade cerebral e o uso de sensores EEG. O estudo encontrou diferenças significativas no estado emocional em diferentes recursos educacionais, sendo os valores de emoções mensurados nas diferentes situações; o que mais predominou foi em que ocorreu mais animação visual. Com isso, esperamos contribuir com o conhecimento sobre as relações entre os recursos educacionais emergentes em ciências e os fenômenos das emoções desencadeadas no estudante durante seu uso e realização.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Eletroencefalograma; Emoções; Tecnologia; Vídeos Educacionais.

ABSTRACT

This objective aimed to investigate the triggered phenomena and emotions, observing the frequencies of the regions in which different characteristics of the students were used in different educational science resources, through brain measurement with electroencephaly (EEG). The chosen resources were: videos, virtual reality and ALEXA virtual assistant. The choice for these resources for Science Teaching, especially the impacts on learning, usability and innovation for Science Teaching. The phenomenon of students' attention while carrying out activities with the aforementioned resources was recorded using portable EEG devices, which are equipment that measure waves invasively. were found for the brain frequency patterns found, such as differences that need to be included as regions of similar frequencies, being normalized. Attention methods and combination tests were used for characteristics such as, in addition to offering techniques and similar stimuli. The results indicate that studies with wearable sensors can detect different signals for various mental states of students. This, during the period of observed waves, were presented as being the songs that were presented as being the predominant waves of Hertz. This result brings the importance of the ability to read brain activity and its portability in a classroom environment. This shows that reading EEG research waves can be a relevant tool for Science Teaching used as a Brain-Computer Interface. In the studies, emotions and the phenomenon of students were observed under the aspect of reading resources of brain sensors and the use of EEG. The study of significant differences in attention and emotions in different media, with the values of attention and emotions measured in the different differences, which predominated where more visual stimuli occurred. the emerging resources in Science and the phenomena of attention and emotions triggered in the student during their use and realization.

Keywords: Science Education; Electroencephalogram; Emotions; Technology; Educational Videos;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Neurosky Mindwave</i>	20
Figura 2 - Funcionamento do Mindwave	21
Figura 3 - Funcionamento do Emotiv e suas posições	25
Figura 4 - EMOTIV	26
Figura 5 - Faixa de cabeça giratória do EMOTIV	27
Figura 6 - Fluxo do funcionamento do EMOTIV	28
Figura 7 - Usuário na utilização do EMOTIV	28
Figura 8 - Modelos de dispositivos ALEXA	41
Figura 9 - Echo Dot	41
Figura 10 - Skills ALEXA da Amazon	42
Figura 11 - Fluxograma da Pesquisa	46
Figura 12 - Site do Projeto	49
Figura 13 - Sistema de armazenamento de dados	49
Figura 14 - Dashboard do sistema	50
Figura 15 - Registro dos participantes	51
Figura 16 - Cadastro das amostras e grupos de estudantes	51
Figura 17 - Amostra de dados EEG de VC	94
Figura 18 - Amostra do vídeo de animação	94
Figura 19 - Comparação de eficiência do estado de atenção VC	95
Figura 20 - Comparação de eficiência do estado de atenção VI	95
Figura 21 - Dispositivo EMOTIV	97
Figura 22 - Qualidade dos sinais dos eletrodos no couro cabeludo	98
Figura 23 - Skill da ALEXA	98
Figura 24 - Sistema de gestão de dados do Echo Dot	103
Figura 25 - Fluxograma dos processos para classificação das emoções	106
Figura 26 Medição e análise da frequência cerebral com os conhecimentos da ALEXA	107
Figura 27 - Medição e análise da frequência cerebral durante o Quiz	108
Figura 28 - Questões do Quiz e a interpretação das Emoções	110
Figura 29 - Capítulos e a interpretação das emoções	110
Figura 30 - Medição das frequências cerebrais durante audição dos Capítulos	111
Figura 31 - Medição das frequências cerebrais durante o Quiz	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sinopse geral das frequências do cérebro.	19
Quadro 2 - Descrição criada a partir das informações do Emotiv Pro+	24
Quadro 3 - Procedimentos dos Estudos	45
Quadro 4 - Descrição dos experimentos realizados	48
Quadro 5 - Perguntas da Skill biologia da hora-hematologia (ALEXA)	101
Quadro 6 - Perguntas e Respostas do participante com a Skill	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Biosensor EEG <i>Neurosky</i>	22
Tabela 2 - Classificação das medidas A	93
Tabela 3 - Classificação das medidas B	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALEXA- Assistente Virtual com o uso de IA da Amazon

API – "Application Programming Interface" -Interface de Programação de Aplicativos

EEG – Eletroencefalografia

EMG- Sinal biomédico Eletromiografia

EMOTIV – Dispositivo para captura de atividade cerebral

ECHO DOT – Dispositivo de IA da Amazon

ECG – Sinal biomédico Eletrocardiograma

HTML – HyperText Markup Language

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul

IA – Inteligência Artificial

NEUROSKY – Dispositivo para captura de atividade cerebral

PHP - Personal Home Page

RAW – Random Files

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral	17
1.2 Objetivos Específicos	17
1.3 Problema Central	18
2 APRESENTAÇÃO DA INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR	19
2.1 <i>NEUROSKY</i>	19
2.2 EMOTIV	23
2.3 Dispositivos portáteis para medir atividade cerebral.....	29
2.3.1 Educação em Ensino de Ciências	30
2.4 Estados Emocionais	34
2.4.1 O que são emoções?	34
2.4.2 Como as emoções podem ser detectadas?	34
3. RECURSOS EDUCACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	36
3.1 Vídeos Educacionais	37
3.2 Realidade Virtual.....	39
3.3 Inteligência Artificial da ALEXA	40
4. METODOLOGIA.....	44
4.1 Participantes da Pesquisa.....	44
4.2 Procedimentos	44
4.3 Projeto de Desenvolvimento do Sistema.....	48
5. ARTIGOS PUBLICADOS.....	53
5.1 Artigo A Revisão da Tecnologia Interface Cérebro Computador: Uma perspectiva Educacional	53
5.2 Artigo B Student Attention Investigation: The Use of Virtual Reality in Computer Education	63
5.3 Artigo C Classificação do estado de atenção do estudante: detectando a mensuração cerebral e as expressões faciais	81
6. RESULTADOS	93
6.1 Resultados Experimento 3	93
6.2 Resultados Experimento 4	96
6.2.1 Procedimento experimental	97
6.2.2 Medição e análise	106
6.2.3 Resultados quantitativos Capítulos vs. Quiz	108
6.2.4 Discussão	112

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

Há uma ampla gama de recursos educacionais para o ensino de ciências à disposição dos professores que podem ser escolhidos segundo alguns critérios, tais como: tempo de preparação e de execução, disponibilidade de recursos e de custos (laboratório, equipamentos, acesso à internet, entre outros), canal sensorial utilizado (auditivo, visual, tátil,...), nível e tipo de interatividade entre usuários e recursos (MAYER, 2009). Esses mesmos critérios podem ser utilizados por eles para a adaptação ou para criação de um recurso, como a produção de um vídeo ou o desenvolvimento de um ambiente virtual imersivo-metaverso¹, envolvendo a criação de novos conteúdos.

Tais critérios são importantes, porém não deveriam ser os únicos a serem considerados na escolha/adaptação/criação de um recurso educacional. Como expressam Ausubel et al. (1980), os recursos e atividades educativas precisam ser potencialmente significativos para os estudantes, a fim de que o processo de aprendizagem significativa² se concretize. Além disso, diferentes tipos de conteúdos e informações têm o potencial de apoiar este processo. Contudo, uma ampla gama de informações também pode trazer dificuldades na concentração e ativar emoções que podem não ser propícias para o processo de aprendizagem.

Outro aspecto a ser considerado é que a dificuldade de concentração é uma das principais causas de aprendizagem ineficiente e suas características incluem frequente desatenção e incapacidade de empregar o foco. Se um estudante estiver desatento durante uma atividade - a exibição de um vídeo, por exemplo -, ele levará mais tempo para envolver-se com as informações, bem como sua compreensão do conteúdo e a capacidade de fazer conexões e inferências lógicas serão prejudicadas (FENG et al., 2013). Isso pode levar a resultados de aprendizagem abaixo da média e abandono de tarefas, ao mesmo tempo afetando o grau de participação e comprometimento dos estudantes com atividades de aprendizagem (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013; SMALLWOOD; SCHOOLER, 2006).

Por outro lado, já existem estudos apontando que se os aprendizes estivessem mais atentos durante a execução das tarefas de aprendizagem, eles recordariam melhor o conteúdo da aprendizagem depois (DIXON; BORTOLUSSI, 2013; SMALLWOOD et al., 2008). Nessa

¹ O que é ambiente virtual imersivo: cenário tridimensional armazenado em computador com técnicas em 3D, no artigo dois, a técnica é melhor descrita.

² Aprendizagem significativa: quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios. Conceito central da Teoria de David Ausubel.

linha de pensamento, no ensino de ciências, é preciso proporcionar situações de aprendizagem que envolvam os estudantes, pois, como foi supracitado, o foco é determinante no processo educativo.

O sinal de eletroencefalograma (EEG) está próximo da emoção humana, o qual pode refletir diretamente a emoção que a pessoa esteja sentindo. O reconhecimento de emoções é um tópico de pesquisa importante, tanto no domínio acadêmico, como educação a distância e interação humano-computador. A emoção tem experiência interna e comportamento externo, acompanhada por complexos processos neurais e mudanças fisiológicas. O reconhecimento da emoção humana com base nos sinais de EEG tem atraído o interesse de muitos pesquisadores atualmente (LIU, 2021). Diferentes tipos emocionais se combinam para formar todas as emoções humanas. Ekman (1999) propôs seis conjuntos básicos de emoções: prazer, raiva, tristeza, medo, nojo e surpresa, que podem ser reconhecidos pelas tecnologias disponíveis, tais como o EEG e o sensor EMOTIV.

Nos últimos anos, a tecnologia tem desenvolvido dispositivos de aquisição de sinais EEG que têm sido usados para estudar o comportamento e as emoções de uma pessoa com base em sinais cerebrais (sinais EEG). A classificação das emoções pode ser utilizada com modelos de reconhecimento facial. O desempenho na validação da classificação do conjunto de dados extraídos sob as características únicas de EEG e a qualidade dos sinais observados é fator determinante na amostra dos resultados finais e no domínio da frequência. Os estados afetivos ou emocionais que uma pessoa desempenha têm um papel importante para a compreensão do comportamento humano (LIU et al, 2011). Desde estudos pioneiros sobre o assunto, as emoções foram estudadas a partir de sinais comportamentais, identificados como sinais emocionais (EKMAN, 1969). Esse tipo de estudo ainda é considerado desafiador, pois os estados emocionais não têm precisão. Portanto, pesquisas sobre reconhecimento e classificação das emoções precisam ser mais evidenciadas (ZHANG et al.,2020).

Com relação às emoções, alguns autores como Shahnaz (2016), Kroupi (2011) e Sohaib (2013) defendem que os pensamentos e comportamentos humanos são intimamente relacionados a elas. As emoções podem refletir pensamentos humanos reais, estados emocionais e estados psicológicos (SHAHNAZ et al, 2016; KROUPI et al, 2011; SOHAIB et al, 2013). Os algoritmos classificam as expressões faciais e ação para reconhecer as emoções. O sinal EEG é amplamente usado no reconhecimento de emoções, uma vez que os pesquisadores perceberam o domínio da frequência durante o uso do EEG e o desempenho na

classificação dos sinais. Um dos principais problemas é como reconhecer as emoções por meio da classificação com base nas emoções básicas, pois diferentes tipos emocionais se combinam para formar todas as emoções humanas (LIU, 2021). Diante disso, essa pesquisa traz o uso do sensor EMOTIV que nos auxiliou nessa busca.

Embora sejam aspectos diversos do comportamento humano, as emoções têm sido investigadas com o uso de dispositivos de EEG que capturam sinais cerebrais, uma tecnologia não invasiva popular, que grava sinais cerebrais por meio de eletrodos colocados no couro cabeludo. O sinal EEG original pode ter ruído e sinais redundantes. Contudo, tais investigações ainda estão muito recentes e poucos pesquisadores, principalmente os brasileiros, ainda não têm acesso a essa tecnologia emergente.

Já com relação à emoção, o desafio está em investigar a associação dos estados aos fenômenos que a desencadeiam. No presente momento, por exemplo, existem poucos estudos consistentes sobre a relação entre os recursos educacionais e a emoção desencadeada no estudante durante seu uso e realização. Um dos principais motivos para a inexistência desses estudos até o presente momento refere-se à forma de verificar quantitativamente as emoções de uma pessoa. Nesse sentido, pesquisas sobre mapeamento cerebral têm trazido alguns esclarecimentos sobre o assunto. Os estudos de Chen e Lin (2016) e de Bos et al. (2019a e 2019b), por exemplo, indicaram uma correlação entre determinados resultados de atividades cerebrais e os seus estados emocionais de participantes dos estudos durante atividades de aprendizagem.

Como já mencionado anteriormente, nas atividades de aprendizagem, uma característica importante é a emoção, o processo ou ato de se concentrar em um ou mais fatores do ambiente em que os sentidos entram em contato. A definição dos estados emocionais vai além de uma função simples e pode ser entendida como o direcionamento seletivo da consciência, que filtra e descarta informações indesejadas.

A atenção é diferenciada com base em atributos, dependendo da genética, da estrutura das atividades realizadas, da experiência, da motivação, entre outros. As características da atenção são: volume, estabilidade, mobilidade, distinção e atenção concentrada (XIAO; ZHANG, 2015).

Para chegarem aos resultados apresentados, as pesquisas anteriormente citadas utilizaram Interfaces Cérebro-Computador baseadas em eletroencefalograma (EEG),

tecnologias de comunicação amplamente estudadas (FARWELL; DONCHIN, 1988; KLEIH et al., 2011; MAK et al., 2011; WOLPAW; WOLPAW, 2012). Uma Interface Cérebro-Computador pode ser definida como um circuito fechado, composto por seis etapas principais: medição da atividade cerebral, pré-processamento, extração de características, classificação, tradução em um comando e presença de feedback dentro do experimento (LOTTE et al., 2007). Nesse entendimento, uma Interface Cérebro-Computador estabelece uma interação funcional direta entre um cérebro humano ou animal e um dispositivo externo.

Considerando o exposto, o principal problema que norteou essa pesquisa foi: Como a utilização de um sistema de Interface Cérebro-Computador pode auxiliar a identificar o estado emocional dos estudantes durante o uso de três diferentes recursos educacionais de ciências?

Para o acompanhamento das mensurações das ondas cerebrais dos estudantes participantes ao longo da utilização dos recursos educacionais, as Interface Cérebro-Computador escolhidas foram o *NEUROSKY* e o *EMOTIV* (NEUROSKY, 2021; EMOTIV, 2021). Os dispositivos incluem canais de eletrodo de metal registrando ondas cerebrais elétricas na superfície do couro cabeludo com uma frequência de 40Hz (40 amostras por segundo).

A escolha dos equipamentos se deu por ambos permitirem fácil acesso aos dados, uma vez que se comunicam com o computador por meio de Bluetooth; e por serem compatíveis com sistemas versão Windows, Android e MacOS. Além disso, podem ser considerados de baixo custo.

Em síntese, tais dispositivos são alternativas acessíveis para a monitoração da atividade cerebral de estudantes, pois têm a capacidade de medir ondas cerebrais referentes às emoções de forma não invasiva. Nesse sentido, o uso de sensores EEG portáteis na verificação de emoções de estudantes ao longo da aplicação de recursos educacionais de ensino de ciências pode ser uma boa ferramenta de pesquisa sobre o ensino de ciências. Eles fornecem informações tanto com relação às atividades propriamente ditas, por quanto tempo, quais as características principais para o desencadeamento das emoções –, como em relação aos estudantes que vivenciam tais atividades – se há relação entre o nível de foco e a faixa etária, nível de ensino, entre outras. Tais informações permitirão ao professor realizar escolhas de acordo com o nível de foco que o recurso/a atividade pode desencadear, de modo a tornar os processos de ensino e de aprendizagem em ensino de ciências mais desafiadores, problematizadores na busca do processo de construção do conhecimento.

Nesta tese, foram enfocados como recursos educacionais os vídeos educacionais³, a realidade virtual⁴ e a assistente virtual com o uso de IA da Amazon (ALEXA)⁵. A escolha por esses recursos diz respeito, especialmente, aos impactos na aprendizagem e à usabilidade para o ensino de ciências.

O rápido desenvolvimento digital criou esses desafios para os sistemas convencionais de educação. Contudo, há poucos estudos sistemáticos sobre as emoções desencadeadas por esse tipo de recurso de atividade para a utilização com estudantes. Por exemplo, o tamanho e o peso dos tablets tornaram a leitura mais aceitável; o uso da realidade virtual tornou-se mais próxima da realidade do estudante com uma infraestrutura disponível em seus próprios notebooks que agora têm essa tecnologia agregada. O uso dos vídeos educacionais por se tratarem de recursos audiovisuais com alto grau de interatividade acabam por estimular os canais sensoriais do estudante. O uso de uma skill da ALEXA, por exemplo, pode ser avaliada como positiva com relação ao que é oferecido hoje em dia com sua base de conhecimentos agregados e com a inteligência artificial cada dia sendo implementada.

A tecnologia digital também mudou a tendência dos estudantes de aprender. Hoje os estudantes exigem liberdade para decidir o que querem aprender, quando e como querem aprender. Sendo assim, investigar a emoção desencadeada (especialmente com relação ao tipo de estado de emoção e se há algum padrão de estado atencional) durante o uso de recursos educacionais de ensino de ciências, pode auxiliar a esclarecer a relação entre a emoção e seus impulsos gerados. Contudo, mesmo sabendo do potencial significativo dos materiais disponibilizados em mídias, muitos professores acabam por não realizá-los, não sendo explorados, em função da falta de recursos e infraestrutura disponível e outras vezes por desconhecer o potencial dos mesmos.

As próximas seções dessa tese estão organizadas da seguinte maneira: apresentação dos objetivos gerais e específicos e do problema de pesquisa; apresentação das Interface Cérebro-Computador e a relação com os estados emocionais que foram usados nessa pesquisa; Recursos educacionais para o ensino de ciências; a Metodologia e apresentação das publicações já realizadas, como segue:

³ Vídeos Educacionais; disponível em H5P <https://h5p.org/>

⁴ Realidade Virtual- plataforma digital disponível em http://opensimulator.org/wiki/Main_Page

⁵ Disponível em: <https://alexa.amazon.com.br/>

Artigo 1: trata da revisão das tecnologias envolvidas para captura da atenção e emoções do estudante estudados pela literatura científica, em especial os sensores EEG no âmbito da educação.

Artigo 2: trata da investigação das emoções de participantes na leitura de textos e no acesso a um museu de Realidade Virtual, utilizando sensores de Interface Cérebro-Computador como ferramentas de coleta de dados.

Artigo 3: trata da classificação do estado de emoção do estudante, detectando a mensuração cerebral e as expressões faciais durante o uso de vídeos educacionais comparando com emoções ativas ao fazer uso do audiovisual. O estudo foi monitorado com o sensor da EMOTIV.

Estudo 4: trata da reprodução de um vídeo educacional sobre conhecimentos do cérebro; no primeiro momento com o vídeo convencional vs. o vídeo interativo com o mesmo conteúdo educacional abordado. A potência cerebral cerebral foi capturada pelo sensor da *NEUROSKY*.

Estudo 5: trata do uso de uma skill da assistente virtual ALEXA da Amazon. O conteúdo abordado na skill foi específico sobre conhecimentos de biologia-hematologia. Com a ajuda do sensor da EMOTIV, o participante foi rastreado com sua atividade cerebral sobre seu progresso, concentração e estado emocional.

Na sequência, são apresentadas as considerações da pesquisa.

1.1. Objetivo Geral

Investigar o reconhecimento das emoções em estudantes ao utilizarem três diferentes recursos educacionais de ensino de ciências por meio do mapeamento e mensuração cerebral com eletroencefalograma EEG.

1.2. Objetivos Específicos

Aqui serão apresentados os propósitos da tese que nortearam o desenvolvimento do estudo.

Os objetivos aqui explicam como foram os desdobramentos em geral dada a dinâmica da pesquisa.

- Selecionar recursos educacionais que visem desencadear as emoções nos estudantes;

- Observar, com o auxílio de sensores EEG, as atividades cerebrais de estudantes durante a interação com três diferentes recursos educacionais;

- Analisar as possíveis relações entre as emoções desencadeadas pelos estudantes com a execução das atividades com os recursos educacionais utilizados;

- Comparar os resultados das emoções obtidas durante o uso de três diferentes recursos educacionais de ensino de ciências, buscando identificar semelhanças e diferenças de acordo com cada tipo de recurso.

1.3. Problema Central

Como a utilização de um sistema de Interface Cérebro-Computador pode auxiliar a identificar o estado emocional dos estudantes durante o uso de três diferentes recursos educacionais de ensino de ciências?

2 APRESENTAÇÃO DA INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR

2.1 NEUROSKY

Existem avanços recentes no desenvolvimento e implementação de Interface-Cérebro-Computador impulsionados por produções tecnológicas e científicas, bem como por demandas sociais, educacionais e comerciais. Dentre eles, pode-se citar o desenvolvimento de dispositivos multicanais como os sensores EEG portáteis, tais como o EMOTIV EPOC+⁶ e o *NEUROSKY*, que permitem o mapeamento cerebral com processamento de dados on-line. O dispositivo *NEUROSKY* (Quadro 1), por exemplo, utiliza um único sensor preso à testa do lado de fora do córtex cerebral no lobo frontal do cérebro, encarregado pelos níveis e tarefas de memória de curto prazo (*NEUROSKY*, 2022). Assim, ele é utilizado para extrair os níveis do usuário, a partir da coleta de bio-sinais (ondas cerebrais) por eletrodos secos.

O Quadro 1 a seguir apresenta uma sinopse geral de algumas frequências reconhecidas de diferentes tipos de atividade no cérebro.

Quadro 1 - Sinopse geral das frequências do cérebro.

ONDA	ALCANCE DE FREQUÊNCIA	FUNÇÕES PRINCIPAIS
Delta	até 4Hz	Sono
Theta	4Hz - 7 Hz	Inatividade, ineficiência
Alfa	8Hz - 15Hz	Relaxamento, olhos fechando
Beta	16 Hz -31Hz	Foco, pensamento ansioso
Gama	Acima de 32Hz	conhecimento

Fonte: Adaptado de *Neurosky* (2022).

⁶ EMOTIV: Dispositivos móveis que medem eletroencefalografia, disponível em: <https://www.emotiv.com/>

Na figura 1 é mostrada a imagem do sensor da *NEUROSKY MINDWAVE*⁷ e na Figura 2 é apresentado o funcionamento do biosensor .

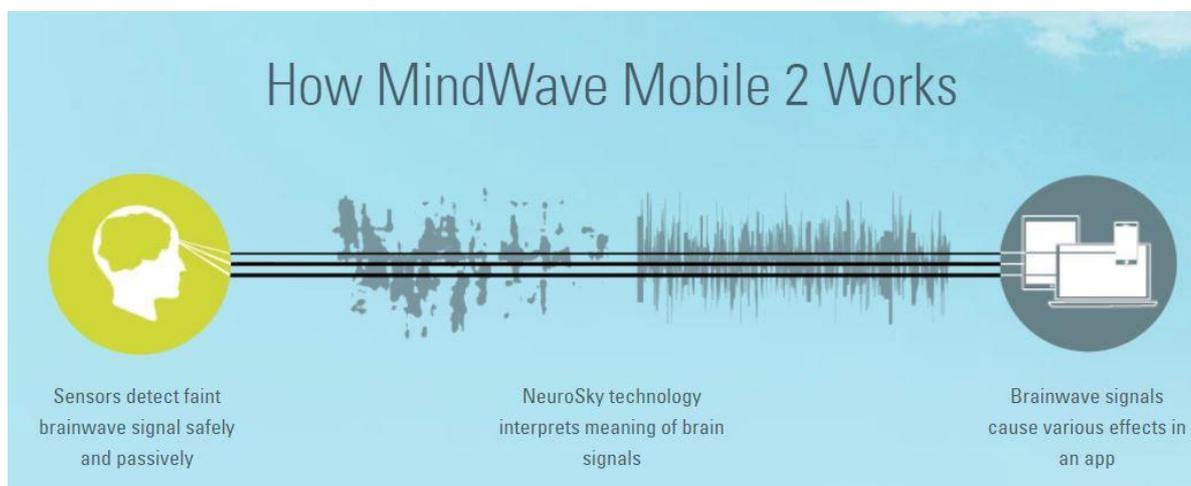
Figura 1 - *NEUROSKY MINDWAVE*



Fonte: Site do *Neurosky* (2022).

⁷ *Neurosky*: Sensor de captura de ondas cerebrais EEG disponível em: <http://neurosky.com/>

Figura 2 - Funcionamento do MINDWAVE



Fonte: Site do *Neurosky* (2022).

O Mindwave Mobile mede e emite com segurança os espectros de EEG (ondas beta, alfa, theta, delta, low beta, high beta e ondas gama).

- Beta: O estado beta é quando se tem entre 13 a 40Hz (ondas cerebrais por segundo) e está em estado alerta;
- Alfa: O estado alfa é quando as ondas cerebrais diminuem um pouco, de 8 para 13 por segundo;
- Theta: No estado Theta, as ondas cerebrais diminuem ainda mais para 4 a 7 por segundo. Essa onda está relacionada com tarefas de processamento cognitivo como uma incitação visual e auditiva (*NEUROSKY*, 2022);
- Delta: No estado Delta, as ondas cerebrais estão de 1 a 4 por segundo (*LUU*, 2004);
- Low Beta: de 13 a 15Hz associadas principalmente a concentração introvertida e silenciosa;
- High Beta: de 21 a 40HZ associadas a estresse significativo, ansiedade, paranoia, alta energia e alta excitação (*SANEI et al*, 2007);
- Ondas Gama: de 30 a 60 Hz, são a frequência de onda cerebral mais rápida e representam o estado de foco mais alto possível.

Para todos os diferentes tipos de atenção e meditação, o valor do medidor é relatado em uma escala eSense relativa de 1 a 100. O medidor eSense é um algoritmo de

propriedade da *NeuroSky* para caracterizar estados mentais resultando nos valores interpretados (*NEUROSKY*, 2022).

Em ambientes educacionais, o foco à aula pode ser rastreado para medir a eficácia do envolvimento dos estudantes (*TOKUHAMA-ESPINOSA*, 2010).

Na Tabela 1, são mostradas as especificações e características do equipamento.

Tabela 1 - Biosensor EEG *Neurosky*

TGAT1 / TGAM1

Recursos

- Conexão direta ao eletrodo seco
- Um canal EEG + Referência + Terra
- Detecção de sinal de nível extremamente baixo
- Filtro avançado com alta imunidade a ruído
- RAW EEG a 512 Hz

Saídas de dados

- Sinal RAW EEG
- Atenção
- Meditação
- Ondas delta, teta, alfa baixo, alfa alto, beta baixo, beta alto e gama
- Algoritmos adicionais disponíveis no SDK

Dimensões

- Módulo TGAM1: 27,9 x 15,2 x 2,5 mm
- Chip TGAT1: 9 x 9 x 1,6 mm
- Peso (máx.) 130 mg

Especificações

- Taxa de amostragem de 512 Hz a 12 bits
- Faixa de frequência de 3-100 Hz
- Proteção ESD: Descarga de contato 4kV; 8kV Air
- Consumo máximo de energia: 15mA @ 3,3V
- Tensão operacional 2,97 ~ 3,63V
- UART (Serial):
 - 1200, 9600, 57600 baud
 - 8 bits
 - Sem paridade
 - 1 bit de parada

Fonte: Site *Neurosky* (2022).

O equipamento *NEUROSKY*, quando em atividade, fornece valores e medidas por meio das ondas referentes a estados mentais, via *bluetooth*, a um computador que esteja pareado e com um sistema de registro de ondas cerebrais instalado, em tempo real apresentando um nível considerável de complexidade, mas suficientes para fornecer os dados necessários para a referida pesquisa.

2.2 EMOTIV

O EMOTIV EPOC é um dispositivo portátil de EEG de alta resolução que é usado para registrar sinais cerebrais. Trata-se de um dispositivo não invasivo e complexo que existe para o uso em pesquisas. Foi criado pela empresa australiana EMOTIV como um eletroencefalógrafo portátil. É uma espécie de capacete que possui 14 eletrodos fixados no couro cabeludo. A utilização do EMOTIV na quantificação dos sinais neurais se dá pelo fato de possibilitar a sua utilização em ambiente não invasivo, não hospitalar, no qual o meio não será um fator de influência nos dados analisados. Detecta movimentos de cabeça com sensores de movimentos em nove eixos, trabalha com detecção de EEG bruto, comandos mentais, métricas de desempenho e expressões faciais (EMOTIV, 2022).

O sinal é usado em nível profissional, a qualidade do EEG registrada pelo EMOTIV é estatisticamente equivalente aos dispositivos tradicionais de nível de pesquisa que têm um custo bastante alto e o uso hospitalar. O EMOTIV transmite dados sem fio a 128 ou 256 Hz para gravação de dados cerebrais de alta resolução. As métrica de desempenho são **excitação, engajamento, relaxamento, interesse, estresse e foco**. As expressões faciais são detectadas no piscar, surpresa e sorriso (EMOTIV, 2022).

De acordo com Wang (2016), é possível analisar a carga de trabalho no acesso à memória a partir de dispositivos EEG sem fio como o EMOTIV, demonstrando, assim, a possibilidade de realizar a análise de dados com o uso de técnicas de reconhecimento em tempo real para monitoramento e identificação dos níveis de carga mental em uma ampla variedade de atividades cognitivas no sociedade moderna.

A versão EMOTIV EPOC+ possibilita a análise individual de cada sensor, *Raw Mode*, a partir de sua API (que é um conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de software ou plataforma baseado na Web), bem como o pré-processamento dos sinais na quantização dos itens descritos a seguir (Quadro 2):

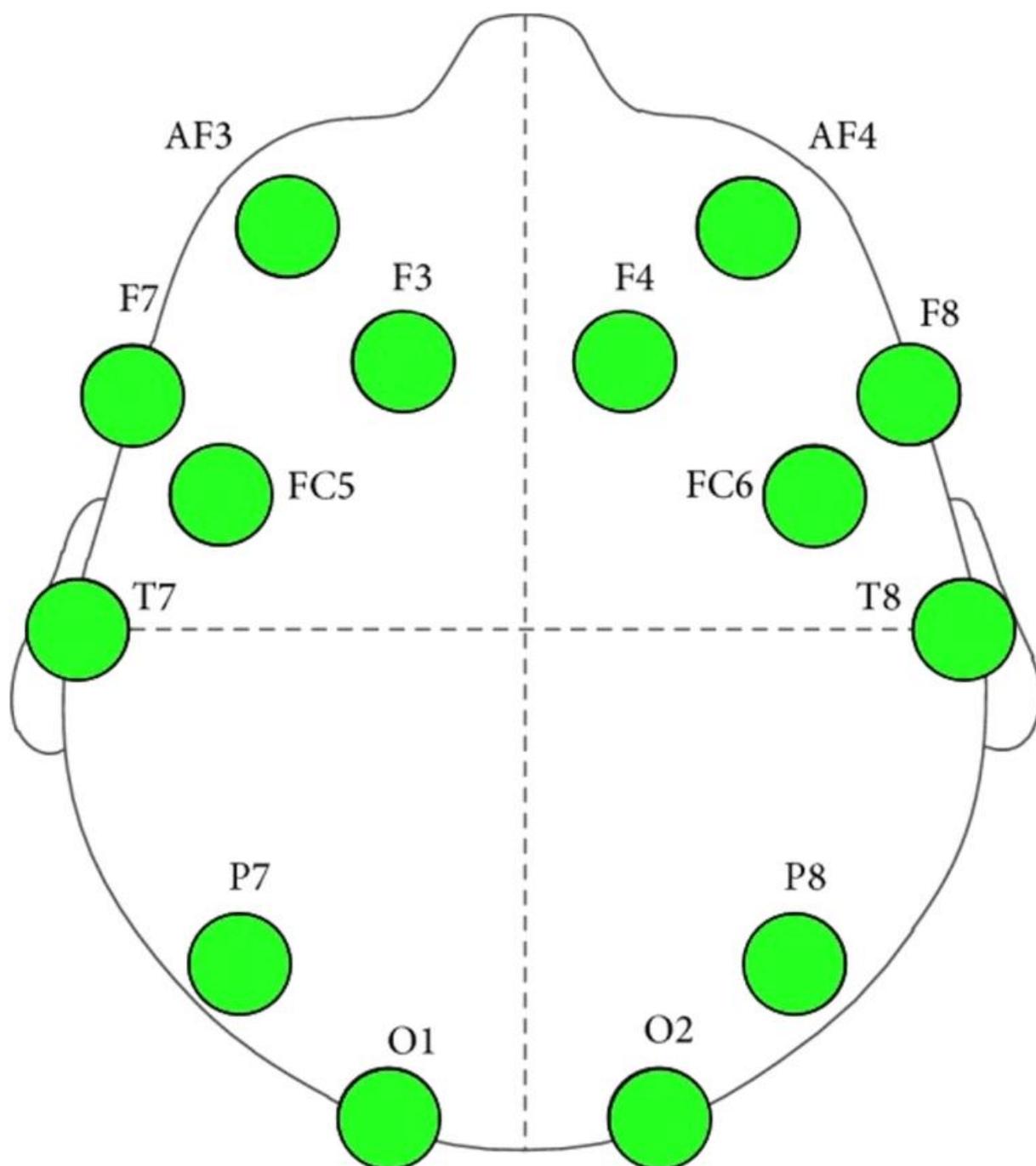
Quadro 2 - Descrição criada a partir das informações do EMOTIV Pro+ e sua relação ao pré-processamento disponibilizados pela API.

Estresse	O estresse é a medida de conforto a partir de um desafio proposto. O estresse elevado pode resultar em uma incapacidade/dificuldade de completar uma tarefa, sentir-se sobrecarregado e temer consequências negativas por não satisfazer os requisitos determinados.
Engajamento	O engajamento é um estado de direção/alerta consciente a um encorajamento relevantes a partir de uma determinada tarefa proposta. Ele mede o nível de imersão na união dos índices de foco e concentração e contrário ao tédio. O envolvimento é caracterizado pelo aumento da excitação fisiológica e ondas beta, juntamente com ondas alfa atenuadas.
Interesse	O interesse é o grau de atração a inspiração do ambiente ou atividade realizada. As baixas taxas indicam uma forte aversão à tarefa, um alto interesse indica uma forte afinidade com a tarefa, enquanto as pontuações de médio alcance indicam que a tarefa é considerada indiferente.
Excitação	A excitação é uma consciência ou sensação fisiológica a partir de uma ação de valor positivo. A detecção de excitação reflete em mudanças de curto prazo dos itens anteriormente listados.
Foco	O foco é uma medida de atenção fixa para determinada tarefa. O foco mede a profundidade/intensidade, bem como a frequência com que o foco se modifica entre as tarefas.
Relaxamento	O relaxamento é uma medida da capacidade de se desligar ou recuperar após uma concentração intensa.

Fonte: EMOTIV site Gitbook, 2022.

O sistema de EEG usa sensores de contato banhados a ouro que são fixados nos braços de plástico flexíveis do dispositivo. O sistema inclui 16 locais, alinhados com o sistema 10–20 (posições dos eletrodos no sistema, em que a variação é sempre 10% na horizontal e 20% na vertical): AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, FC4, M1 e M2. Um sensor master (M1) atua como um ponto de referência com o qual a tensão de todos os outros sensores é comparada. A outra master (M2) é uma referência de alimentação direta que reduz a interferência elétrica externa. Existe uma padronização que utiliza as letras “F”, “T” para representar os lóbulos frontal, temporal e central do cérebro. Os números pares são a direita e os ímpares a esquerda (KROPOTOV, 2016). A Figura 3 mostra as posições dos eletrodos para o funcionamento do EMOTIV (EMOTIV, 2022).

Figura 3 - Funcionamento do EMOTIV com as posições dos eletrodos



Fonte: EMOTIV (2022).

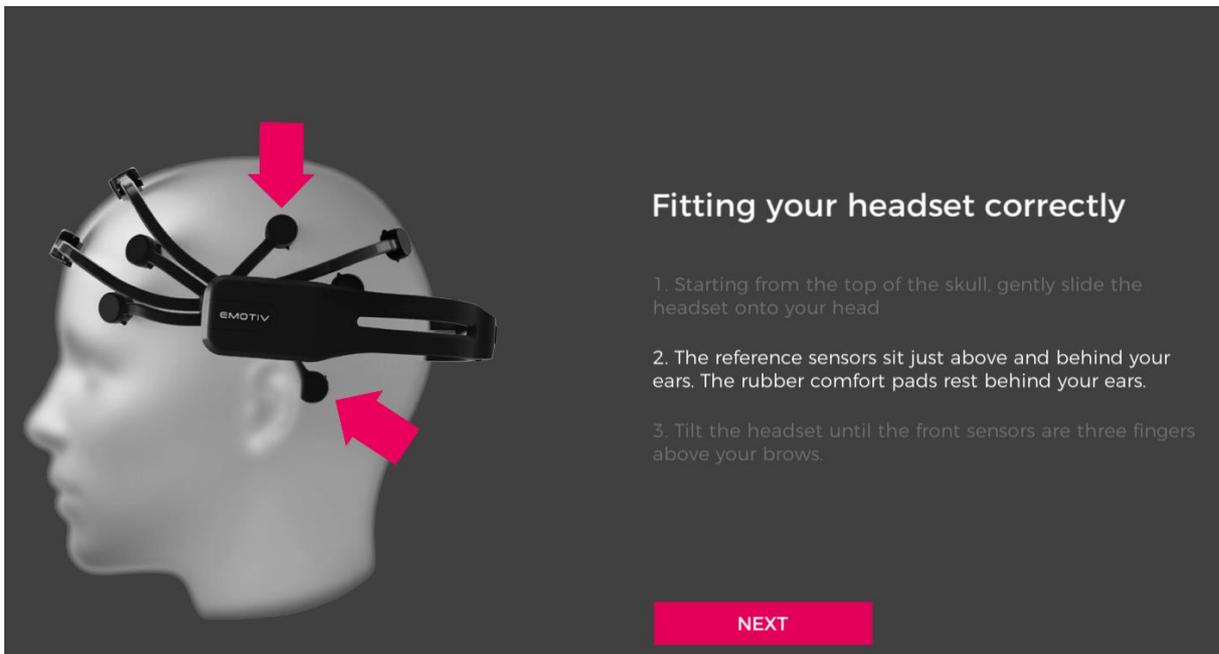
Os sinais dos 14 canais no couro cabeludo são filtrados com um corte de 0,16 Hz, pré-amplificado e com um corte para baixo de 83 Hz. Os sinais analógicos são digitalizados em 2048 Hz. O sinal digitalizado é filtrado usando um filtro de 5ª ordem (50–60 Hz), filtro baixo e amostragem reduzida para 128 Hz. A largura de banda efetiva é de 0,16 a 43 Hz. O sistema de EEG envia marcadores para indicar o início de cada estímulo. Na figura 4 e 5 são mostradas as imagens do sensor e sua utilização (EMOTIV, 2022).

Figura 4 - EMOTIV EPOC



Fonte: EMOTIV EPOC+ (2022).

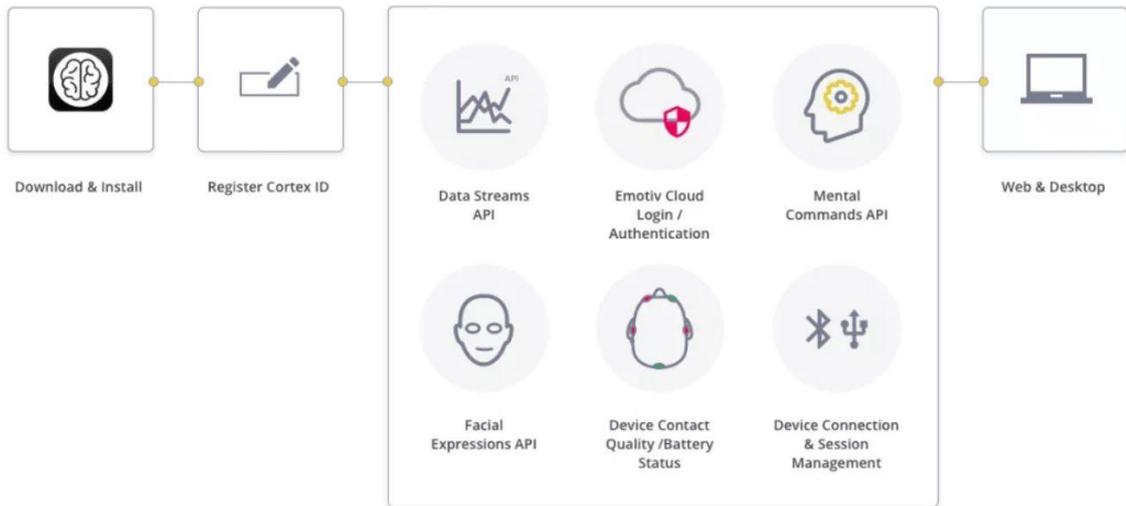
Figura 5 - Faixa de cabeça giratória do EMOTIV EPOC



Fonte: EMOTIV EPOC (2022).

Os sinais que são gerados por meio do EEG são medidos por microvolts. Portanto analisar e classificar o sinal EEG é uma tarefa não muito fácil por ser uma amostra sensível. Entretanto trabalhos recentes têm mostrado resultados promissores nas classificações e reconhecimento de sinais (KROPOTOV, 2016). Na Figura 6 é mostrado o fluxo de funcionamento do EMOTIV.

Figura 6 - Fluxo do funcionamento do EMOTIV EPOC



Fonte: EMOTIV EPOC (2022).

Na Figura 7 é mostrado o usuário utilizando o dispositivo da EMOTIV (EMOTIV, 2022).

Figura 7 - Usuário na utilização do EMOTIV



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Para o fluxo do funcionamento principal da Interface Cérebro-Computador até métricas de desempenho de alta resolução podem ser utilizadas amostras com as especificações do funcionamento do sensor conforme a Figura 7. Os experimentos são conduzidos usando um conjunto de dados do software do equipamento que após realiza a classificação com base nas categorias das ondas cerebrais. As regiões do cérebro estão evidenciadas na Figura 7, relacionadas à predominância da onda que está sendo estimulada. As mudanças significativas ocorrem quando a potência da banda EEG em resposta à incitação auditiva e visual. Consequentemente graças a estas provocações é que podemos evidenciar a atividade cerebral do indivíduo (EMOTIV, 2022). O sinal EEG é o registro não invasivo de potenciais elétricos que são gerados pela atividade dos neurônios no cérebro (MERT e AKAN, 2018).

2.3 Dispositivos portáteis para medir atividade cerebral

Os professores em geral e principalmente os professores do ensino de ciências podem usar cada vez mais aplicativos móveis e dispositivos portáteis para rastrear e monitorar os estudantes (NEUROSKY, 2022) em sua relação com as aprendizagens, o que captura a atenção e promove a emoção com o aprender. Esses dispositivos podem medir características biológicas, como emoções e fadiga mental podendo mostrar aos professores novas percepções sobre os indicadores pessoais dos estudantes. O objetivo é mapear a atividade cerebral e poder fornecer informações sobre as oscilações da atividade elétrica no cérebro.

A tecnologia é atualmente utilizada nas principais universidades tais como Massachusetts e outras para fornecer análises cerebrais de assuntos de pesquisa e testes realizados. Para detectar a variação do estado emocional, ou seja, o nível de alerta o mais cedo possível, há muitas aplicações práticas para que o professor possa identificar precocemente no sistema de captura durante uma atividade ou tarefa a ser desempenhada com o uso de recursos educacionais. Dependendo da atividade proposta ao estudante, o mesmo vai requerer um nível constante de concentração (BOS *et al*, 2020).

Com a base de dados das ondas cerebrais coletadas: delta, teta, alfa, beta e gama é possível acompanhar o efeito nos participantes do estudo. Durante uma aula ou um estudo de caso em um determinado grupo, os participantes podem ser monitorados em seu desempenho contínuo a partir dos níveis que estão sendo controlados pelo professor ou mediador da atividade (BOS *et al*, 2020).

A medição ocorre com o tempo de resposta do estudante juntamente com o conjunto das ondas cerebrais. Quando o tempo de resposta é maior que o normal, presume-se que o estado do participante seja perdido ou desconectado do objetivo. A detecção do pico e/ou da queda pode ser obtida no estágio inicial da visualização do material onde o sinal é registrado por apenas 1 (um) segundo, pois é o momento em que o estímulo é apresentado como um sinal curto ou longo, movimentando, assim, a sua classificação nos padrões da onda cerebral (BOS *et al.*, 2019)

2.3.1 Educação em Ensino de Ciências

Nesse trabalho consideramos a discussão sobre o ensino de ciências. O ensino de ciências evoluiu para uma visão interdisciplinar ao refletir a circunstância da pesquisa científica e as repercussões sociais e culturais (RAMOS, 2020). A formação do aprendiz deve levá-lo a compreender que o conhecimento científico é cumulativo (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007, p.15).

Uma das questões mais importantes para a reforma e inovação do ensino de ciências tem sido a integração do uso da tecnologia educacional (LAVONEN *et al.*, 2004; OSBORNE, 2013). Apesar de aspectos tais como evasão, retenção e outras mazelas educacionais que têm nos acompanhado há séculos no Brasil (BRASIL, 2018), a tecnologia como apoio ao trabalho pedagógico do professor tem sido uma discussão cada vez mais relevante e, de acordo com Fialho (2020), a qualidade da educação, em relação aos conteúdos de ciências, deve ser levada em consideração com a capacidade dos estudantes em compreender ciência e usá-la relacionando com a tecnologia, aplicando os aprendizados na prática (FIALHO *et al.*, 2020).

De acordo com Pisa (2018), as habilidades cognitivas são quantificadas com questões formuladas com conteúdos relacionados com letramento científico, que se refere ao conhecimento de ciências e de tecnologia, baseado nas ciências (BRASIL, 2018). Tecnologias em evolução mudaram rapidamente as formas pelas quais as pessoas leem e trocam informações, portanto atender as demandas de habilidades requer o fortalecimento da capacidade de aprendizado. Tendências emergentes nos sistemas educacionais exigem habilidades cognitivas que implicam tarefas que não serão substituídas pela automação.

Muitas tecnologias podem atuar como suporte nessas etapas de construção do conhecimento (RAMOS, 2020). Uma nova era que impulsiona o desenvolvimento na ciência e tecnologia está em pleno desenvolvimento e propondo que os limites disciplinares das

universidades se adaptem e contribuam para esse movimento. O mundo digital está impulsionando a inovação tecnológica e promovendo possibilidades de integrar as disciplinas do ensino de ciências com essa nova fase da educação. Os educadores e as instituições tendem a adotar uma postura educacional que considere e valorize a criatividade e potenciais conhecimentos já dos próprios estudantes para que não sejam frustrados de cumprir programas obrigatórios controlados por regimes de avaliação ultrapassados que têm o objetivo de cumprir metas da avaliação a priori presentes nas listas escolares e, muitas vezes, vivendo apenas nesse contexto disciplinar. Segundo Deming & Noray (2018), no século XXI, é necessária uma gama maior de habilidades nos educadores e nos estudantes (DEMING & NORAY, 2018).

Nas próximas décadas será necessário usar habilidades e práticas educacionais inovadoras com o ensino de ciências para que ocorra a avaliação educacional com um diagnóstico específico da realidade sobre os aspectos que interagem no desenvolvimento do estudante.

Os desempenhos mais complexos dos estudantes continuam a revelar as suas habilidades. Esses demonstram competências em caminhos diversos e assim novos desafios, inclusive tecnológicos tais como o apresentado nesse trabalho, são importantes para acompanhamento e avaliação especialmente no ensino de ciências. Durante esse tempo, é necessário fazer uso de novas tecnologias na tentativa de conquistar a audiência e a atenção do estudante. A ciência e a tecnologia são parceiros relevantes para as práticas do ensino de ciências e, no caso do modelo de raciocínio científico, é usado para avaliar as habilidades dos estudantes com base em três práticas fundamentais: hipótese, experimentação e avaliação de evidências (OSBORNE, 2013).

Segundo Osborne (2013), o desempenho que vem atribuído de um conjunto de características e rendimento do estudante será incluído nas estruturas do conhecimento que promoverão a aprendizagem. Para que ocorra uma avaliação mais específica não somente atendendo a autorrelatos e questionários, novos métodos podem ser realizados para formar novos processos de avaliação. A finalidade de uma avaliação tal como a que apresentamos pode ser elaborada através de características do sujeito, incluindo foco e outros mecanismos com procedimentos mais interpretativos e, por que não, também objetivos.

Podemos transformar o aprendizado de ciências em diversas experiências digitais de várias combinações de possibilidades, entre elas as que mensuram aspectos da atenção e do foco que também podem colaborar na construção do conhecimento. O objetivo do ensino de ciências não deve ser o acúmulo de conhecimento em determinada área, mas a competência no uso de processos básicos para todas as ciências (MOREIRA, 1986). O método com o uso e a inserção de sensores, sobretudo com o uso das tecnologias digitais, é uma forma de abordar o ensino de ciências e a aprendizagem para a avaliação e eficácia dos estudos para ser validada pelos educadores com mais precisão (BOS et al, 2019).

O envolvimento do estudante com novas tecnologias pode despertar o interesse na pesquisa em ensino de ciências e proporcionar a criação de estudantes, de agentes do conhecimento. O ensino de ciências desperta o interesse em explorar mais as possibilidades de aprendizagem, principalmente com o uso de novos métodos de ensino. Além disso, o estudante capturado pelo processo de acompanhamento na construção do conhecimento pode favorecer não só a atenção e o foco, mas o perfil de um estudante pesquisador que interaja com a tecnologia tanto quanto ela é convidada a mensurar e rastrear o processo.

Os professores de ensino de ciências podem preferir utilizar diferentes tecnologias adaptadas e inseridas na singularidade de sua sala de aula. É possível verificar o processo do estudante quando trabalhado o estímulo resposta (BOS et al, 2019a) ao mesmo tempo em que registra outros aspectos fundamentais para o processo que a tecnologia não consegue capturar, tais como a interação necessária para que a aprendizagem se configure como significativa para o estudante.

É cada vez mais necessário atender às necessidades dos estudantes, aos seus anseios educadores e dialogar com a neurociência através de tecnologias como a realidade virtual, vídeos e a inteligência artificial, que são emergentes e podem proporcionar a evidência da atividade cerebral vivida pelo estudante durante o processo como um todo (BOS et al, 2020). À medida que as tecnologias como essa se agregam aos espaços escolares, as inovações pedagógicas delas decorrentes podem aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes (BOS et al, 2020), pois dificuldades pertinentes ao ensino de ciências são relatos comuns na perspectiva educacional.

Recentemente, a ciência da atenção se construiu para muito além da vigilância apresentada no livro do psicólogo Daniel Goleman, que valida a capacidade de concentração. Essa ciência cita que nossa capacidade de atenção e concentração pode determinar o nível de competência com que realizamos determinada tarefa (GOLEMAN, 2012). Ainda segundo Goleman, o sensor é acoplado com eletrodos fornecidos pela empresa EMOTIV, que podem capturar a atividade cerebral e transformá-las em comando para ser possível a leitura por computadores. Uma pequena lista de alguns pontos básicos inclui a percepção do que sentimos e a leitura das emoções.

Para Ausubel (1983), são duas as condições básicas para que ocorra uma aprendizagem significativa. A primeira, o material didático que deve ser potencialmente significativo. A segunda, a disposição do aprendiz para aprender. Ausubel (1983) apresenta como ideia básica que o professor conheça o que o aprendiz já sabe para, então, partindo da estrutura cognitiva existente, alcançar conhecimentos novos e mais elaborados que os conceitos prévios. Nesse sentido, é preciso averiguar previamente tais conhecimentos e, assim, verificar os novos conhecimentos (AUSUBEL, 1983).

Segundo Corrêa et al, 2022, o desejo de proporcionar uma aula que seja significativa e que consiga despertar interesse (e atenção) de aprender em estudantes que se encontram compartilhando aquele momento é uma vontade incessante para a maioria dos professores. As capacidades de aprendizagem cresceram e exigem um olhar muito mais amplo e sensível sobre o que é conhecimento (CORRÊA et al, 2022).

O professor mediador poderá ter acesso a dados biológicos do estudante durante uma exposição de uma atividade, por exemplo, podendo, então, encontrar métodos para um melhor desempenho (ASLAN et al, 2014). É importante destacar que ao adotar essas tendências eminentes de tecnologias, o professor poderá enfrentar alguns desafios. Entre alguns deles, inclui-se a aquisição de dados com o uso dos sensores de eletroencefalogramas. Esse campo de estudo é ainda embrionário e os pesquisadores precisam adaptar as instruções para desenvolver uma possibilidade de reconhecer a resposta do estado afetivo de um estudante. Mesmo que não em caráter conclusivo, pois que muitos fatores interagem diretamente na atenção e concentração de um estudante na sua relação com o aprender, evidências do uso dessa tecnologia educacional poderão apoiar o professor na tentativa de alcançar melhores desempenhos de seus estudantes (BOS et al, 2019).

2.4 Estados Emocionais

O campo da neurociência tem se centrado historicamente na definição de emoções humanas universais (EKMAN, 1992), esclarecendo o processo emocional e determinando os sentimentos e emoções. Os sentimentos são uma experiência pessoal que faz associação à emoção. Ainda, as emoções afetam a tomada de decisões, as interações e a inteligência. Ekman (1992) afirma que existem características das emoções básicas: os humanos nascem com emoções que não são aprendidas; exibem a mesma emoção na mesma situação e expressam a emoção de maneira similar.

2.4.1 O que são emoções?

Emoção é uma sensação de recompensa química no cérebro, ou seja, uma resposta emocional: “o cérebro realiza combinações de comunicação entre os neurônios provocando a sensação de recompensa em casos relacionados à emoção” (ROSENTHAL, D. 2009). A resposta do cérebro às mudanças fisiológicas é baseada em emoções de controle do indivíduo, então essa emoção fisiológica pode realmente refletir estados emocionais (KAHNEMAN, 1973).

O cérebro humano é um mestre do engano. Ele cria experiências e dirige ações com a habilidade de um mágico, nunca revelando como o faz; ao mesmo tempo nos dá uma falsa sensação de confiança com nossas experiências do dia a dia, não revelando o seu funcionamento interno. As emoções são tão distintas, porém tão embutidas, que assumimos que têm causas diferentes (FELDMAN, 2018).

Emoções são suposições que o cérebro constrói no momento em que bilhões de células cerebrais trabalham juntas e têm-se o controle sobre essas suposições do que imaginamos. O importante é que as emoções não estão no cérebro humano quando ela nasce, elas são construídas (FELDMAN, 2018).

2.4.2 Como as emoções podem ser detectadas?

O uso de eletroencefalografia (EEG) para o reconhecimento de emoções atraíram grande interesse dos pesquisadores, pois com as soluções de sensores EEG vestíveis é possível identificar as emoções. O EEG pode classificar as emoções quando ocorre a atividade elétrica no cérebro onde ocorre a potência e onde são agrupados (BOS *et al*, 2020).

Os modelos de emoções descrevem diferentes categorias. Um dos modelos mais populares de Paul Ekman, psicólogo americano que tem sido pioneiro no estudo das emoções e expressões faciais, descreve seis emoções básicas universais: raiva, nojo, medo, felicidade, tristeza e surpresa. Do ponto de vista psicológico, o EEG fornece informações sobre os mecanismos de como as emoções são produzidas (EKMAN, 2015). Há um interesse emergente em soluções de baixo custo, especialmente para aplicações de Interface Cérebro-Computador. Um dos exemplos é o EMOTIV que foi validado para funcionar detectando a mensuração cerebral e o reconhecimento de emoção (EMOTIV, 2022).

Dessa forma, ações capturadas e percebidas computacionalmente poderão afetar a tecnologia e o processamento dessas ações levará a saídas computacionais no ambiente que poderão afetar o contexto (MERT e AKAN, 2018). Para se integrar aspectos afetivos como dados de entrada que alteram o comportamento do sistema, essa pesquisa propõe a classificação de emoções, utilizando o rastreamento e classificação como dados fisiológicos que permitirão a tecnologia a gerar saídas baseadas nas interações dos participantes. O objetivo é desenvolver uma forma de sincronizar a aquisição dos dados e encontrar possíveis relações com os dados produzidos com os sinais encéfalo gráficos obtidos pelo Emotiv. Os resultados das análises realizadas nessa pesquisa apresentam métodos aplicáveis para os diferentes tipos de emoções e sua intensidade e as classificam.

3 RECURSOS EDUCACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Atualmente, a educação exige que os professores utilizem Recursos Educacionais digitais no ensino para melhorar a habilidade de uma aula. O professor precisa ser proficiente em tecnologias e Recursos Educacionais digitais. Em uma aula utilizando Recursos Educacionais digitais, o professor é o organizador de toda a aula e se torna um consultor durante o processo de ensino e pode se observar uma melhora no ambiente educativo.

Um recurso educacional digital não substitui um professor, mas auxilia nas atividades em forma de Recursos Educacionais e muda completamente a atividade pedagógica. Rosenthal realizou uma análise dos fatores que influenciam os vídeos do YouTube sobre comunicação científica. O estudo abordou os conteúdos gerados por profissionais vs. conteúdos gerados por usuários e o impacto de ter ou não uma comunicação científica consistente (ROSENTHAL, 2018). No entanto, o estudo citado não abordou a questão da mensuração da atenção.

No estudo de DeCarli, é discutido um recorte de um relato de experiência em um curso de extensão sobre a educação emocional e a educação científica, criando competências socioemocionais com o recurso educacional aberto nas disciplinas de ciências da Natureza aplicado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A metodologia consistiu em relatos da confecção do recurso educacional na plataforma Canva⁸ e após, análises de depoimentos dos estudantes (DECARLI:KIRINUS; BOLL, 2021).

Na literatura são encontrados os termos Recursos Educacionais (RE) e Recursos Educacionais Abertos (REA), vinculado ao movimento da educação aberta, colaboração e interatividade. O REA manifesta a inspiração pela ampliação de conteúdos multimídias digitais abertos com o uso de licenças livres aos seus repositórios. Reúnem e oportunizam flexibilidades e adaptações às produções científicas em ambientes de ensino e aprendizagem e o Sistema de Universidade Aberta do Brasil (UAB) tem focado seus estudos e pesquisas nesses Recursos (BOLL; RAMOS; REAL, 2018).

Os REAs são conhecidos como objetos de aprendizagem, objetos educacionais, conteúdos digitais ou conteúdos abertos que consideram o livre acesso ao utilizar, modificar e replicar, como exemplo o uso de software livre, em que não há direito autoral reservado e que contempla diversas mídias e diferentes linguagens. A forma como esse produto educacional é

⁸ Plataforma Canva: Ferramenta online para criação de design disponível em: https://www.canva.com/pt_br/

distribuído de forma independente não necessita de aplicativos proprietários para serem utilizados (BOLL et al, 2018).

Mesmo com os desafios relacionados à conexão com a internet, os professores estão produzindo Recursos Educacionais, tornando-se atores e autores dos seus conteúdos, enaltecendo a escola como um espaço de criação e não mera reprodução do conhecimento (PRETTO, 2012).

As proposições teóricas mobilizando os professores em formação para utilizar os Recursos Educacionais e de modo autoral, caminham na direção das culturas locais similares a grandes centros (PRETTO, 2012). Pode-se pensar no resgate desses princípios a partir de uma apropriação das tecnologias digitais, assim fortalecendo mais o campo da educação (PRETTO, 2010).

É necessário buscar e utilizar os Recursos Educacionais digitais como parte de metodologias inovadoras estimulando mais a produção de novos Recursos por estudantes e educadores (EDUCAÇÃO CONECTADA, 2022).

Para uma participação ativa⁹ dos estudantes nas aulas, é necessária a mudança da prática e novos métodos no planejamento com as situações reais para o uso dos Recursos Educacionais digitais como alternativa de mediação no atual contexto da educação (NASCIMENTO, 2020).

Neste estudo abordamos os Recursos Educacionais que são os vídeos educacionais, a realidade virtual que tem acesso “open” por meio de seus navegadores próprios e o recurso educacional da Skill da ALEXA que é considerado um recurso com acesso específico para clientes Amazon, pois o estudante precisa ter acesso a um login e senha na plataforma da Amazon e adquirir o dispositivo do *echo dot* ALEXA, vendido pela empresa que fornece as skills.

Os Recursos Educacionais potencialmente desencadeadores dos estados emocionais serão relatados a seguir.

3.1 Vídeos Educacionais

O vídeo pode ter um impacto real no ensino de várias maneiras. Um estudo no contexto da educação de 2000 a 2014 (TASLIBEYAZ et al., 2017) mostrou que assistir a vídeos é benéfico para adquirir habilidades, mudar atitudes, estimular a aprendizagem cognitiva e reter conhecimento. Da mesma forma, em uma revisão de artigos qualitativos e quantitativos

⁹ Participação ativa: Onde o estudante assume um protagonismo no processo de ensino e aprendizagem.

revisados por pares de 7 grandes bancos de dados e 21 periódicos acadêmicos entre 2003 e 2013, YOUSEF et al. (2014) encontraram algumas evidências de que o uso da aprendizagem baseada em vídeo melhorou os métodos de ensino e os resultados da aprendizagem.

O uso do vídeo pode fazer mudanças fundamentais no ensino e na aprendizagem. O processo de repensar e redesenhar o conteúdo do curso acadêmico em resposta às mudanças tecnológicas para um segmento de estudantes que têm experiências e expectativas muito diferentes pode, por si só, ter um impacto significativo na melhoria do material. Por exemplo, o desafio de repensar o conteúdo de uma aula de uma hora para fornecer segmentos de podcast¹⁰ sucintos pode ter sido responsável pelos estudantes acharem isso mais envolvente do que uma aula tradicional dividida em seções (GUO et al., 2014).

A produção e a distribuição da informação estão mais volúveis e voláteis nas novas mídias, sendo elas interativas e digitais (BOLL et al, 2019). A composição de um texto midiático que constitui o vídeo com palavras, imagens, sons, personagens, cenários tudo isso ao mesmo tempo e de maneira sincronizada traz incentivos durante a sua apreciação. Na cultura digital é importante ainda investigar os estados emocionais do estudante quando o mesmo pode fazer escolhas para visualizar determinado vídeo ou mesmo realizar a confecção de seu próprio conteúdo educacional (BOLL et al, 2019). Compreender como o estudante estabelece o processo de comunicação com esse objeto digital e qual o tipo de emoção pode ser evocado durante esse processo.

Os desenvolvedores de vídeo precisam considerar a teoria de Mayer em suas escolhas de design. Mayer descreveu seis princípios-chave de aprendizagem multimídia, Clark e Mayer (2016) e Mayer (2014) discutiram: **1. Princípios de multimídia** - Fornecer palavras com imagens; imagens ou outros gráficos podem melhorar o aprendizado de materiais que contenham apenas palavras. **2. Princípio modal** - Ao combinar materiais visuais e orais, o uso de áudio é mais eficaz do que o uso de texto escrito. Comparado com o texto escrito no vídeo, o vídeo é mais eficaz quando ele é apresentado com a narração de áudio. **3. O princípio da adjacência** - Os materiais multimídia são mais eficazes quando o texto e as imagens estão juntos. **4. Princípio da redundância** - A eliminação da redundância aumenta a sua eficácia. **5. Princípio de coerência** - Adicionar ilustrações chamativas, mas desnecessárias à multimídia

¹⁰ Podcast: programas de áudio que podem ser baixados na internet ou reproduzidos por serviços de streaming.

pode ser uma distração, reduzindo a coerência e, portanto, reduzindo o aprendizado. **6. Princípio de personalização** - Usar um estilo coloquial pode ser mais benéfico em relação a um estilo de apresentação mais formal (MAYER, 2014).

Durante a apreciação de um vídeo educativo, o estudante precisa manter o foco de uma forma **sustentada e seletiva**, pois isso promove a plasticidade neuronal e o aprendizado. A atenção à tarefa solicitada gera um efeito potencializado em seu desempenho final.

Em estilos de vida normais, muitos tipos de efeitos de distração (visíveis, auditivos e suas combinações) ofuscam a atenção enquanto é realizada qualquer tarefa. Noam et al. 2020 identificaram um interesse mais eficaz como a seleção de animações emocionantes, ignorando diferentes provocações de distração dentro do ambiente ao seu redor. Esses distratores desempenham um papel fundamental na análise do método da coleta do sinal cerebral (NOAM, 2020).

Os Recursos Educacionais envolvendo mídias são um bom ponto de partida para o ensino de conceitos de educação científica, mas assistir a vídeos desinteressantes não é eficaz nem desafiador (CHERRETT, 2009). Elementos interativos mudaram a natureza dos vídeos, transformando-os de materiais de aprendizagem indiferentes em materiais de aprendizagem ativos. Segundo Leeder (2000), essa interatividade é caracterizada por termos como navegação, investigação, exploração, seleção e ação. Esses elementos do recurso fazem com que ele seja um potencial desencadeador das emoções.

3.2 Realidade Virtual

A realidade virtual possui características de visualizações totalmente sintéticas. Hoje em dia, os ambientes virtuais permitem que os usuários criem conteúdos e explorem os Recursos com diversas interações propostas (OPENSIMULATOR, 2022). O usuário é instigado a criar novos objetos artísticos. A realidade virtual é uma tecnologia emergente que é capaz de criar ambientes realistas com a reprodução de cenários da vida real. Ela traz a inclusão de elementos do ambiente real para um ambiente virtual. Vários usuários podem colaborar uns com os outros em tempo real; uma sensação compartilhada de espaço, presença, interação em tempo real por gestos, texto, voz etc. Esse recurso educacional traz elementos desencadeadores dos estados de emoção e abre muitas possibilidades para inovações em áreas como a educação.

3.3 Inteligência Artificial da ALEXA

A Inteligência Artificial (IA)¹¹ se refere a teorias e tecnologias que permitem às máquinas aprenderem com a experiência do usuário e realizar vários tipos de tarefas, semelhantes a criaturas inteligentes. A IA foi proposta pela primeira vez em 1956. Nos últimos anos, ela alcançou um desempenho de ponta em vários cenários de aplicação. IA é um conceito amplo, incluindo representação, raciocínio e mineração de dados (MCCARTHY, 1998).

As assistentes pessoais inteligentes permitem que os usuários interajam com os computadores de uma forma mais natural e sofisticada, embora ainda haja poucas pesquisas no Brasil com o uso dessa tecnologia na educação. As assistentes virtuais podem ser vistas como um novo subtipo de IA que requer novas pesquisas para estudar sua influência (TERZOPOULOS; SATRATZEMI, 2019).

Os algoritmos encontrados no desenvolvimento da ALEXA ajudam as assistentes virtuais a reconhecer melhor os enunciados dos usuários sem a necessidade de treinamentos autogerados (KLOOS et al., 2020). O exemplo da ALEXA da Amazon oferece suporte aos usuários para realizar tarefas diárias por meio da interface de voz avançada. A compreensão e o processamento da linguagem natural acontecem em uma nuvem hospedada pela Amazon e todos os usuários precisam de um dispositivo autônomo, como o ALEXA Echo Dot¹² da Amazon¹³ (KLOOS et al., 2020).

As assistentes de voz têm vários recursos interessantes em pesquisas sobre o ensino de ciências, as chamadas “**skills**”¹⁴. Essas com conteúdo de ciências e suas narrativas, por exemplo, podem ajudar a manter um estudante com mais foco e engajado com as suas habilidades propostas, ser um complemento para o professor em seu planejamento e fazer uso de sua capacidade intelectual. Nas Figuras 8 e 9 são apresentados os modelos de dispositivos da ALEXA da Amazon.

¹¹ IA: O que é a inteligência artificial? A inteligência artificial é um ramo da ciência da computação que busca simular a inteligência humana em uma máquina.

¹² Echo Dot: A Echo Dot é a versão "mini" da Amazon Echo, assistente virtual da fabricante. O gadget funciona com a assistente de voz ALEXA, respondendo a comandos, reproduzindo músicas e interagindo com o usuário.

¹³ Amazon disponível em: amazon.com.br

¹⁴ Skills: habilidades desenvolvidas com estudos e conhecimentos para o uso com a ALEXA.

Figura 8 - Modelos de dispositivos ALEXA



Fonte: Site da Amazon (2022).

Figura 9 - Echo Dot



Fonte: Da autora (2022).

Na Figura 10 é apresentada as skills da ALEXA da Amazon adicionadas recentemente e outras habilidades apresentadas na conta do usuário.

Figura 10 - Skills da ALEXA da Amazon

ADICIONADAS RECENTEMENTE	TODAS AS HABILIDADES	EXIGE ATENÇÃO
	Biologia daHora - Hematologia <i>"Alexa iniciar biologia hematologia"</i>	
	Tecnologia daHora - Inteligência Artificial <i>"Alexa abra Tecnologia Inteligência Artificial"</i>	
	Química daHora - Introdução à Eletroquímica <i>"Alexa abra introdução à eletroquímica"</i>	
	Física daHora - Acústica <i>"Alexa abra física acústica"</i>	
	Física daHora - Calorimetria <i>"Alexa abra física calorimetria"</i>	
	Curiosidades sobre os Planetas <i>"Alexa abrir viagem aos planetas"</i>	

Fonte: Site da Amazon (2021).

As funções usadas são: responder a perguntas feitas por usuários; reproduzir música de serviço streaming; definir temporizador e alarmes; jogar jogos; fazer chamadas ou enviar mensagens; fazer compras; fornece informações sobre o tempo e pode ser utilizada como um recurso educacional (AMAZON, 2022).

4 METODOLOGIA

4.1 Participantes da Pesquisa

Os estudos foram desenvolvidos por meio de uma pesquisa quantitativa que envolve o processamento de sinais de EEG e análise e classificação dos dados de respostas dos participantes. A pesquisa foi desenvolvida com os estudantes voluntários, inicialmente com estudantes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), de Porto Alegre-RS, e do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) citados na introdução em cada estudo específico e em outro momento com os participantes de proximidade da pesquisadora, visto que ocorreu o distanciamento social sendo observado por conta da pandemia de COVID-19.

Os estudantes escolhidos estavam em nível médio e de graduação e são detalhados em cada amostra e estudo realizado. Por se tratar de um estudo de caráter quantitativo, a amostragem utilizada foi de um total de vinte e três participantes, entre os que foram voluntários durante os estudos dos artigos descritos abaixo, um número específico de cinco participantes para a finalização do estudo com o recurso educacional em vídeo e um último experimento com um participante com o uso da AI (Inteligência Artificial) ALEXA¹⁵ da Amazon.

4.2 Procedimentos

Antes de iniciar a etapa de experimentos, os participantes foram informados sobre os procedimentos dos registros de dados e o processo de avaliação de cada estímulo. Posteriormente, o participante realiza a colocação do *headset* para garantir a leitura correta dos dados. Além disso, é identificado se o participante está confortável ao estar utilizando o equipamento do sensor.

Durante cada experimento, foram apresentadas as tarefas e os recursos educacionais para identificar os estados de emoção. No Quadro 3 são apresentados os procedimentos do estudo realizado.

¹⁵ <https://alexa.amazon.com.br/spa/index.html#cards>

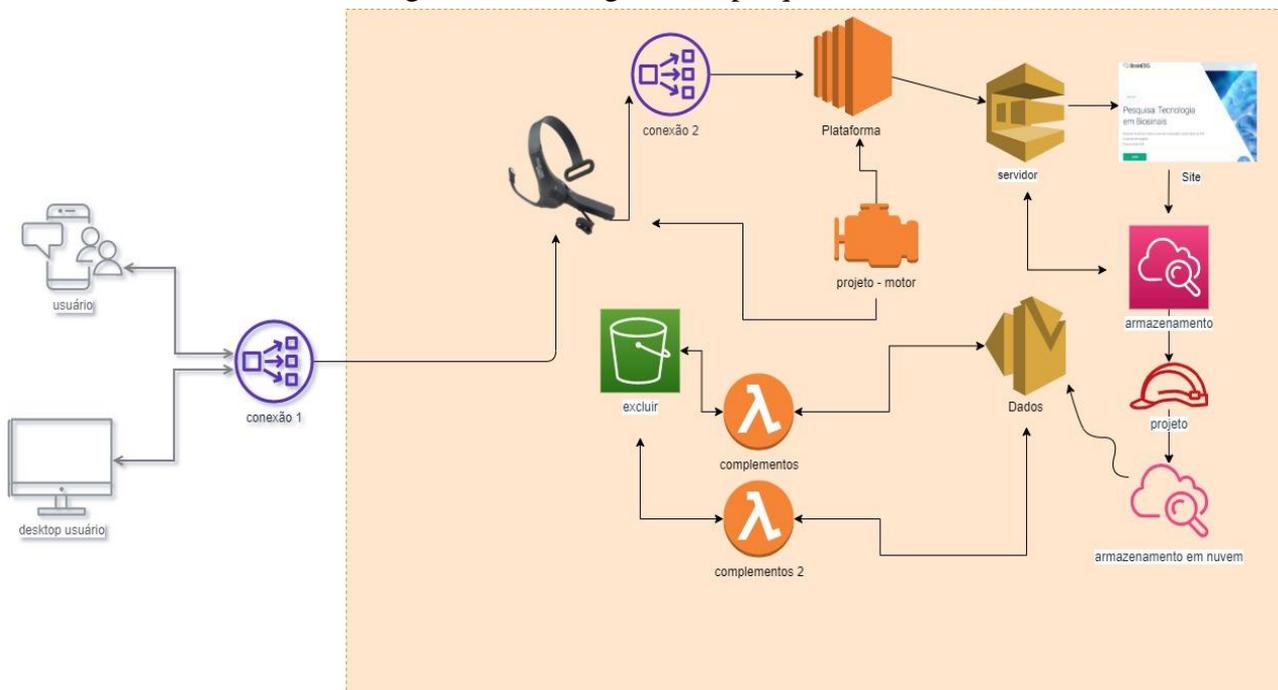
Quadro 3 - Procedimentos dos estudos

Etapas	Procedimentos
E1	Para dar início aos testes, foi realizada a configuração do ambiente para as atividades. Dois Notebook com o Sistema Operacional Windows com sistema Neuroexperimenter instalado; Dois sensores <i>Neurosky</i> Mindwave EEG e o Sensor EMOTIV;
E2	Exposição sobre o roteiro da atividade proposta aos participantes. Nesse momento ocorre a explicação sucinta do projeto, apresentação do funcionamento do sistema de armazenamento BrainEEG e do software de coleta de dados juntamente com a apresentação dos sensores. Esclarecimento do experimento, informando ao participante quais dados serão capturados.
E3	Organização e montagem do equipamento. Durante os primeiros testes foi necessário posicionar o eletrodo do Sensor. Organizar o sensor no participante conforme recomendações do fabricante.
E4	Conexão do Sensor EEG; Nesta etapa foi utilizado o uso do software Neuroexperimenter. Ainda foi necessário energizar o EEG. No Emotiv EEG verifica-se os dois LEDs do receptor estão ligados e constantes. No <i>Neurosky</i> é preciso verificar se o led de cor vermelha esteja ligado. Após abrir o software e verificar se está ocorrendo a conexão via bluetooth.
E5	Ajustes na qualidade do sinal nos sensores Verificou-se a colocação de eletrodos em que até 80% deles estejam com o sinal excelente. Para restante dos 20%, é aceito apenas eletrodos em que o sinal esteja em um nível inferior a qualidade máxima.
E6	Cadastrar participante na base de dados do Sistema. Nesta etapa foi utilizada a interface gráfica do Sistema e do Software do equipamento para cadastro do participante. Após esses dados cadastrados, os dados foram arquivados por participante.
E7	Configuração do Sistema. Realizou-se a configuração no sistema por meio dos parâmetros da análise, informando o professor, pesquisador e o participante. Para o uso do sensor <i>neurosky</i> Mindwave 1 canal RAW (dados brutos) (FP1), dados brutos e os demais 14 canais no Emotiv EEG, com as características de atenção, engajamento, stress, interesse, excitação, foco e relaxamento.
E8	Protocolo de coleta de dados; Deu-se o início ao estudo junto ao participante e sua avaliação. Ao mesmo instante, iniciou-se a coleta de dados e registros junto ao sistema.
E9	Término do estudo; Após realizado o exame, previamente já estipulado no tempo determinado de atividades, a análise é encerrada. O pesquisador acessa o sistema até a tela de coleta de dados do software para salvar e arquivar os resultados. Após é desligado o equipamento.
E10	Retirada do Sensor: Desligar o sensor e removê-lo cuidadosamente da cabeça do participante.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Cabe salientar que os dados coletados para a pesquisa estão armazenados em mídia eletrônica particular por cinco anos, em um documento protegido por senha, sob a responsabilidade da pesquisadora. Na Figura 11 é apresentada o fluxograma da pesquisa.

Figura 11 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Seguindo os procedimentos descritos, foram realizados quatro experimentos, como seguem:

Experimento 1: Investigação da atenção em realidade virtual. Nesse estudo, dados de sete participantes foram registrados. Nesse experimento, os recursos educacionais utilizados foram a leitura de um texto sobre o conteúdo vs. utilização da realidade virtual com imersão no ambiente do museu virtual sobre o mesmo conteúdo de introdução à computação. Os resultados estão descritos no capítulo 5.2 no artigo B.

Experimento 2: Nesse experimento, o recurso educacional utilizado foi a utilização de vídeos educacionais vs. vídeos publicitários com diferentes animações, classificando o estado de emoção e expressões faciais. Para esse estudo, os dados de dez participantes foram capturados. Cada participante foi avaliado de acordo com cada estímulo proposto durante a exibição dos vídeos. Os resultados do experimento estão descritos no capítulo 5.3 artigo C.

Experimento 3: Nesse experimento o recurso educacional utilizado foi o uso de vídeos educacionais convencionais vs. vídeos interativos sobre o conhecimento dos estudos do cérebro. É considerado o registro de dados de cinco participantes. Cada estímulo foi observado em um intervalo de tempo em que o estímulo é apresentado, a magnitude da onda para cada frequência e a avaliação do participante. Por fim, os dados obtidos de EEG do sinal são digitalizados em um arquivo para cada usuário. Os resultados desse experimento estão descritos no capítulo 6, na sessão 6.1 em resultados do experimento 3.

Experimento 4: Nesse experimento é considerado o registro de dados de um participante ao fazer a utilização de uma assistente virtual da Amazon (ALEXA) ao utilizar uma skill, componente da ALEXA com o conhecimento em Biologia. A skill Biologia da Hora-Hematologia ¹⁶ foi utilizada. Essa skill aborda conhecimentos sobre áreas da biologia e conhecimentos específicos sobre hematologia. O participante interage com a ALEXA em um Quiz de conhecimentos com perguntas de múltipla escolha com repostas de a,b,c. Ao mesmo tempo em que ocorrem as interações com o Quiz, o participante é mapeado com as atividades cerebrais com o sensor da EMOTIV. Os resultados desse experimento estão descritos no capítulo 6, na sessão 6.2 em resultados do experimento 4.

Para todos os experimentos acima citados, os componentes de interação são observados, a medida dos sinais, o processamento dos sinais, a extração do sinal de cada sensor aplicando uma passagem de banda de filtro entre 0,2 e 40 Hz. O resultado das observações é a conversão em dados nas frequências do sinal delta (0,5–4 Hz), teta (4–8 Hz), alfa (8–15 Hz), beta (15–30 Hz). Com o desempenho de classificação dos sinais foram realizados uma amostra estatística para a observação dos desempenhos significativos citados em cada experimento. No Quadro 4 são mostradas a descrição dos experimentos realizados.

¹⁶ https://www.amazon.com.br/Voxall-Biologia-daHora-Hematologia/dp/B08B1TFZLL/ref=sr_1_104?qid=1636563070&rnid=17938239011&s=alexa-skills&sr=1-104

Quadro 4 - Descrição dos experimentos realizados

Experimento	Recurso Educacional	Headset	Número de participantes
1	Leitura de texto vs. Realidade Virtual	<i>NEUROSKY</i>	7
2	Vídeo Educacional vs. Vídeo Publicitário com animação	EMOTIV	10
3	Vídeo Convencional vs. Vídeo Interativo	<i>NEUROSKY</i>	5
4	Skill educacional	EMOTIV	1

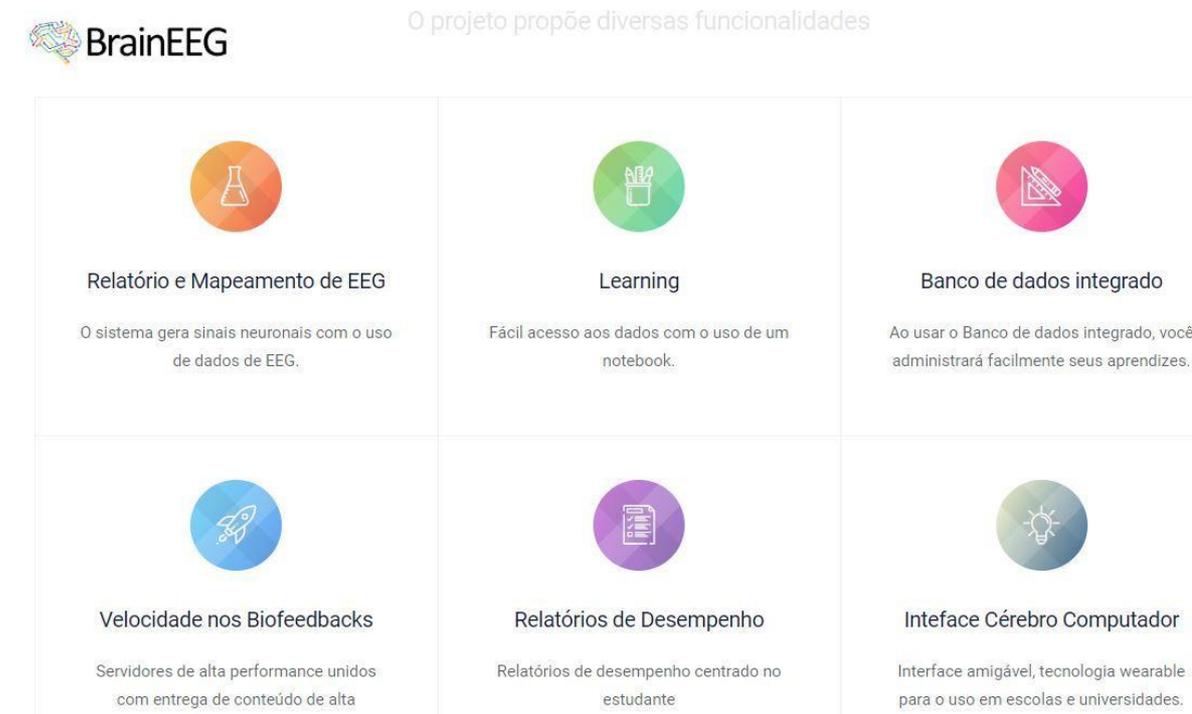
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.3 Projeto de Desenvolvimento do Sistema

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizada a tecnologia PHP¹⁷. Para essa parte da pesquisa também foi utilizado o repositório na nuvem do GitLab com o conteúdo do projeto, vinculado ao website. Para podermos hospedar o sistema na nuvem, foi criada uma conta de hospedagem em nome da pesquisadora para logar com os acessos de usuário administrador. O endereço do website é <http://andreiabos.com.br>. Na Figura 12 são mostradas as funcionalidades no site do projeto.

¹⁷ PHP: Linguagem de programação para a confecção do site.

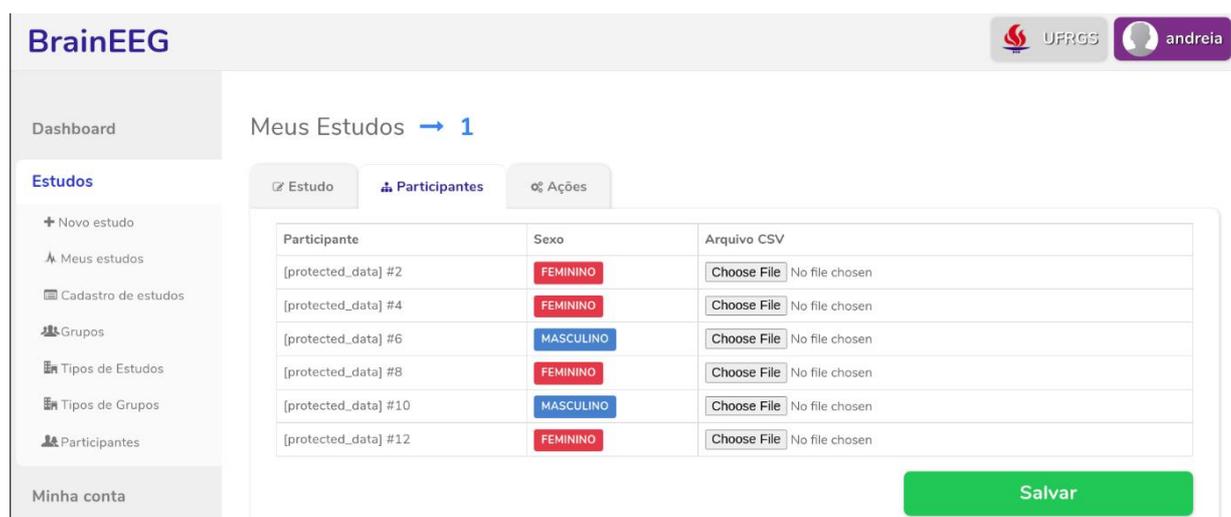
Figura 12 - Site do projeto



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na figura 13 são mostradas as funcionalidades de armazenamento de dados, usuários, área do professor e a consulta aos exames.

Figura 13 - Sistema de armazenamento de dados

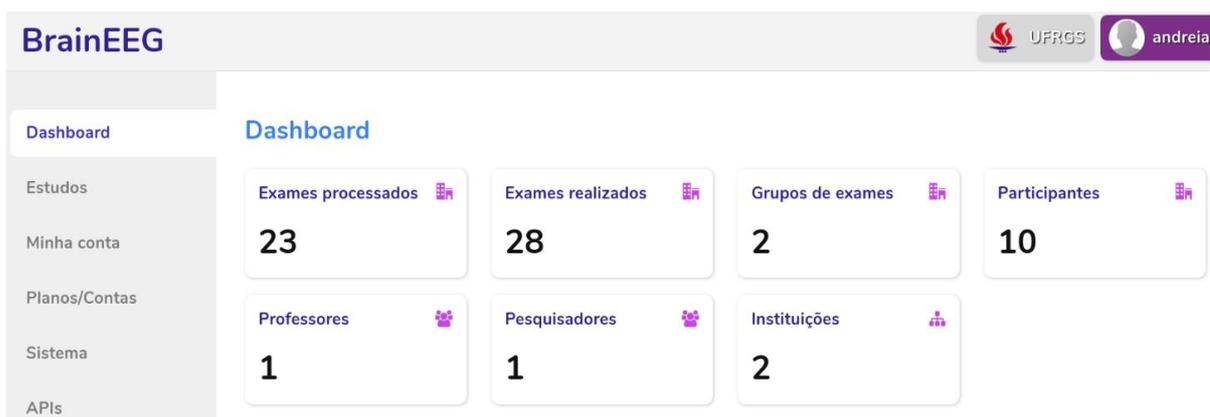


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O Sistema denominado BrainEEG teve o propósito de auxiliar na pesquisa. Também foi possível comparar resultados de exames de forma relacional.

Nas Figuras 14,15 e 16 são apresentadas as interfaces do sistema com dashboard, registro de participantes e cadastro das amostras.

Figura 14 - Dashboard do sistema BrainEEG



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 15 - Registro dos participantes

The screenshot shows the 'Meus Participantes' (My Participants) page in the BrainEEG system. The page features a search bar and a table with 15 rows of participant data. Each row includes an ID, a name (redacted as '[protected_data] #'), the institution (UFRGS), the professor (Andreia Solange Bos), the sex (MASCULINO or FEMININO), and the birth date. Action icons for edit and delete are present for each entry.

ID	Nome	Instituição	Professor(a)	Sexo	Data nasc.
00000001	[protected_data] #1	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	02/10/1993
00000002	[protected_data] #2	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	08/02/1991
00000003	[protected_data] #3	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	13/05/1980
00000004	[protected_data] #4	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	21/03/1986
00000005	[protected_data] #5	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	15/04/1999
00000006	[protected_data] #6	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	12/12/1994
00000007	[protected_data] #7	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	12/04/1994
00000008	[protected_data] #8	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	13/11/1999
00000009	[protected_data] #9	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	26/12/1996
00000010	[protected_data] #10	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	09/02/1999
00000011	[protected_data] #11	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	21/08/1994
00000012	[protected_data] #12	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	25/03/1999
00000013	[protected_data] #13	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	03/05/1999
00000014	[protected_data] #14	UFRGS	Andreia Solange Bos	MASCULINO	26/08/1999
00000015	[protected_data] #15	UFRGS	Andreia Solange Bos	FEMININO	10/02/2002

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 16 - Cadastro das amostras e grupos de estudantes

The screenshot shows the 'Exames' (Exams) page in the BrainEEG system. The form includes fields for 'Tipo de exame' (set to 'Vídeo convencional'), 'Tipo de grupo' (set to 'grupo de teste'), 'Embed do vídeo' (containing the letter 'I'), and 'Link do vídeo'. Below these is a rich text editor for 'Descrição do exame' containing the text 'dxddd'. A video preview window in the bottom right corner shows a live video feed of a person.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No sistema foi possível armazenar os dados coletados, agrupar os resultados de forma organizada por instituições/grupos/professores e gerar gráficos dos resultados dos exames de forma automatizada.

5 ARTIGOS PUBLICADOS

5.1 Artigo A Revisão da Tecnologia Interface Cérebro Computador: Uma perspectiva Educacional¹⁸

REVISÃO DA TECNOLOGIA INTERFACE CÉREBRO COMPUTADOR: UMA PERSPECTIVA EDUCACIONAL

Resumo: Esse estudo descreve o potencial uso de sensores EEG¹⁹ no uso em educação com interfaces da computação. O sensor é utilizado principalmente em alguns tópicos de pesquisa: comportamento interativo, aprendizagem e entretenimento. Os dispositivos portáteis EEG foram desenvolvidos principalmente pelas empresas *NeuroSky* e *Emotiv*. Como o EEG ainda está em fase de desenvolvimento, foram encontrados dois grandes desafios: o pareamento e o acesso aos dados dos dispositivos. Ainda faltam estudos na investigação de todos os aspectos cognitivos.

INTRODUÇÃO

Uma interface cérebro computador, às vezes chamada de interface neural direta ou interface cérebro máquina, é uma comunicação direta entre um cérebro e um dispositivo externo, como o computador. Atualmente existe uma lacuna de comunicação entre computadores e humanos que pode ser reduzida com o uso de sensores disponíveis na indústria. Portanto, é muito importante conhecer as tecnologias inerentes à medicina, à tecnologia e à educação em busca de sensores que possam informar a resposta biológica humana na realização de tarefas, nesse caso com foco em educação.

A tecnologia de EEG (Eletroencefalograma) portátil é uma ferramenta útil para pesquisas baseadas em evidências. Os sensores portáteis utilizados no EEG registram sinais elétricos cerebrais a partir do contato com a pele transcrevendo em forma de sinal elétrico digital a intensidade das ondas cerebrais. O processo de análise de dados poderá ser realizado a partir dos dados brutos, não processados, objetivando transformá-los em informação inerente à pesquisa a ser realizada. Alguns equipamentos, como o Eletroencefalograma *Emotiv* disponibilizam aos desenvolvedores a biblioteca de pós-processamento com informações relativas aos dados captados em tempo real, tais como

¹⁸ Artigo publicado em: <https://seer.faccat.br/index.php/redin/article/view/1411>

¹⁹ EEG: Eletroencefalografia é um método de monitoramento eletrofisiológico que é utilizado para registrar a atividade elétrica do cérebro.

nível de atenção, foco engajamento, entre outros. Assim, o EEG foi reconhecido como a verdadeira “janela da mente” (NUNEZ & SRINIVASAN, 2006). O primeiro cientista a registrar os dados de EEG humano foi Hans Berger, em 1924. Desde então seu princípio fundamental não mudou.

Eletrodos colocados no couro cabeludo medem as flutuações de tensão resultantes dos fluxos de corrente iônica dentro dos neurônios do cérebro como resultado da atividade cerebral. Os sinais são filtrados e a análise computadorizada auxilia na visualização das gravações conhecidas como EEG quantitativo ou mapeamento de EEG. Uma outra aplicação potencial de EEG é a análise de diferentes padrões de EEG conforme diferentes situações externas na determinação da biodisponibilidade cerebral.

Nos estudos de interfaces cérebro-computador, o EEG atua como um tipo de medida psicofisiológica utilizada para obtenção de métricas mentais. Os sensores registram por meio do couro cabeludo e os eletrodos posicionados no lobo frontal do cérebro e demais posições da cabeça. Recentemente os sensores estão sendo colocados em campos como a educação por exemplo, incluindo design de interface computador, jogos e pesquisas em neuroeducação (BOS et al, 2019a).

A análise das ondas cerebrais está bastante avançada na área da saúde, porém ainda pouco explorada com análises em ambientes como a sala de aula. Com os avanços da tecnologia, os equipamentos de EEG estão se tornando cada vez mais portáteis, sendo possível coletar dados mais precisos de atividades cerebrais, apenas com a facilidade de uso dos sensores atuais.

A neuroeducação e o desvendar dos estudos do cérebro na sala de aula podem contribuir para a educação mais justa e menos excludente. Assim o professor tem a possibilidade de compreender melhor como ensinar, existindo diferentes maneiras de aprender (RELVAS, 2012), sendo que as escolas necessitam estar atualizadas com as evidências da neurociência. De acordo com Lent 2001, é necessário integrar as contribuições da pesquisa para alcançar como ocorre o funcionamento do cérebro (LENT, 2001).

REVISÃO DA LITERATURA

Os dispositivos comerciais de interface cérebro-computador estão surgindo no âmbito da educação, podendo ser aplicados em sala de aula. Esses dispositivos não invasivos traduzem biosinais elétricos de um cérebro diretamente em comandos de computador, transformando a aplicação do pensamento em ação.

Pesquisas realizadas por Woolf (2009) usaram o EEG para detectar a emoção de um usuário, identificando o momento apropriado para intervir na aprendizagem. Um modelo afetivo também foi aplicado para medir o feedback. No trabalho de Bos et al, 2019b, é realizado um estudo sobre os estados de atenção do estudante com o uso de vídeos interativos utilizando um framework aberto como forma de investigar os tipos de atenção. As mensurações encontradas mostram o estado mais efetivo do estudante.

Robison et al encontraram certas emoções afetadas pelo feedback mais do que outros, e o momento em que o feedback é registrado evitando estados negativos.

Wei & Ma (2017) utilizaram o *NeuroSky* Mindband para investigar as influências da atenção visual e do tempo de leitura em crianças e adultos enquanto liam álbuns de imagens impressas.

Chen & Lin (2016) usaram o dispositivo *Neurosky* no âmbito de leitura móvel que mediu mudanças nos estados de atenção do estudante quando apresentado com o mesmo conteúdo de aprendizagem em diferentes abordagens (postura sentada, em pé e andando).

Na Colômbia, foi implementado o design de uma interface neuronal para pessoas com deficiência motora, apresentando uma alternativa para a leitura de sinais cerebrais a baixo custo, adaptando um sensor comercial *Neurosky* MindWave e uma placa Arduíno a um sistema BCI (RODRÍGUEZ e MILLÁN, 2017).

E ainda outros trabalhos de Chen & Huang, (2014) aplicaram o sensor para avaliar a atenção sustentada dos estudantes, no âmbito da leitura na web.

Com relação à tecnologia de EEG, a maioria possui a tecnologia sem fio e sem dor, não invasiva para usuários em testes e monitoram os correlatos neurais associados a diversos comportamentos e atitudes nos processos mentais.

A alta tecnologia na área da saúde está começando a comprovar e trazer evidências sobre o aprendizado no cérebro e como melhorar a atenção dos estudantes. Universidades famosas

como MIT²⁰, Universidade de Yale²¹ e a Universidade de Stanford²², entre outras, já têm estudos avançados sobre.

A Revisão Literária nos traz informações relativas a aplicações dos sensores utilizados em EEGs em diversas áreas tais como: tecnologias assistivas, educação e treinamento, controle de máquinas, visitas virtuais entre outros. Nesse trabalho serão abordadas as temáticas Educação e Treinamento.

SENSORES NO ÂMBITO DA EDUCAÇÃO

Os componentes para essa pesquisa incluem dois dispositivos para leitura da atividade cerebral considerando a atenção com os dispositivos de EEG: *Neurosky* Mindwave e o dispositivo Emotiv Insight.

Sensor *Neurosky* Mindwave

O dispositivo *NeuroSky* Mindwave calcula os sinais de EEG para produzir os “eSense Meters”, baseado em um algoritmo patenteado pela *Neurosky*. Existem padrões para a atividade elétrica que são analisados com a ajuda de algoritmos especializados, convertendo os sinais do EEG em comandos de controle. O dispositivo *NeuroSky* utiliza um único sensor preso à testa do lado de fora do córtex cerebral no lobo frontal do cérebro, sendo assim encarregado pelo nível de atenção e tarefas de memória de curto prazo (*NEUROSKY*, 2019).

O dispositivo da *Neurosky* é utilizado para extrair os níveis de atenção e meditação do usuário. Um dispositivo vestível que mede a atividade cerebral do EEG usado ao redor da testa. Os sinais coletados por eletrodos secos são filtrados e interpretados pelo firmware dentro do dispositivo para fornecer uma linha de sinal contínuo.

As cinco frequências cerebrais são Gama de 30 a 100 Hz, Beta de 12 a 30 Hz, Alpha de 8 a 12 Hz, Theta de 4 a 7 Hz e Delta de 1 a 4Hz. Na figura 2, é demonstrado o exemplo da onda cerebral e na Tabela 1 são apresentados os tipos de frequências.

²⁰ MIT: Instituto de Tecnologia de Massachusetts;

²¹ Universidade YALE: A Universidade Yale é uma instituição de Ensino Superior privada norteamericana situada em New Haven;

²² Universidade de STANFORD: é uma universidade de pesquisa privada situada em Palo Alto, Califórnia, Estados Unidos.

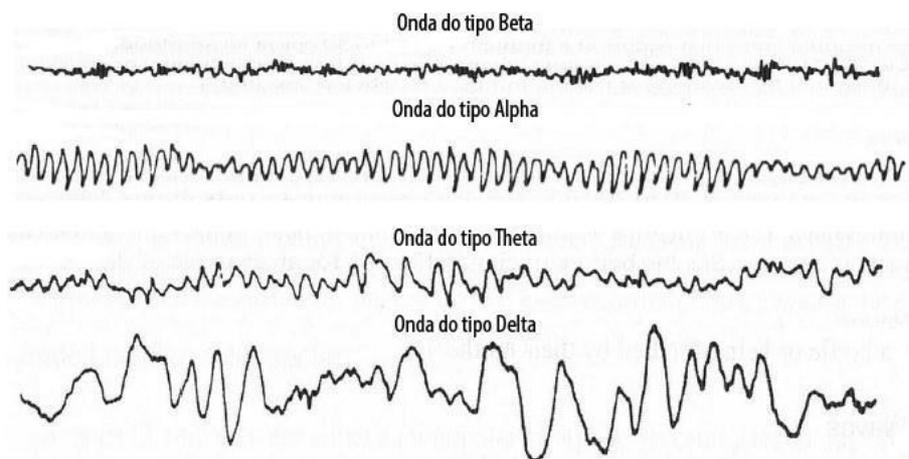


Figura 2. A forma de ondas cerebrais (Fonte: C. Tallon- Baudry 1999)

Tabela 1. Tipos de frequências Fonte: Do autor

Tipos de Frequência	Alcance de Frequência	Estado Mental
Delta	0.1Hz a 3Hz	Sono Profundo
Theta	4Hz a 7Hz	Criativo
Alpha	8Hz a 12Hz	Imaginação / Sonhos
Low Beta	12Hz a 15 Hz	Relaxamento e Foco
Gama Média	16Hz a 20Hz	Consciente
High Beta	21Hz a 30Hz	Alerta/ agitação

Sensor EEG Emotiv Insight

O sensor EEG da Emotiv, Insight, possui cinco canais, AF3, AF4, T7, T8, Pz. As medidas ocorrem no couro cabeludo conforme a localização dos eletrodos citados. A conectividade é sem fio via bluetooth. O sensor EEG Emotiv tem suas medidas como o engajamento, que é um estímulo relevante, medindo o nível de imersão do usuário. A medida do estresse elevado resulta em uma dificuldade de completar uma tarefa. O interesse define-se

como o grau de atração, a incitação do ambiente ou atividade realizada. Medidas de excitação são uma consequência fisiológica a partir de uma ação de valor positivo, caracterizada pelo sistema nervoso simpático.

As medidas de foco são uma medida de atenção fixa para uma determinada tarefa. O foco em alto nível leva à atenção do usuário. As medidas de relaxamento têm a capacidade de se desligar ou recuperar após uma concentração intensa (EMOTIV, 2019). Os eletroencefalogramas (EEG) adquirem os potenciômetros elétricos produzidos pelo cérebro (BRONZINO, 1999, p.253) interpretando os dados obtidos de diferentes partes do cérebro.

Os eletrodos do Emotiv não captam sinais de amplitude muito pequena, eles apenas analisam sinais de maior amplitude. Sendo assim, os sinais só podem ser medidos considerando uma região com um aglomerado de neurônios. Juntos eles acumulam energia suficiente para serem detectados pelo sensor (KIRSCHSTEIN, 2008). Na imagem 3 é mostrada o sensor EEG da Emotiv Insight.



Figura 3. Sensor EEG Emotiv Insight 5 canais (Fonte: Emotiv, 2019)

O algoritmo usado recebe dados do dispositivo em tempo real e classifica-os com as frequências cerebrais. Os dispositivos de EEG são ótimas opções para as pesquisas em educação, pois é possível mapear as atividades elétricas dos estudantes durante a execução de uma tarefa, por exemplo.

É possível realizar intervenções para que seja monitorada uma ação elétrica na intensidade do sinal cerebral. Pelo fato de os sensores serem não invasivos, é possível rastrear sinais elétricos através do crânio, o que torna esse método vestível e de fácil acesso à pesquisa educacional. Na figura 4 é mostrada a posição dos eletrodos do sensor.

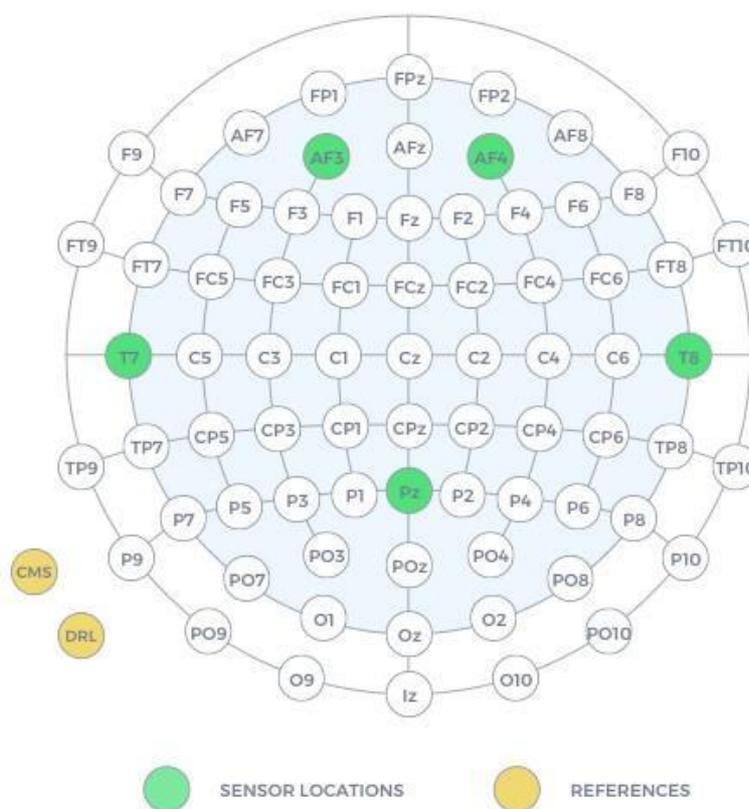


Figura 4. Posição dos eletrodos do emotiv insight (Fonte: Emotiv)

Os dispositivos podem rastrear apenas a atividade cerebral, ou seja, a intensidade da ação elétrica que ocorre no cérebro. À medida que a tecnologia evoluiu, pode-se construir dispositivos que podem estar ocultos e acoplados em bonés, chapéus, óculos etc. Os sensores cerebrais podem ajudar os professores a ter um feedback direto sobre o desempenho dos estudantes ou uma orientação de como melhorar o tempo na atividade. O cérebro só percebe o

mundo por meio de outras partes funcionais do corpo, olhos e ouvidos, então, para entender melhor as ondas cerebrais, é preciso rastrear melhor as funções biológicas.

CONSIDERAÇÕES

Os estudos empíricos mostram que os sensores EEG são ferramentas relevantes para o uso em pesquisas educacionais utilizadas com interfaces cérebro-computador. Alguns artigos encontrados citam que a técnica ainda está em estágio inicial de desenvolvimento. Há, portanto, uma aparente lacuna na aquisição de dados em sinais elétricos do cérebro por se tratar de um computador biológico humano e sempre em constante evolução.

Com o rápido desenvolvimento no mercado de dispositivos portáteis, os sensores são impulsionados pelas melhorias nas funcionalidades e capacidade de processamento dos dispositivos móveis bem como a sua respectiva resolução. Na área de aplicativos, especificamente no monitoramento cerebral, existe uma ascendente evolução, nos oportunizando aprimorarmos aplicativos para realizar as medições neurais; equipamentos antes somente disponíveis em hospitais com alto custo de aquisição.

Apesar de ter à disposição equipamentos com resolução médica para testes em ambientes não invasivos como hospitais, é preciso reconhecer que mais pesquisas são necessárias para melhor compreensão, confiabilidade e a validade dos equipamentos utilizados com suas devidas limitações, pois o cérebro humano não é estático e os estudos de sua funcionalidade ainda encontram-se em fase inicial da compreensão humana.

O uso de dispositivos móveis pelos professores para obter feedback em tempo real corrobora para eficácia no ensino (BOS et al, 2019a). Ao mesmo tempo em que o estudante está assimilando conteúdo em uma situação de atenção ou não atenção, o professor pode verificar esse estímulo em tempo real, alterando sua prática, enquanto a aula ainda está acontecendo. Finalmente, concluímos que o uso de sensores para o mapeamento da atividade cerebral são ferramentas importantes para ajudar professores durante o processo de ensino (BOS et al, 2019). Pesquisas adicionais são necessárias, com o uso do rastreamento ocular durante a visualização e leituras com os estudantes, além de propor narrativas visuais para detectar provocações durante o processo em uma sala de aula tradicional e aulas com o uso de tecnologias vestíveis estimulando o uso de sensores para mapear a intensidade cerebral.

Agradecimentos: Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS

BADCOCK, P. MOUSIKOU, Y. MAHAJAN, P.DE LISSA, J. THIE, G. MCARTHUR Validation of the Emotiv EPOC® EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs PeerJ (2013), pp. 1-17,10.7717/peerj.38

BOS, A.; PRESTES, L.; PIZZATO M.; ZARO M. (2019b). Vídeos Educativos:Investigação da Atenção e o Mapeamento do Aprendizado Ativo. In: Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa. Maringá: Uniedusul Editora.

BOS, A. S., HERPICH, F., KUHN, I., GUARESE, R. L. M., TAROUCO, L. M. R., ZARO, M. A., ... WIVES, L. (2019). Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. *Journal of Educational Computing Research*. vol.57, n.7 <https://doi.org/10.1177/0735633119854033>

BRONZINO, JOSEPH (1999). Biomedical engineering handbook (Vol. 2). *Bioelectric phenomena*.

C. TALLON-BAUDRY AND O. BERTRAND, Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation, Trends in Cognitive Sciences,

COLLURA, TF História e evolução de instrumentos e técnicas eletroencefalográficas. J. Clin. Neurofiol. 10, 476 - 504 (1993).

C.M. CHEN, S.H. HUANG Web-based reading annotation system with an attention-based self-regulated learning mechanism for promoting reading performance British Journal of Educational Technology, 45 (5) (2014), pp. 959-980

C.C. WEI, M.Y. Mainfluences of visual attention and reading time on children and adults Reading & Writing Quarterly, 33 (2) (2017), pp. 97-108

KIRSCHSTEIN T. Wie entsteht das EEG? das neurophysiologie-labor. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439484708000112>, 2008.

MINDWAVE MOBILE. (2019). Página Oficial. Disponível em: <<http://store.neurosky.com/products/mindwave-mobile>>. Acesso: setembro de 2019.

P.L. NUNEZ, R. SRINIVASAN A theoretical basis for standing and traveling brain waves measured with human EEG with implications for an integrated consciousness. Clinical Neurophysiology, 117 (11) (2006), pp. 2424-2435

R. KUBER, F.P. Wright Augmenting the instant messaging experience through the use of brain-computer interface and gestural technologies International Journal of Human-computer Interaction, 29 (3) (2013), pp. 178-

RELVAS, MARTA PIRES. Neurociência na prática pedagógica. Rio de Janeiro: Wak, 2012

ROBISON, S. J., MCQUIGGAN, & J. LESTER, "Developing empirically based student personality profiles for affective feedback models," ITS 2010, pp. 285-295 2010.

RODRIGUEZ, STIVEN Y MILLAN, EDWIN Y ALVAREZ, MERQUIL (2017). "Diseño de una interfaz neuronal para personas con discapacidad motora". En: Redes de Ingeniería. s.e. s.l.

WANG, S; PREECE, K; GWIZDKA, J; CHAOVALITWONGSE, W. Using Wireless EEG Signals to Assess Memory Workload in the n-Back Task. IEEE Transactions on Humam-Machine Systems Vol. 46, No. 3, June 2016.

WOOLF, B. W. BURLESON, I. ARROYO, T. DRAGON, D. COOPER, & R. PICARD, "Affect-aware tutors: Recognising and responding to student affect," International Journal of Learning Technology, vol. 4, no. 3/4, pp. 129164, 2009 .

5.2 Artigo B Student Attention Investigation: The Use of Virtual Reality in Computer Education ²³

INVESTIGAÇÃO DA ATENÇÃO DO ESTUDANTE: O USO DA REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE COMPUTAÇÃO

Student Attention Investigation: The Use of Virtual Reality in Computer Education

Resumo: Essa pesquisa explora os resultados de atenção e meditação em estudos teste realizados com leituras de texto e com experimentos em um museu de realidade virtual que emprega diversas tecnologias, como imagens, vídeos, reconstruções 3D, entre outras. São apresentados os critérios de imageabilidade, interatividade, navegabilidade, personalização e comunicação com o *chatterbot*. Os resultados das análises estatísticas do estado de atenção do estudante são investigados e o impacto da realidade virtual analisado. Evidencia-se vantagem no potencial educacional incorporando complexas construções 3D em um Mundo Virtual imersivo. O presente artigo contribui para a compreensão dos potenciais de atenção no impacto educacional com realidade virtual. Assim sendo, conclusões têm um impacto mais amplo e podem ser generalizadas para serem relevantes após as investigações concluídas.

1 INTRODUÇÃO

Envolver os estudantes na aprendizagem é um princípio básico do ensino de graduação eficaz. Os resultados dos estudantes envolvidos incluem experiências de aprendizagem significativas e habilidades aprimoradas em todos os domínios de aprendizagem. Nesse estudo, analisamos a influência da atenção de estudantes em diferentes formas de aprendizado ativo sobre o desenvolvimento de habilidades cognitivas, psicomotoras e afetivas.

A história da Computação é um assunto importante durante a graduação em computação. Seu domínio é necessário em testes críticos, seleção competitiva e colocação de estudantes. O acesso à internet nas salas de aula permite o aumento do uso da realidade virtual no ambiente escolar, sendo um meio que permite às pessoas simularem o mundo real por meio de modelos 3D e interagir com avatares inteligentes. A interação é semelhante a um cenário do mundo real, portanto, os professores podem usar a plataforma para fornecer experiências de aprendizado enriquecedoras para seus estudantes (BOS, 2015, p. 44).

²³Artigo publicado em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3586>

Essa experiência em ambiente 3D também estimula a motivação dos estudantes para o assunto (SIDDENS, 1999, p.12). Desde 1990, a Realidade Virtual tem sido usada em ambientes educacionais (SIDDENS, 1999, p.13). Atualmente, plataformas de código aberto, como o Opensimulator (OpenSim), surgiram na academia. O OpenSim é uma plataforma que permite que as pessoas criem e personalizem facilmente ambientes 3D que atendam às necessidades educacionais. Hoje a museologia também evoluiu, mudando recentemente o seu foco nas exposições para experiências em 3D aos visitantes virtuais. Ela vê o museu como uma ferramenta educacional no serviço do desenvolvimento da sociedade, um ambiente de aprendizado e prazeroso aos estudantes. Seguindo a mesma lógica, os museus virtuais oferecem aos visitantes virtuais a liberdade de interagir com um diálogo construtivo (BOS, 2015, p.56).

Os elementos dos Mundos Virtuais incentivam a comunicação e a interação entre os estudantes e o público, provocando a participação e o engajamento e, potencialmente, resultam em forte impacto educacional. O conteúdo interativo em 3D pode fortalecer a motivação dos estudantes, desencadear a criatividade e fornece novas abordagens que envolvam visitantes com novas experiências no museu interativo. Isso é baseado na noção de aprendizagem como um:

esforço contínuo, orientado pelo contexto, para dar sentido a uma situação, a fim de sobreviver e prosperar no mundo; um esforço que é melhor visto como interminável explorando o impacto educacional de diversas tecnologias de diálogo entre o indivíduo e seu ambiente físico e sociocultural (GAMMON e BURCH, 2008, p.33.).

A aprendizagem é um processo ativo, de construção de novas ideias, conceitos, atitudes e sua própria identidade, com base em seu conhecimento prévio e experiências (HEIN, 1991; HOOPER-GREENHILL, 2004). Esses são geralmente organizados em estruturas cognitivas específicas, que dão significado a novas experiências. A maioria dos recursos disponibilizados no museu interativo incluem banco de dados on-line e inventários de objetos em 3D, além da inclusão de vídeos e imagens em texturas com informações, cumprindo o escopo educacional da computação. Para motivar os estudantes a se envolverem nas atividades, foi pensado nas exposições e galerias com a história da computação, melhorando seu processo de raciocínio e um aumento da capacidade cognitiva de interagir e entender as informações apresentadas (KATZ *et al.* 2015).

O aprendizado em ambientes virtuais de aprendizagem compartilha a motivação dos estudantes (HEIN, 1991 p. 5). O Open Sim é uma plataforma que permite que as pessoas criem e personalizem facilmente ambientes 3D que atendam às suas necessidades. Devido à capacidade de os estudantes experimentarem situações semelhantes à vida em um espaço ideal, os ambientes de Realidade Virtual ganharam a atenção dos professores e são acessíveis a educadores e professores (HUANG *et al.* 2010), que assim relataram os benefícios educacionais de uma simulação de Realidade Virtual.

Pesquisas anteriores demonstraram que o uso da Realidade Virtual fez com que os estudantes participassem ativamente do processo de aprendizagem (XU; PARK; BAEK, 2011 p.7). Ainda faltam estudos que forneçam dados sobre o que considerar ao projetar e usar um ambiente de aprendizado baseado em Realidade Virtual pelos professores. O presente estudo explorou como os estudantes podem interagir com as representações de conteúdo em 3D, facilitação virtual e atividades de aprendizagem em uma simulação educacional de Realidade Virtual. O objetivo foi examinar a atenção e a experiência com os recursos, fornecendo, assim, potenciais de efetividades sobre o que considerar ao integrar o ambiente de ensino a uma educação de qualidade.

O uso de simulações e realidade virtual no ensino e aprendizagem como um substituto para a vida real e a experiência prática estão se tornando cada vez mais populares, especialmente com os estudantes de hoje em tecnologia (JACOBSON *et al* 2009, p.6). Computadores modernos funcionam com eletricidade. Ela aciona dispositivos e serve como um meio de armazenamento de dados. Contudo, por várias décadas, cientistas se perguntaram se seria possível usar a luz como meio de dados, triturando fótons em vez de elétrons. Engenheiros têm muitos obstáculos na tentativa de criar tal dispositivo. Em tempos presentes, tem havido um interesse renovado em pesquisar computadores baseados na óptica, mas agora é a conservação de energia. Os grandes computadores modernos usados em aplicações pesadas exigem muita eletricidade. Para esse estudo, estamos propondo a investigação das frequências e biosinais da atenção do estudante nos experimentos citados.

1.1 Estados de atenção

Os estados de atenção referem-se a um estado de consciência em que os sentidos estão focados exclusiva e seletivamente sobre os aspectos do meio. Assim sendo, o sistema nervoso central é um estado para responder a incitação (PIMENTEL; ALBUQUERQUE, 2013, p.8).

Vários estudos foram realizados examinando o efeito da atenção na memória em diferentes perspectivas, dividindo a atenção e a recordação da memória (PIMENTEL; ALBUQUERQUE, 2013, p.8).

No trabalho de Bos *et al.* 2019b, é realizado um estudo sobre os estados de atenção do estudante com o uso de vídeos interativos utilizando um framework aberto como forma de investigar os tipos de atenção; as mensurações encontradas mostram o estado mais efetivo do estudante. Em MacLeod e Kampe (1996, p.140), ele propôs que o desvio na atenção entre baixa frequência e alta frequência de palavras “poderia ajudar a minimizar o efeito da frequência atrapalhando a elaboração de alta frequência em palavras e por improvisação a codificação de palavras de baixa frequência”. Ainda, Mulligan (1998 p.5) examinou o papel da atenção na memória propondo que a atenção dividida afeta as medidas de memória. Howe (1998) cita que os tipos de atenção são atenção seletiva, sustentada, alternada, dividida, automática, controlada, auditiva e visual (HOWE, 1998, p.3).

1.1.2 Teorias Educacionais

As teorias de educação dominantes e as técnicas de aprendizagem baseadas em Realidade Virtual implementam e executam essas teorias. Conforme as informações do livro *Arte da Ciência e Ensino* (2018), o modelo de aprendizagem de David Ausubel é investigado, e Eck, R.V. (2006) resume e cita as técnicas de aprendizagem baseadas em jogos. Segundo o conceito de aprendizagem significativa de David Ausubel, os conhecimentos anteriores são identificados como conhecimentos prévios e o estudante necessita de disposição em aprender. Os atributos encontrados foram: a existência do conhecimento prévio que permite a conexão com o novo conhecimento; interação de conhecimentos prévios e novos na estrutura cognitiva; expansão da estrutura cognitiva por meio da incorporação do conhecimento prévio com o novo. A existência de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do estudante gera sentido e significado no sistema cognitivo e que lhe dá a importância segundo a utilidade para sua vida e no cotidiano. A análise conceitual realizada contribui para o estabelecimento de uma definição mais completa da aprendizagem significativa.

Tais esquemas ou modelos mentais permitem que os indivíduos se adaptem, expliquem e interajam com o mundo ao seu redor. Conseqüentemente, a eficácia do museu em relação à aprendizagem depende da capacidade de transmitir informações sobre os objetos e seu contexto

de forma envolvente, significativa, diversificada e autocontrolada (FALK e DIERKING, 2000, p.19).

Quando os estudantes estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, três domínios de aprendizagem como pensamento cognitivo / conhecimento psicomotor / afetivo, fazer e sentir são mais influenciados (BLOOM *et al.* 1956, p.8).

A Neuroeducação e o desvendar dos estudos do cérebro na sala de aula podem contribuir para a educação mais justa e menos excludente. Assim, o professor tem a possibilidade de abranger melhor como ensinar, existindo diferentes maneiras de aprender (RELVAS, 2012), portanto as escolas necessitam estar atualizadas com as evidências da neurociência. De acordo com Lent (2001), é necessário integrar as contribuições da pesquisa para alcançar o funcionamento do cérebro. A seguir, serão abordadas as tecnologias utilizadas durante o estudo.

2 TECNOLOGIAS

2.1 Opensimulator

OpenSim – abreviação de OpenSimulator – é um software livre e de código aberto que permite a qualquer pessoa criar um mundo virtual e rodar em seu próprio computador. O OpenSimulator é um servidor de aplicativos 3D de código aberto multi-plataforma e multiusuário. Ele pode ser usado para criar um ambiente virtual (ou mundo) que pode ser acessado por meio de vários clientes, em vários protocolos. Ele também possui um recurso opcional (Hypergrid) para permitir que os usuários visitem outras instalações do OpenSimulator na Web a partir da instalação ‘local’ do OpenSimulator (2019). Dessa forma, é a base de um metaverso criado.

As características do OpenSim estão citadas a seguir:

- a) Suporta ambientes 3D multiusuários on-line com apenas 1 simulador ou até milhares de simuladores;
- b) Suporta espaços virtuais 3D de tamanho variável;
- c) Suporta múltiplos clientes e protocolos – acessa o mesmo mundo ao mesmo tempo por meio de múltiplos protocolos;
- d) Suporta simulação de física em tempo real, com várias opções de mecanismo;
- e) Suporta clientes que criam conteúdo 3D em tempo real;

- f) Suporta scripts in-world usando LSL / OSSSL;
- g) Fornece capacidade ilimitada de personalizar aplicativos do mundo virtual por meio do uso de módulos de plug-in de cena.

2.2 Mindwave NeuroSky

O *Headset NeuroSky* utiliza um único sensor preso à testa do lado de fora do córtex cerebral no lobo frontal do cérebro, encarregado pelo nível de atenção e tarefas de memória de curto prazo. Assim, ele é utilizado para extrair os níveis de atenção e meditação do usuário, a partir da coleta de biosinais (ondas cerebrais) por eletrodos secos (BOS *et al.* 2019^a). Na Figura 1, é mostrado o *headset* Mindwave da *Neurosky*.

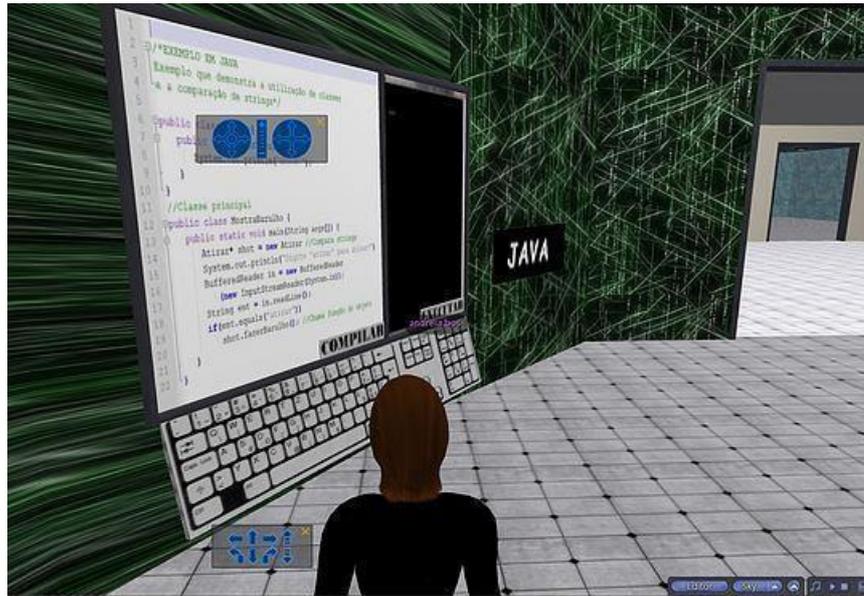
Figura 1 – Sensor Mindwave



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

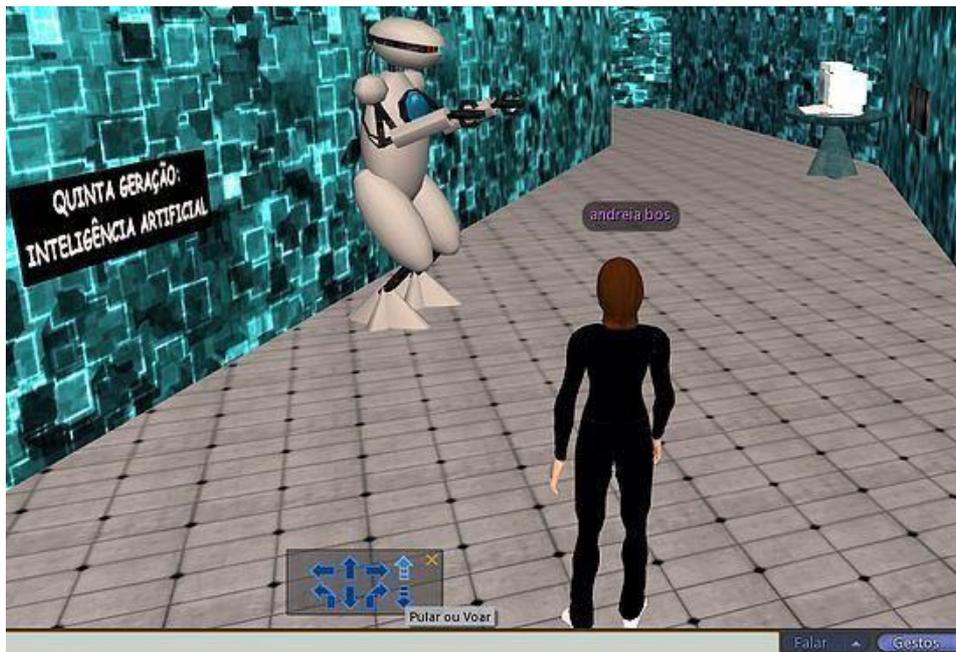
Tais dispositivos são alternativas acessíveis para a monitoração da atividade cerebral de estudantes, pois têm a capacidade de medir ondas cerebrais referentes à atenção e engajamento de forma não invasiva (BOS *et al.* 2019d). Nesse sentido, o uso de sensores EEG portáteis na verificação da atenção de estudantes ao longo de atividades com realidade virtual pode ser uma excelente ferramenta de pesquisa.

Figura 3 – Objetos inseridos no ambiente



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 4. Objetos inseridos no ambiente



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

3.3 Implementação do agente

Nessa etapa, foram realizadas algumas modificações nas linhas de código. Um personagem programável torna-se o Player Character. Na Figura 5, é mostrado o comando do NPC.

Figura 5 – Comando do NPC

```
{
state_entry()
{ gOwner = llGetOwner();
cust=""; botid="8215f3d1ae34460b";
llListen(0,"",NULL_KEY,"");
}
```

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A plataforma utilizada para essa etapa foi o Pandorabots para criação e implementação do *chatbot*. A linguagem AIML utilizada faz a união de padrões e busca palavra por palavra para fazer a interpretação da frase. O código que faz a conexão com o banco de dados é mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Código para conexão do banco de dados

```
link_message(integer sender_num, integer num, string msg, key id)
{
requestid = llHTTPRequest("http://www.pandorabots.com/pandora/talk-
xml?botid="+botid+"&input="+llEscapeURL(msg)+"&custid="+cust,[HTTP_METH
OD,"POST"], "");
} http_response(key request_id, integer status, list metadata, string body)
{
if (request_id == requestid)
if (msg == "/create")
{ listen_to(id);
```

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

A capacidade de interligar o mundo virtual a um banco de dados Aiml potencializa a comunicação virtual do usuário com o agente inteligente (BOS *et al.* 2019c). A seguir, é apresentada a base de dados AIML, que identifica a unidade de conhecimento, identifica um padrão de mensagem simples e contém a resposta para a mensagem do usuário. Na figura 7, são mostradas as tags Aiml.

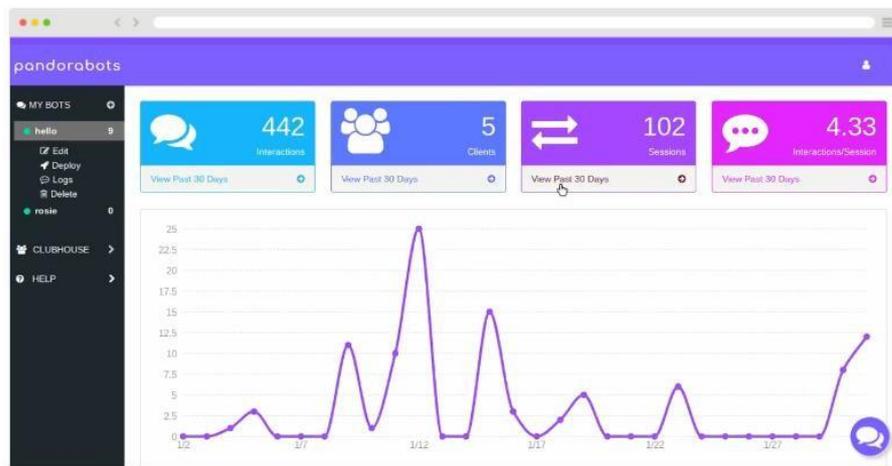
Figura 7 – Tags Aiml

<aiml> inicia e termina um bloco programado em AIML;
<category> identifica uma “unidade de conhecimento” na base de conhecimento;
<pattern> identifica um padrão de mensagem simples frequentemente utilizado; por usuários;
<template> contém a resposta para uma mensagem do usuário.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A Figura 8 mostra a plataforma do Pandorabots, em que ocorreu a integração do *bot* com a linguagem AIML. O agente foi implementado com 1000 categorias e subcategorias em sua base de conhecimento para tornar possível um diálogo inteligente.

Figura 8 – Plataforma Pandorabots



Fonte: Pandorabots (2019)

4 METODOLOGIA

Os estudantes foram convidados a realizar os estudos, sendo que o Estudo 1 consistiu em o estudante realizar a leitura de um texto sobre introdução a computação. No Estudo 2, é investigada a utilização com o Museu Virtual sobre o conteúdo de introdução à computação. A primeira parte da pesquisa foi realizada com o uso do sensor para mapear as ondas cerebrais dos estudantes durante a leitura de um texto, em que aqueles somente utilizavam o sensorial visual para realizar. A segunda parte do estudo consistiu em fazer o uso da Realidade Virtual acessando o conteúdo que aborda a introdução à computação.

4.1 Participantes

Um total de sete voluntários (homens e mulheres, com idades entre 18 e 40 anos), principalmente de Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), participaram do experimento realizado no campus da universidade. Todos os participantes relataram ter um conhecimento básico de introdução a computadores. Todos os estudantes selecionados nunca tiveram acesso a Mundos Virtuais Educacionais. Os participantes em todas as condições eram ingênuos quanto ao propósito do experimento.

4.2 Procedimentos

O Estudo foi realizado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul com as condições mais adequadas no laboratório de experimentação, e nenhum estudante foi autorizado a divulgá-lo. O ambiente estava isolado durante a avaliação. O estudo envolveu um participante de cada vez e os assistentes instruíram os usuários finais quando a ajuda era necessária durante a conclusão da visita. Nem os erros, nem o tempo de conclusão da visita foram registrados porque a intenção era de testar a atenção dos usuários durante as duas situações. A investigação utilizou o teste de atenção durante os dois experimentos. As seguintes etapas foram utilizadas;

- a) Etapa 1- Definição de metas: escolha do conteúdo para os usuários, que após começam com as leituras de modo tradicional;
- b) Etapa 2 - Exploração: os usuários exploram a interface da realidade virtual e descobrem as ações úteis;
- c) Etapa 3 - Seleção: os usuários selecionam as ações mais apropriadas para realizar sua visita;
- d) Etapa 4 - Investigação: os usuários estarão sendo investigados com o sistema do sensor com os feedbacks de biosinais.

Os participantes foram autorizados a escolher as exposições virtuais preferidas para sentir que eles tinham o controle sobre o seu aprendizado. O mesmo procedimento foi repetido para cada um dos usuários, um participante de cada vez. Após a visita, foram colhidos os biosinais disponibilizados como dados brutos no aplicativo do sensor.

5 RESULTADOS E REFLEXÕES

Os resultados do estudo foram de acordo com o início das expectativas. Propomos duas hipóteses, examinando o efeito de atenção com texto e palavras e o uso da plataforma de realidade virtual, investigando tipos de atenção e suas métricas nos apresentando perspectivas atualizadas. De acordo com os resultados alcançados em nosso estudo, a atenção afeta a recordação de conhecimentos prévios. Isso indica que os professores necessitam considerar o esforço de atenção quando ocorre o ensino e principalmente a parte introdutória do conteúdo abordado.

Foi uma experiência positiva, principalmente porque era aparente ao longo do estudo que os estudantes responderam bem às tarefas solicitadas. No entanto, sabe-se que em pesquisas anteriores, por exemplo, Rapanta *et al.* 2014), os estudantes são motivados por atividades online em geral e em vídeo em particular. A seguir é abordada a estatística do estudo.

5.1 Análise estatística

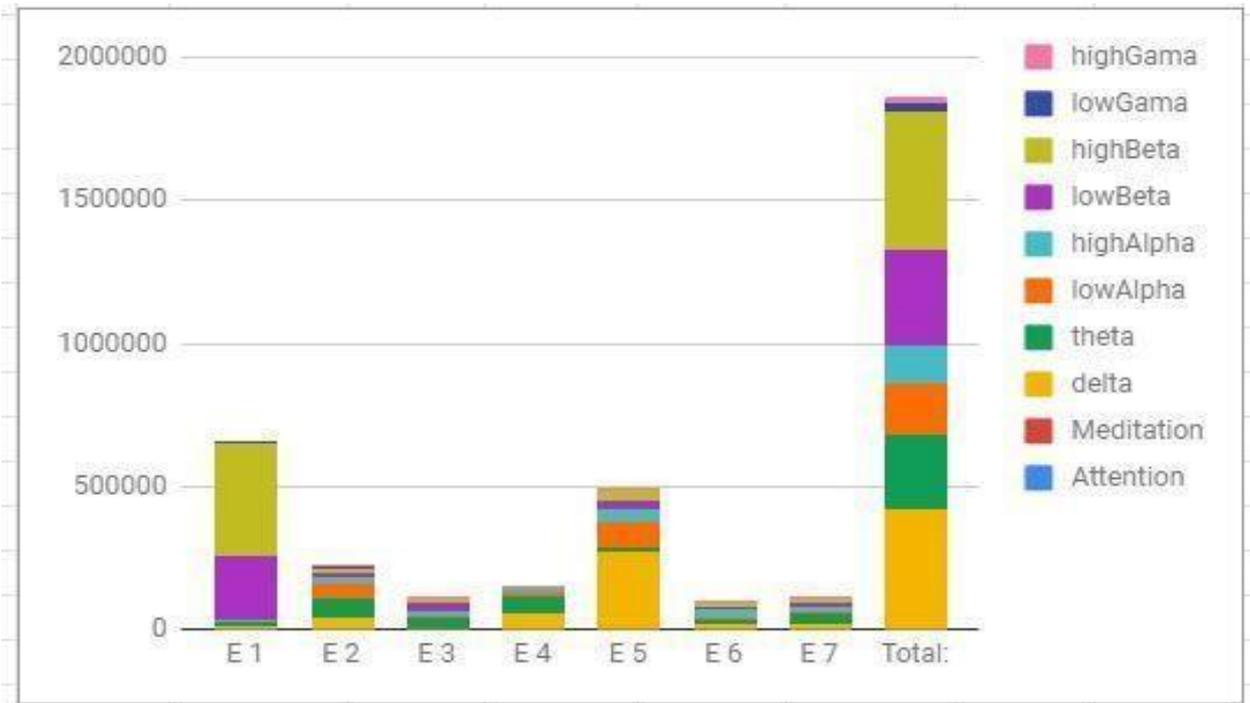
A análise estatística e quantitativa preliminar em andamento dos dados coletados permite-nos apresentar alguns resultados. Na observação direta, a análise de dados das métricas dos estudantes mostra a importância sobre a estrutura do espaço virtual, do ambiente de aprendizagem, sua experiência exploratória e como foram abordados. A análise comparativa do estudo 1 e estudo 2 possibilitaram verificar que os estudantes, ao interagirem com o estudo 2, estavam mais efetivos em sua aprendizagem e incentivos de atenção. Na Tabela 1 e no Gráfico 1, apresenta-se a variável considerada no estudo com o uso da leitura.

Tabela 1 – Variável considerada no estudo da leitura

	Attention	Meditation	delta	theta	lowAlpha	highAlpha	lowBeta	highBeta	lowGama	highGama
E 1	44	56	15040	11765	3154	4055	225013	390955	5728	3941
E 2	12	88	40758	71406	47082	22769	14122	19653	4047	4497
E 3	41	59	2399	38285	6041	15477	29932	13612	6816	2410
E 4	41	56	55692	61855	13630	11552	3988	2016	676	575
E 5	43	57	270950	13571	95195	40254	32848	32674	4423	4613
E 6	56	44	16715	20391	5843	26878	12608	11044	3864	2888
E 7	55	45	20900	39300	5567	15580	12710	12033	6615	3866
Total:	292	405	422454	256573	176512	136565	331221	481987	32169	22790

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Gráfico 1. Variável considerada no estudo 1



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

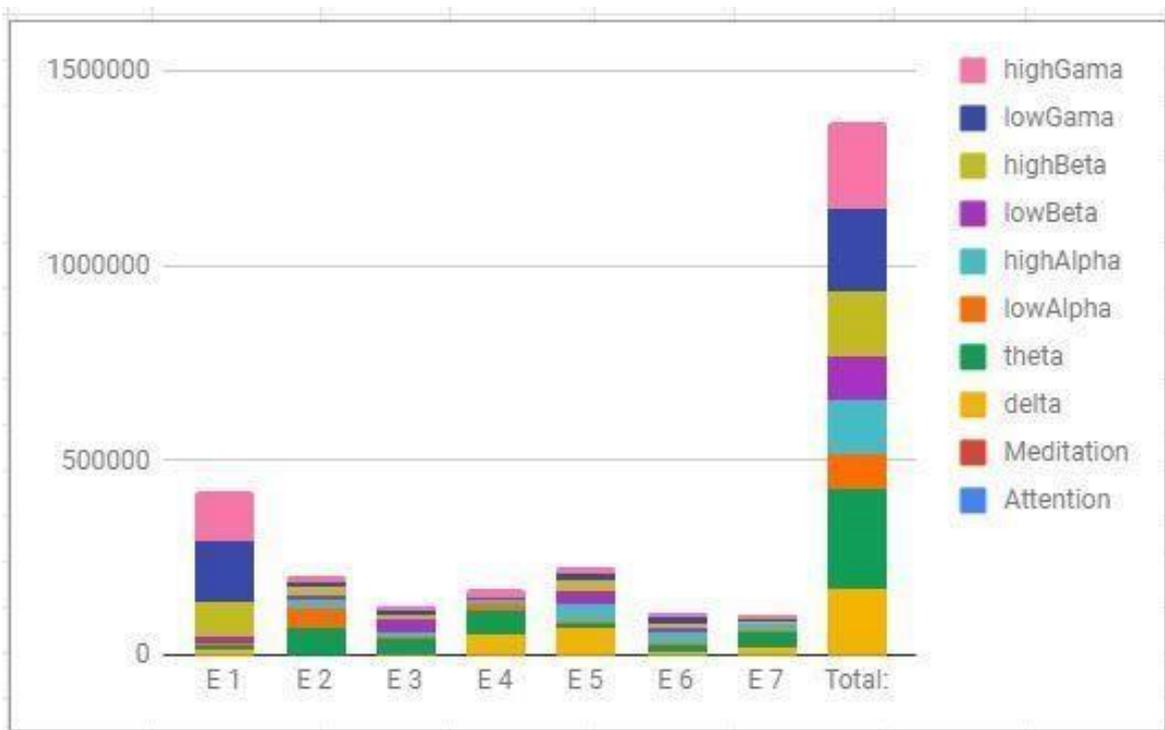
Como observado no Gráfico 1, pode-se mensurar que, no teste realizado com a leitura de texto, os sete estudantes estavam com diferentes provocações neurais, natural do ser humano. Durante o estudo, as ondas de eletroencéfalo mais estimuladas foram as que pontuaram em atenção, seguido da onda highBeta, ondas delta, ondas low Beta, ondas theta, low Alpha, high Beta; as que menos mensuraram foram a high Gama e low Gama. Diante disso, pode-se aferir que os estudantes estiveram mais tempo com as ondas neurais no córtex frontal com atenção, porém não tendo tanta densidade visual, espacial e outros mais cognitivos, estavam e continuaram no caminho da menor resistência para o cérebro. Na Tabela 2 e no Gráfico 2, são apresentadas as métricas consideradas no estudo com o uso da realidade virtual.

Tabela 2 - Variável considerada no estudo da RV

	Attention	Meditation	delta	theta	lowAlpha	highAlpha	lowBeta	highBeta	lowGama	highGama
E 1	87	13	15040	11765	3154	4055	15013	90955	151728	131941
E 2	68	32	758	71406	47082	22769	14122	19653	14047	14497
E 3	55	45	2399	38285	6041	15477	29932	13612	6816	12410
E 4	78	22	55692	61855	13630	11552	3988	2016	1676	21575
E 5	92	8	70950	13571	5195	40254	32848	32674	14423	14613
E 6	67	33	6715	20391	5843	26878	12608	11044	13864	12888
E 7	82	18	20900	39300	5567	15580	2710	1203	6615	13866
Total:	529	171	172454	256573	86512	136565	111221	171157	209169	221790

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Gráfico 2 – Variável considerada no estudo 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

No Gráfico 2, é possível mensurar que no estudo 2, com a utilização do museu de realidade virtual, os estudantes tiveram oscilações neurais diferenciadas em relação ao estudo 1. Durante o estudo 2, as ondas do eletroencéfalo detectadas por meio dos feedbacks dos biosinais foram impulsionadas no córtex frontal, que é onde há as métricas de atenção do humano, seguida da frequência theta, high Gama, low Gama, meditação, delta, high Beta, high Alpha, low Beta e low Alpha; sendo a frequência que menos oscilou as frequências low Alpha. A frequência high Gama é uma frequência que trabalha em 25

a 100 Hz, sua frequência é extremamente rápida, uma onda que está no hipotálamo e que se move para frente em alta velocidade. Essa onda é relacionada quando é utilizada em alto processamento cognitivo para registrar novas informações nos sentidos e percepções. Os estados de atenção evidenciam picos desse tipo de onda neural.

6 CONSIDERAÇÕES

Escolher e aplicar apropriadamente atividades de aprendizado engajadas estrategicamente ao longo de um curso pode melhorar drasticamente o aprendizado dos estudantes. Muitos estudos que examinam tais abordagens mostram que envolver ativamente os estudantes na aprendizagem pode melhorar significativamente o desenvolvimento de habilidades cognitivas, psicomotoras e afetivas. O estado de atenção do estudante na aprendizagem leva a uma compreensão mais profunda dos conceitos, ao aprimoramento do pensamento crítico e à resolução de problemas a níveis mais altos de desenvolvimento intelectual e à metacognição (BOS *et al.* 2019d). Além disso, o envolvimento e o estado de atenção ajudam a adquirir a experiência real, aprimorando suas habilidades sociais e interpessoais, melhorando as atitudes em relação ao aprendizado e à disciplina acadêmica.

Usuários podem experimentar e aprender fazendo, adquirir novos conhecimentos e construir sobre o conhecimento existente, avaliar sua própria prática, aprender a navegar, pesquisar, encontrar informações e estar interessado, ganhar novas experiências, competências e confiança. Esse processo de exploração, experimentação e descoberta motiva os visitantes dos recursos do museu virtual para explorar informações multimídia diversificadas fornecidas a eles. Tendo a oportunidade para praticar, eles podem melhorar suas habilidades e realizar tarefas de maneira fácil e eficaz. A realidade Virtual pode ser considerada como oportunidade para melhorar a aprendizagem, a atenção, a motivação e a confiança. Conhecer os diferentes tipos de sinais neurais nos permite entender melhor os processos mentais. A energia gerada no cérebro nos mostra que com diferentes métodos aplicados, pode-se ter diferentes oscilações neurais no cérebro do estudante.

Concluimos também que a implementação de tarefas exploratórias em diversos contextos se torna mais clara, mais atraente e útil. Eles se sentiram desafiados e motivados pelas tarefas e trabalharam com prazer. Tal aspecto não só os ajudou a entender melhor o conteúdo, mas também facilitou o surgimento de formas mais criativas, coletivas e individuais

que crescem com interações virtuais. Os estudantes estimulam diferentes tipos de atenção para interagir e encontrar soluções, às vezes únicas e com ricos detalhes.

Agradecimentos: Ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. The Use of Advance Organizers in the Learning and Retention of Meaningful Verbal Material. **Journal of Educational Psychology**, n. 51, 267-272; out. 1960.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View**, 1968.

BOS, A. S. **A.G.I.M.C: Agente Inteligente Conversacional Como Guia Em Um Museu Virtual 3D da Computação**. Orientador: Felipe Martins Muller. 2015 Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - PPGI, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria- RS, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15849?locale-attribute=pt_BR Acesso em: maio, 2019.

BOS *et al.* Student's attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v.6, n.4, 155-157. 2019a.

BOS *et al.* Vídeos Educativos: Investigação da Atenção e o Mapeamento do Aprendizado Ativo. In: JORGE, Wellington Júnior (org.). **Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa**. Maringá: Uniedusul Editora. 2019b.

BOS *et al.* Implementation and analysis of an Intelligent Conversational: Use in a 3D Virtual Museum In: OSÓRIO, A. J.; GOMES, M. J. VALENTE; A. L. (ed.). **Challenges 2019: Desafios da Inteligência Artificial, Artificial Intelligence Challenges**. Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência, 2019c.

BOS *et al.* Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. **Journal of Educational Computing Research**. DOI 10.1177/0735633119854033. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0735633119854033>, 2019d.

BLOOM *et al.* **Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain**. New York, NY: McKay, 1956.

ECK, R.V. **Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless**. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242513283_Digital_Game_Based_LEARNING_It's_Not_Just_the_Digital_Natives_Who_Are_Restless, Acesso em: maio 2019

FALK, J.H. AND DIERKING, L. **Learning from Museums: Visitor Experiences and the Making of Meaning**, Alta Mira Press, Walnut Creek, CA. 2000.

GAMMON, B. AND BURCH, A. **Designing mobile digital experiences, Digital Technologies and the Museum Experience: Handheld Guides and Other Media**, Lanham, New York, Toronto, Plymouth, Alta Mira Press, Lanham, New York, Toronto, Plymouth, 2008.

HERPICH *et al.* Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz *In: XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (Brazilian Symposium on Computers in Education), Fortaleza, 2018.

HEIN, G. **Constructivist Learning Theory** [online]. 1991. <http://www.archimuse.com/mw2005/papers/graham/graham.html><http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/constructivistlearnin.html> Acesso em: maio 2019.

HOWE, M. J. A. **Principles of abilities and human learning**. Hove: Psychology Press, 1998.

HOOPER-GREENHILL, E. Measuring learning outcomes in museums, archives and libraries: the learning impact research project (LIRP), **International Journal of Heritage Studies**, v.10, n.2, pp.151–174, 2004.

HUANG *et al.* Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach Fonte: **Computers & Education**, v.5, n.3, p.1171, 2010.

JACOBSON *et al.* Development of Computer - Assisted Virtual Field Trips to Support Multidisciplinary Learning. **Computers & Education**, v.52, n.3, p. 571–580, 2009.

KATZ, J.E. AND HALPERN, D. Can virtual museums motivate students? Toward a constructivist learning approach, **Journal of Science Education and Technology**, Springer Netherlands, v.24, n.6, pp.776–788, 2015.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociências**. São Paulo: Atheneu, 2001.

MACLEOD, C. M.; KAMPE, K. E. Word frequency effects on recall, recognition, and word fragment completion tests. **Journal of Experimental Psychology**, v.22, n.1, p.132-142, 1996. Disponível em: <http://search.proquest.com/docview/78046266?accountid=142908>. Acesso em: maio 2019.

MULLIGAN, N. W. The Role of Attention during Encoding in Implicit and Explicit Memory. **Journal of Experimental Psychology**, 24(1), 27-47, 1998.

OSÓRIO, A. J., GOMES, M. J.; VALENTE, A. L. (ed. **Challenges 2019: Desafios da Inteligência Artificial**. Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência, 2019.

OPENSIMULATOR PROJECT. **Opensimulator**. Disponível em: <http://opensimulator.org>. Acesso em maio. 2019.

PANDORABOTS, 2019. Disponível em:<http://www.pandorabots.com>. Acesso em: abr. 2019.

PIMENTEL, E.; ALBUQUERQUE, P. B. Effect of divided attention on the production of false memories in the DRM paradigm: A study of dichotic listening and shadowing. **Psychological**, n.34, p.285-298, 2013.

RAPANTA, C. *et al.* Going mobile in business communication at an Arabian Gulf university. **Business Communication Quarterly**, v.77, n.4, p.357-375. DOI 10.1177/2329490614545358, 2014.

RELVAS, M.P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

SIDDENS, P. J., Virtual reality and the communication classroom. *In: **Joint Meeting of the Central States Communication Association and the Southern States Communication Association***, St. Louis, MO., 1999.

XU, Y., PARK, H., BAEK, Y. A new approach toward digital storytelling: An activity focused on writing self-efficacy in a virtual learning environment. **Educational Technology & Society**, v.14, n.4, p.181–191, 2011.

5.3 Artigo C Classificação do estado de atenção do estudante: detectando a mensuração cerebral e as expressões faciais²⁴

Resumo. Esse artigo destaca a análise de reações capturadas pelo sistema de um conjunto de dados emocionais e a análise das atividades cerebrais. O experimento foi conduzido com uma amostra de dez estudantes universitários. Cada estudante recebeu dois vídeos com duração de cinco minutos com imagens aleatórias de diferentes emoções (vídeo educacional e vídeo publicitário). As reações foram registradas pelo sistema FER e pelo sensor EMOTIV de EEG (Eletroencefalograma). Os resultados do experimento mostraram diferentes atividades cerebrais coletadas pelo sensor e no sistema de análise de expressões faciais. O sistema classifica as emoções e expressões faciais durante a atividade de apreciação dos vídeos.

Palavras-chave: Emoções. Expressão Facial. Atividade cerebral.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas de expressões faciais são amplamente utilizados em diversas pesquisas no processo educacional. Os pesquisadores começaram a utilizar essa tecnologia para ajudar no processo de aprendizagem (Ekman, 1993). Entender o estado mental e as atividades cerebrais do estudante é fundamental para ajudar o professor a entender melhor a eficiência do seu método de aprendizado. O rastreamento do conjunto das expressões faciais é o aspecto utilizado para identificar as sete emoções básicas (Ekman, 1969). A classificação da extração pode ser visualizada pelo pesquisador em tempo real durante o estudo, dessa forma é possível visualizar os resultados mais relevantes e até interferir no processo educacional. Algumas técnicas de detecção de expressões faciais fizeram progressos significativos nos últimos anos (ASLAN et al, 2014).

Atualmente, essas técnicas existem e são aplicadas como por exemplo em dispositivos de câmeras digitais, softwares de reconhecimento facial do Facebook etc. (Bos et al., 2020g). Ainda não existe uma precisão relacionada à captura de sentimentos reais e a classificação de estados emocionais específicos (Barret et al, 2019). Segundo Ekman, a classificação captura as expressões de situações em escala. Nesse experimento é utilizado o conjunto de dados denominado de FER 2013 da Microsoft ¹, que é um dos sistemas de análise de expressões faciais mais utilizados por pesquisadores. A medição das emoções com o uso da tecnologia

²⁴ Artigo publicado em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/12639>

educacional é um estereótipo que une a educação baseada em computador (Barret et al, 2019). Com isso tem se um efeito positivo e uma melhora gradual na atividade do processo educacional. Essa técnica será muito importante no ambiente educacional medindo as emoções, ativando técnicas de inteligência emocional e reconhecimento de emoções.

O professor mediador poderá ter acesso a dados biológicos do estudante durante uma exposição de uma atividade por exemplo e podendo encontrar métodos para um melhor desempenho (Aslan et al, 2014). É importante destacar que ao adotar essas tendências eminentes de tecnologias, o professor poderá enfrentar alguns desafios. Entre alguns deles, inclui-se a aquisição de dados com o uso das ferramentas fisiológicas e psicológicas. Esse campo de estudo é ainda embrionário e os pesquisadores precisam adaptar as instruções para desenvolver a resposta do estado afetivo de um estudante. Com evidências do uso dessa tecnologia educacional, gradualmente o estudante terá um melhor desempenho em sua atuação com o instrumento e/ou objeto educacional (BOS et al, 2019a).

O objetivo do experimento é analisar as expressões faciais juntamente com as atividades cerebrais por meio da coleta de dados em um dispositivo de EEG² (eletroencefalograma). As pesquisas sobre os estudos do cérebro ainda são embrionárias e incipientes (Bos et al.,2020e). Não há evidências definitivas que relacionam posições do cérebro com as funções cognitivas e a atenção do estudante (LIU, 2010). Algoritmos e coleta de dados auxiliam e amenizam o problema, mas não o soluciona por completo.

O artigo está estruturado da seguinte forma. A seção 2 apresenta a literatura e os trabalhos relacionados. Na seção 3 são apresentadas as tecnologias envolvidas durante o estudo. Na seção 4 é descrita a metodologia e os resultados do experimento e suas análises. Ainda na última seção é abordada as considerações finais.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Expressão facial e reconhecimento de emoções com métodos de aprendizado profundo “Deep Learning” foram relatados em (Kahou, 2013; Tang, 2013; Liu et al, 2014). Tang trabalhou com um método que alcançou o primeiro lugar em dados públicos de validação e privados no desafio FER-2013. Propuseram uma estrutura de reconhecimento de expressão facial com restrições de peças deformáveis para localização conjunta de partes faciais e aprendizado baseado em reconhecimento de expressões. Além disso, Liu et al. (2014), incluíram os modelos pré-treinados para extrair recursos no nível da imagem. Finalmente o

trabalho de Kahou et al (2013) é provavelmente o mais relacionado à nossa proposta. O método deles seria o mais similar ao FER 2013 para o uso com vídeos.

Em 1924, Hans Berger, neurologista, capturou o primeiro eletroencefalograma (EEG) usando um eletrodo de um cérebro humano. O EEG revelou sinais elétricos em cérebros humanos mostrando em padrões de ondas. Com o avanço do poder da computação e a melhoria do equipamento de EEG, o sinal de EEG pode ser melhor utilizado para interpretar os estados do processo cognitivo e do comportamento, como atenção seletiva, memória de trabalho e cálculos mentais. Seus sistemas podem ser usados para detectar emoções humanas e formar uma área importante na pesquisa de Interface cérebro-computador (KUMAR, 2016).

Existem muitos processos para o sistema de classificação emocional do EEG. Em primeiro lugar, as emoções dos participantes são provocadas usando incentivos externos. Alguns materiais são fornecidos para provocar emoções humanas, como sons, filmes e imagens (LIU, 2010).

Exemplos de sistemas comumente usados são EMOTIV e o MindWave da NEUROSKY. O número de canais e posições entre esses sistemas são diferentes, de acordo com cada dispositivo (BOS et al, 2019b); (BOS et al, 2020g); (BOS et al., 2020h).

No entanto, muitos estudos (Coan, 2004; Costafreda, 2008; Holgraves, 2011), sugeriram que o lobo frontal humano é uma área informativa e afetiva para medir atividades de EEG. Em seguida, algumas técnicas de pré-processamento de sinal digital são usadas para processar sinais brutos de EEG, a fim de reduzir a complexidade e remover ruídos.

Cîmpanu et al. (2017) recomendaram um estudo para avaliar os níveis de memória de trabalho: dez pessoas participaram do estudo fazendo tarefas enquanto dados de EEG foram gravados. A seguir serão expostas as tecnologias utilizadas durante o estudo.

3.TECNOLOGIAS UTILIZADAS

3.1 Emotion FER

A tecnologia educacional utilizada durante o estudo foi arquivo de etiqueta FER 2013 da Microsoft. Os dados consistem imagens de faces em escala de cinza de 48x48 pixels. Os rostos foram registrados automaticamente para que o rosto fique mais ou menos centralizado. A tarefa é categorizar cada rosto com base na emoção mostrada na expressão facial em uma das sete categorias (0 = Raiva, 1 = Nojo, 2 = Medo, 3 = Feliz, 4 = Triste, 5 = Surpresa, 6 = Neutro).

O conjunto de treinamento consiste em 28.709 exemplos. Quando os computadores olham para uma imagem, o que eles 'veem' é simplesmente uma matriz de valores de pixel (COAN, 2004). Para classificar uma imagem, o computador precisa descobrir e classificar padrões numéricos na matriz da imagem. O reconhecimento automático de expressão facial é um campo ativo de pesquisa. Em geral o sistema de reconhecimento de expressões consiste em quatro principais passos. Primeiro o rosto é localizado e extraído do fundo (KAHOU, 2013). Então, a geometria facial é estimada. Com base nisso, métodos de alinhamento podem ser usados para reduzir a variação rígida e não rígida. Finalmente, as representações da face são computadas. A Figura 1 mostra a imagem representativa do banco de dados do FER 2013 da Microsoft.



Figura 1. Imagem do conjunto de dados FER; Fonte Microsoft/FERPlus

3.2 EMOTIV EPOC

Os dispositivos EPOC e EPOC+ são tendências tecnológicas na educação em pesquisas científicas, sendo citados em mais de 900 artigos científicos, segundo base da scopus. O sensor EMOTIV é um dispositivo não invasivo e complexo que existe para o uso em pesquisas. Foi criado pela empresa australiana EMOTIV como um eletroencefalógrafo portátil (EMOTIV, 2020). É uma espécie de capacete que possui 14 eletrodos fixados no couro cabeludo. A utilização do EMOTIV na quantificação dos sinais neurais se dá pelo fato de possibilitar a sua utilização em ambiente não invasivo, não hospitalar, no qual o meio não será um fator de influência nos dados analisados (EMOTIV, 2020).

Detecta movimentos de cabeça com sensores de movimentos em nove eixos, trabalha com detecção de EEG bruto, comandos mentais, métricas de desempenho e expressões faciais. O sinal é usado em nível profissional, a qualidade do EEG registrada pelo EMOTIV é estatisticamente equivalente aos dispositivos tradicionais de nível de pesquisa que tem um

custo bastante alto e o uso hospitalar. O EMOTIV transmite dados sem fio a 128 ou 256 Hz, para gravação de dados cerebrais de alta resolução (EMOTIV, 2020).

As métricas de desempenho são excitação, engajamento, relaxamento, interesse, estresse e foco. As expressões faciais são detectadas no piscar, surpresa e sorriso (Bos et al, 2019d). As definições de marcador podem ser salvas e carregadas. Os marcadores são exibidos em tempo real e modos de reprodução. Na Figura 2 é mostrada o display do EEG na coleta de dados.

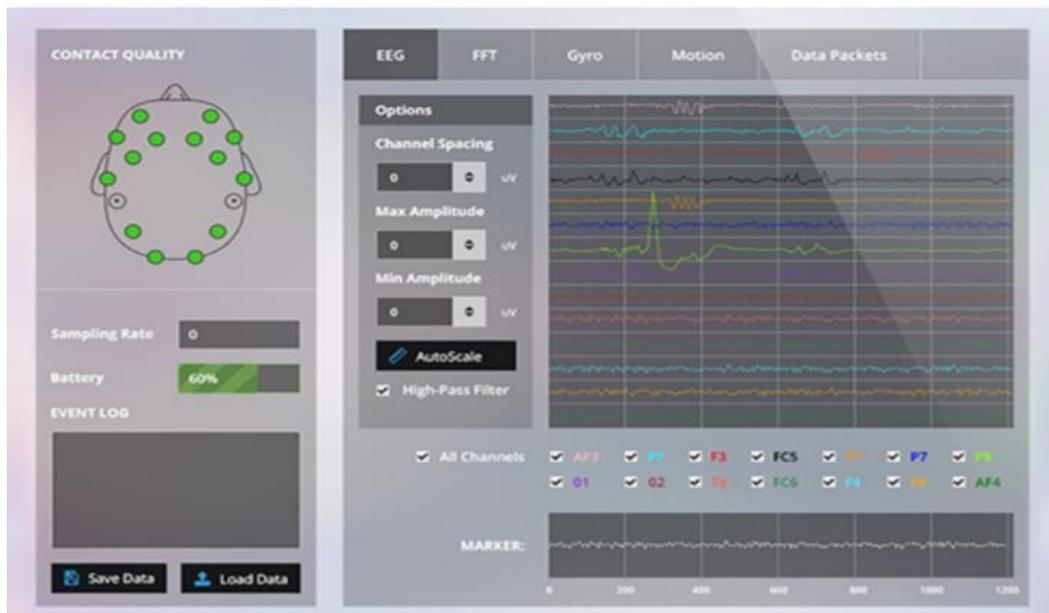


Figura 2. Display da coleta do EEG do software do EMOTIV. Fonte;(EMOTIV, 2020)

4 METODOLOGIA

Os testes foram realizados para dez estudantes, sendo cinco homens e cinco mulheres de uma Universidade Federal que foram convidados a não estar sob a influência de qualquer estímulo como cafeína ou qualquer outro medicamento no momento do experimento. Os participantes foram da faixa etária entre vinte anos e trinta anos de idade e cursando nível superior. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Em seguida, são descritas as etapas usadas para gerar o banco de dados. Primeiro realizamos o experimento no conjunto de dados FER com um modelo de rede única.

Durante o experimento, também foi utilizado o sensor da EMOTIV EPOC para capturar as atividades cerebrais durante o estudo. Na execução dos testes, foi observado que o ambiente estava livre de ruídos e perturbação nos testes com os participantes. Registramos várias realizações para cada experimento, a fim de obter resultados confiáveis. Cada realização

dura cinco minutos, mais o tempo de preparação para o experimento com uma média de dois minutos.

Etapa 1

O método consistiu que todos os participantes foram orientados a apreciarem dois diferentes tipos de vídeos. Um vídeo foi com a temática de material educacional básico, sem muitas oscilações durante o conteúdo abordado. O segundo vídeo consistiu em ter imagens mais impactantes em animações gráficas, interações em material publicitário, ambos com cinco minutos de visualização.

Durante o estudo, o participante recebe a seguinte informação “Bem- vindos, estamos prestes a reproduzir um vídeo para você. Enquanto o vídeo estiver sendo reproduzido, usou-se sua webcam para determinar seu envolvimento emocional. Após o gráfico plotará seu envolvimento com o vídeo ao longo do tempo usando várias métricas. Você pode se concentrar em uma métrica específica clicando em um rótulo à esquerda”. Após a análise, o participante recebeu a seguinte mensagem “Análise concluída, agora que sua análise terminou você pode reproduzir o vídeo e ver suas reações emocionais a ele ao longo do tempo”.

Etapa 2

Enquanto isso, eles foram monitorados com o dispositivo EMOTIV descrito acima. Antes de colocar o dispositivo no couro cabeludo, os eletrodos são levemente umedecidos com uma solução salina que melhora o contato com a pele (maior condutividade) com gravação de sinais de EEG a uma taxa de amostragem de 512Hz com 14 canais após a conclusão de cada apreciação do vídeo. Realizamos dois tipos de medidas: atividade cerebral fazendo o uso do vídeo 1 e após do vídeo 2. As colunas de dados para as métricas de desempenho são ao total de seis. Cada uma marcada com os seguintes sufixos; ENG - Engajamento; VAL - Interesse; MED- Relaxamento; FRU- Stress; FOC - Foco; EXC- Excitação. As colunas de dados para as bandas de frequências fornecidas pelo sensor são as seguintes: THETA - 4-8Hz, ALPHA - 8-12 Hz, LOW BETA - 12-16 Hz, HIGH BETA - 16-25 Hz, GAMA - 25-45 Hz.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar nas figuras 3 e 4 que em ambas as experiências medidas, os resultados são muito semelhantes, porém teve maior predominância para a categoria “Foco”. A Figura 3 apresenta as métricas de desempenho do vídeo publicitário em relação ao vídeo

educacional. O objetivo foi extrair os sinais cerebrais mais predominantes durante a execução do experimento com o uso dos vídeos apreciados pelos estudantes, baseados nas categorias utilizadas pelo sensor da EMOTIV, que são: ENG - Engajamento; VAL - Interesse; MED-Relaxamento; FRU- Stress; FOC - Foco; EXC- Excitação. Na análise de desempenho de VAL- “Interesse” na comparação com as duas medidas observa-se que a Figura 3 apresenta uma maior oscilação positiva em Interesse com todos os estudantes voluntários. Na análise também foi possível observar que a categoria MED - “medo” foram muito similares em ambos os vídeos. Todo o conjunto de canais medidos foram avaliados com os métodos descritos acima com o uso do algoritmo do sensor e suas métricas.

A computação do sinal e do algoritmo de desempenho nos permitiu avaliar as curvas correspondentes apresentadas nos gráficos das figuras 3 e 4. Verificamos que os ritmos coletivos extraídos no mapeamento cerebral são mais precisos ao escolher os métodos de mídias audiovisuais. Por uma questão de clareza na apresentação, mostramos os resultados em duas etapas, sendo os primeiros resultados com os sinais cerebrais e no segundo momento nas Figuras 5 e 6 as expressões faciais. A seguir é apresentada a Figura 3 que mostra as métricas de desempenho do vídeo publicitário.

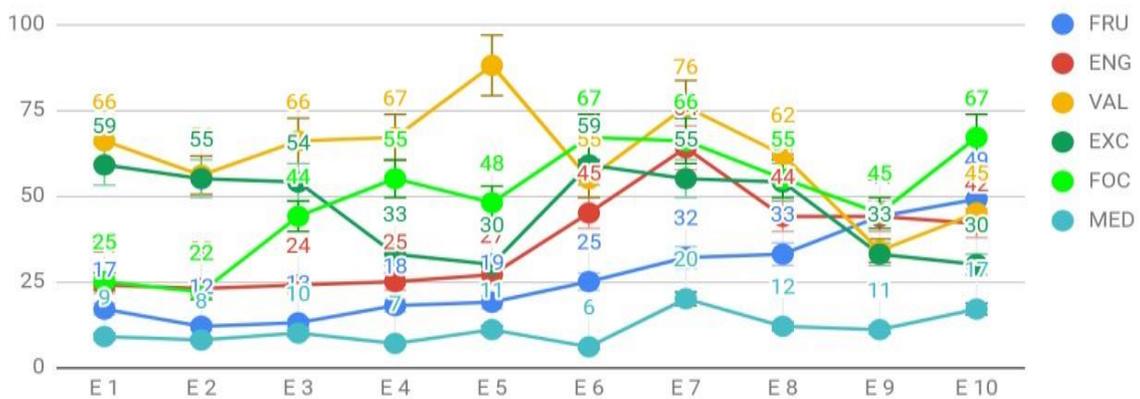


Figura 3. Métrica de desempenho Vídeo Publicitário

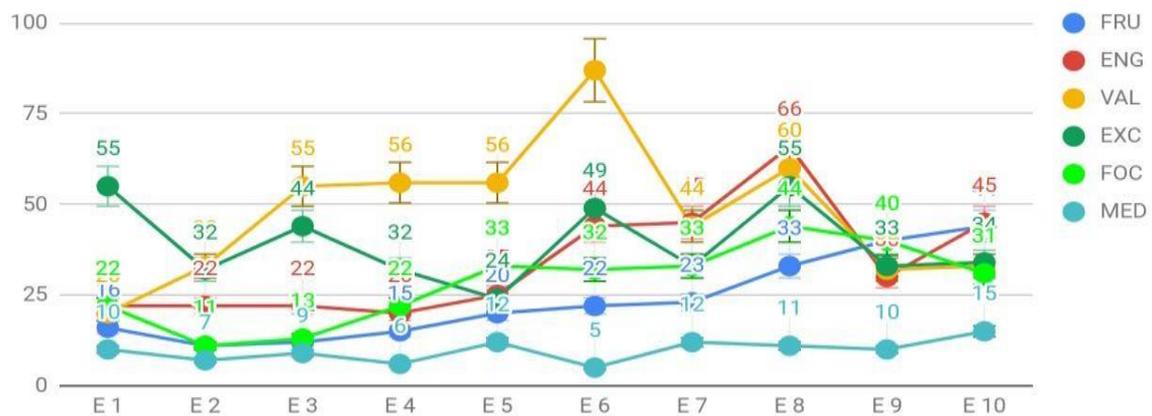


Figura 4. Métrica de desempenho Vídeo Educacional

Nosso objetivo nessa etapa foi extrair as métricas de desempenho das categorias de expressões faciais com base nas seguintes categorias. (0 = Raiva, 1 = Nojo, 2 = Medo, 3 = Feliz, 4 = Triste, 5 = Surpresa, 6 = Neutro), conforme é mostrada na legenda ao lado do resultado observado. Será discutido os principais resultados obtidos a partir dos dados experimentais. Mostramos os resultados para o experimento a seguir apresentados nas Figuras 5 e 6. Conforme descrito nas seções anteriores, essa fase é obtida a partir do sinal das categorias apresentadas.

Os participantes apresentaram resultados semelhantes em termos das propriedades e dos métodos de extração usados. Ao observarem o vídeo publicitário em relação ao vídeo educacional, oscilaram predominantemente na categoria 5 “surpresa”. Em ambos os experimentos também foi observada a categoria 3= “Feliz” que foi dominante. A categoria 6 = “Neutro” no vídeo publicitário teve uma percentagem de 50% entre os participantes. Já no vídeo educacional a mesma categoria pontuou em cinco dos participantes sendo 50% deles estar no estado “neutro” durante a exibição do vídeo. Na figura 5 apenas um dos participantes pontuou na categoria 4 = “Triste”. Já na figura 6, dois participantes pontuaram nesta categoria. A seguir é apresentada a figura 5 com as métricas de desempenho do vídeo publicitário e na figura 6 com as métricas de desempenho do vídeo educacional.

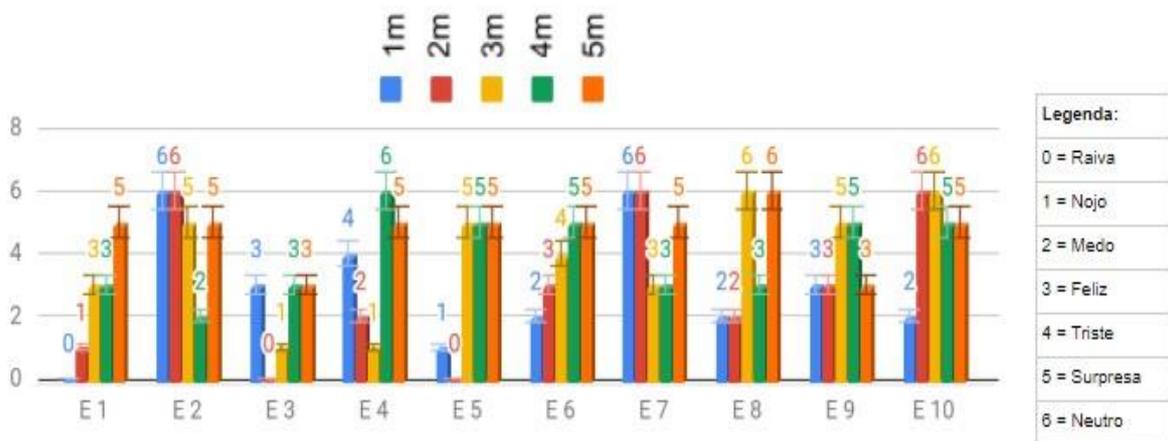


Figura 5. Métrica de desempenho Vídeo Publicitário

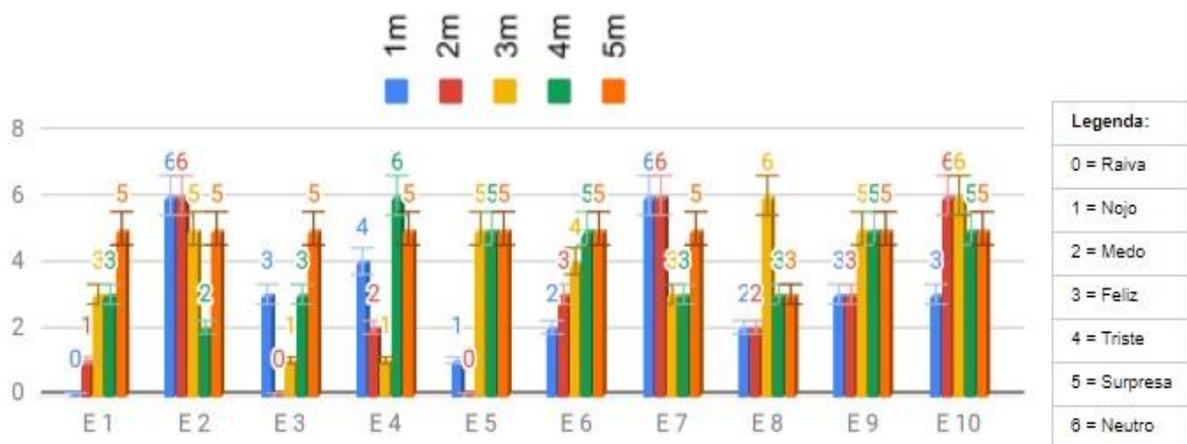


Figura 6. Métrica de desempenho Vídeo Educacional

Comparando as figuras 5 e 6, nota-se que o método mais consistente quando utilizado os sinais das categorias foi a observação do tempo dos vídeos, conteúdo abordado de diferentes categorias e o público pesquisado. Por outro lado, comparar os métodos de leitura de atividade cerebral com a captura das expressões faciais não parece tão simples, apenas observando as figuras mencionadas acima, por se tratar de dados biológicos e *biofeedbacks* humanos que têm ciclos de oscilações, condições e ritmos diferentes e em constante mudanças.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que a disponibilidade de um software com a detecção de emoções e a captura de expressões faciais terá um impacto significativo nas tecnologias educacionais emergentes para dispositivos e interfaces conectadas para o uso no ensino.

Pode se pensar que no futuro em que as tecnologias avançadas nessa área permitam que as pessoas construam seus perfis emocionais para que possam levar consigo os dispositivos e as experiências digitais usadas em sua vida cotidiana. Será como um passaporte emocional que tornará as jornadas digitais mais personalizadas, autênticas e eficazes, principalmente no âmbito educacional.

Pesquisas anteriores da psicologia sugerem que existem sentimentos ou intenção oculta por trás das expressões faciais que ainda não há evidências dessa habilidade bem dominada. Como trabalho futuro, pretende-se testar o desempenho das expressões faciais juntamente às atividades cerebrais com outros recursos educacionais. Formulários poderiam ser anexados para obter mais informações sobre as emoções do estudante no momento do experimento. Como os sensores precisam apenas de algumas técnicas de uso, pretende-se continuar realizando pesquisas nessa área de tecnologia. No futuro, muitos aplicativos de Interface cérebro-computador poderão se beneficiar da adoção do EPOC para ajudar nas investigações e oferecendo mobilidade devido à sua tecnologia sem fio.

Agradecimentos: Ao IFRS (Instituto Federal do Rio Grande do Sul) e a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

REFERÊNCIAS

ASLAN, SINEM, et al. "Learner engagement measurement and classification in 1: 1 learning." 2014 13th **International Conference on Machine Learning and Applications**. IEEE, 2014.

BARRETT, LISA FELDMAN, et al. "Emotional expressions reconsidered: challenges to inferring emotion from human facial movements." **Psychological Science in the Public Interest** 20.1 (2019): 1-68.

BOS, A.S; PIZZATO, M. C; ZARO, M.A. Experimento de medição do nível de Atenção do Estudante: o uso da Mídia Interativa como Estímulo Resposta. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 3, 2019a.

BOS, A. S., HERPICH, F., KUHN, I., GUARESE, R. L. M., TAROUCO, L. M. R., ZARO, M. A., WIVES, L. (2019b). Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. **Journal of Educational Computing Research**. vol.57, n.7
<https://doi.org/10.1177/0735633119854033>

BOS, A. S.; PIZZATO, M.; ZARO, M.A. “REVISÃO DA TECNOLOGIA INTERFACE CÉREBRO COMPUTADOR: UMA PERSPECTIVA EDUCACIONAL”. **Redin-Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 8, n. 1, 2019c.

BOS, Andreia S. et al. Student’s attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 4, 2019d.

BOS, A.S.; ZARO, M. A; PIZZATO, M. “Investigação da Atenção do Estudante com técnicas de EEG: o uso da Realidade Virtual no Ensino”. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. 2019e. p. 1397.

BOS, A.S; PIZZATO, M.; ZARO, M.A; Investigação da atenção do estudante: o uso da realidade virtual no ensino de computação. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, vol 8, n. 2, Dez, 2019f. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/index>

BOS, A. S., DONATO, L. G., VETTORI, M., & ZARO, M. A. (2020) g. Effects of the binaural wave as a stimulus for student hyperattention: brain frequency records without interactive media context. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7(9). Retrieved from <http://journalrepository.com/index.php/ijaers/article/view/2491>

BOS A.S., VETTORI, M., PIZZATO, M., ZARO, M.A. (2020) h. “Recognition of facial expressions: active emotions during the use of audiovisuals”, *International Journal of Development Research*, 10, (08), 39779-39783.

CÎMPANU, C. et al. A Comparative Study on Classification of Working Memory Tasks Using EEG Signals. 2017 21st **International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)**, Bucharest, 2017, pp. 245-251.

COAN J. A. AND J. J. ALLEN, "Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion," **Biological psychology**, vol. 67, no. 1, pp. 7-50, 2004.

COSTAFREDA S.G., M. J. BRAMMER, A. S. DAVID, AND C. H. FU, "Predictors of amygdala activation during the processing of emotional stimuli: a meta-analysis of 385 PET and fMRI studies," **Brain research reviews**, vol. 58, no. 1, pp. 57-70, 2008.

EKMAN P., SORENSON E.R., FRIESEN W. V pan-cultural elements in facial displays of emotion. **Science**. 1969; 164:86–88. doi: 10.1126/science.164.3875.86.

EKMAN, P. (1993) Facial expression and emotion. **American Psychologist** 48(4): 384–392.

EMOTIV EPOC specifications, Emotiv, 2020. Emotiv Software Development Kit User Manual for Release.

FERREIRA, Valter A. et al. Operatoriedade cognitiva e experimentação virtual imersiva de Eletricidade. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 1, p. 375-384, 2019.

HOLTGRAVES T. AND A. FELTON, "Hemispheric asymmetry in the processing of negative and positive words: A divided field study," **Cognition and Emotion**, vol. 25, no. 4, pp. 691-699, 2011.

IZQUIERDO I., C.R.G. FURINI, J.C. Myskiw Fear memory *Physiological Reviews*, 96 (2) (2016), pp. 695-750, 10.1152/physrev.00018.2015

J. KUMAR, "Affective modelling of users in HCI using EEG," **Procedia Computer Science**, vol. 84, pp. 107-114, 2016

KAHOU S.E., C. PAL, X. BOUTHILLIER, P. FROUMENTY, C. GUL, CEHRE, R. MEMISEVIC, P. VINCENT, A. COURVILLE, Y. Bengio, R. C. Ferrari, et al. Combining modality specific deep neural networks for emotion recognition in video. In *Proceedings of the 15th ACM on International conference on multimodal interaction*, pages 543–550. ACM, 2013

LENT, R. (2015) Neuroplasticidade. In: LENT, Roberto (Org.). **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 241-252.

LIU Y, O. Sourina, and M. K. Nguyen, "Real-time EEG-based human emotion recognition and visualization," in *Cyberworlds (CW), 2010 International Conference on*, 2010, pp. 262-269: IEEE

LIU P., S. HAN, Z. MENG, AND Y. TONG. Facial expression recognition via a boosted deep belief network. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2014 IEEE Conference on*, pages 1805–1812. IEEE, 2014

MAYER R. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. **Cognition and Instruction** 19, 177-213.

POSNER MI, PETERSEN SE. The Attention System of the Human Brain. **Annual Review of Neuroscience**. 1990;13(1):25–42. pmid:2183676

SONGA G., SLABBINCK H., VERMEIR I. How do implicit/explicit attitudes and emotional reactions to sustainable logo relate? **A neurophysiological study**. *Food Qual. Prefer.* 2019; 71:485–496. doi: 10.1016/j.foodqual.2018.04.008

TANG Y. Deep learning using linear support vector machines. **arXiv preprint arXiv:1306.0239**, 2013.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. (2008). The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). **Capella University**, MN, USA.

6. RESULTADOS

6.1 Resultados Experimento 3

Os resultados das análises apresentadas a seguir evidenciam que as amostras dos participantes têm relação com o estado de emoção. O método aplicado nesse estudo foi com o objetivo de identificar a eficiência dos filtros das frequências cerebrais com base na classificação baseados nos picos característicos presentes nos sinais EEG analisados. O valor da amostra é comparado em dois cenários. A amostra do estudo A, em que os participantes são colocados para visualizar o vídeo comum, (vídeo convencional) e na amostra B, na qual os participantes são orientados a visualizar a exibição do vídeo interativo. A frequência da amostragem do sinal foi nesse caso em 128 Hz e a frequência limite superior de banda do sinal foi de 30 Hz. Na Figura 17 são apresentadas as amostras de dados EEG de ondas cerebrais durante o estudo com o vídeo convencional. E na Figura 18 é apresentado a amostra do vídeo com interações. Nas Tabelas 2 e 3 são mostradas a classificação das medidas do Software Neuroexperimenter.

Tabela 2 - Classificação das medidas A

	Attention	Meditation	Delta	theta	lowAlpha	highAlpha	lowBeta	highBeta	lowGama	highGama
P1	44	35	5040	6175	13153	4055	5013	10540	5172	3193
P2	42	28	1758	8490	7082	2768	14122	19552	4047	4495
P3	53	32	1399	6826	5041	5477	9932	1300	6816	2411
P4	40	33	15600	8185	2630	1552	3988	1056	1676	3157
P5	51	44	40920	10357	4195	254	12848	1274	4423	4613
Total:	230	172	64717	40033	32101	14106	45903	33722	22134	17869

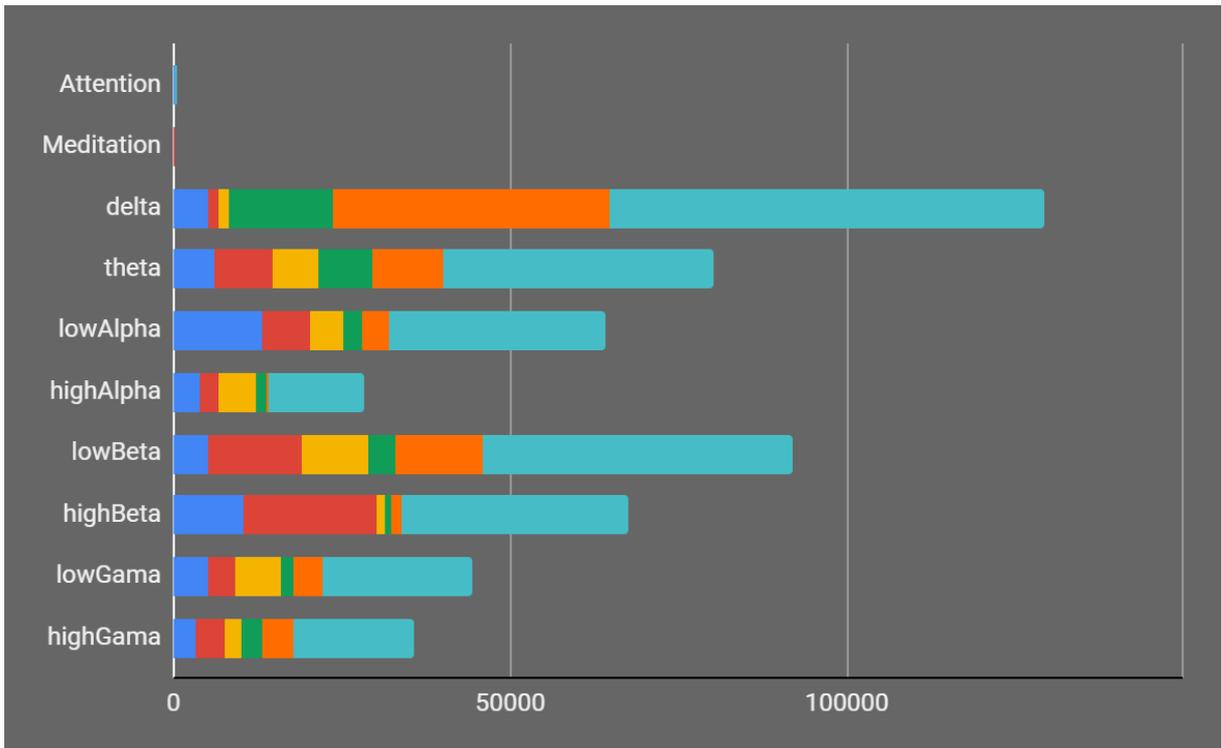
Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Tabela 3 - Classificação das medidas B

	Attention	Meditation	Delta	Theta	lowAlpha	highAlpha	lowBeta	highBeta	lowGama	highGama
P1	76	55	1504	1765	3154	14055	15013	42955	5728	8410
P2	64	51	1175	71406	7082	22769	11122	21801	4047	6498
P3	65	45	2788	8285	5044	15477	19932	23902	6816	2411
P4	55	34	967	1855	3632	11552	13988	12203	1676	2575
P5	66	55	7095	13571	5192	40254	12848	32899	4423	5613
Total:	326	240	13529	96882	24104	104107	72903	133760	22690	25507

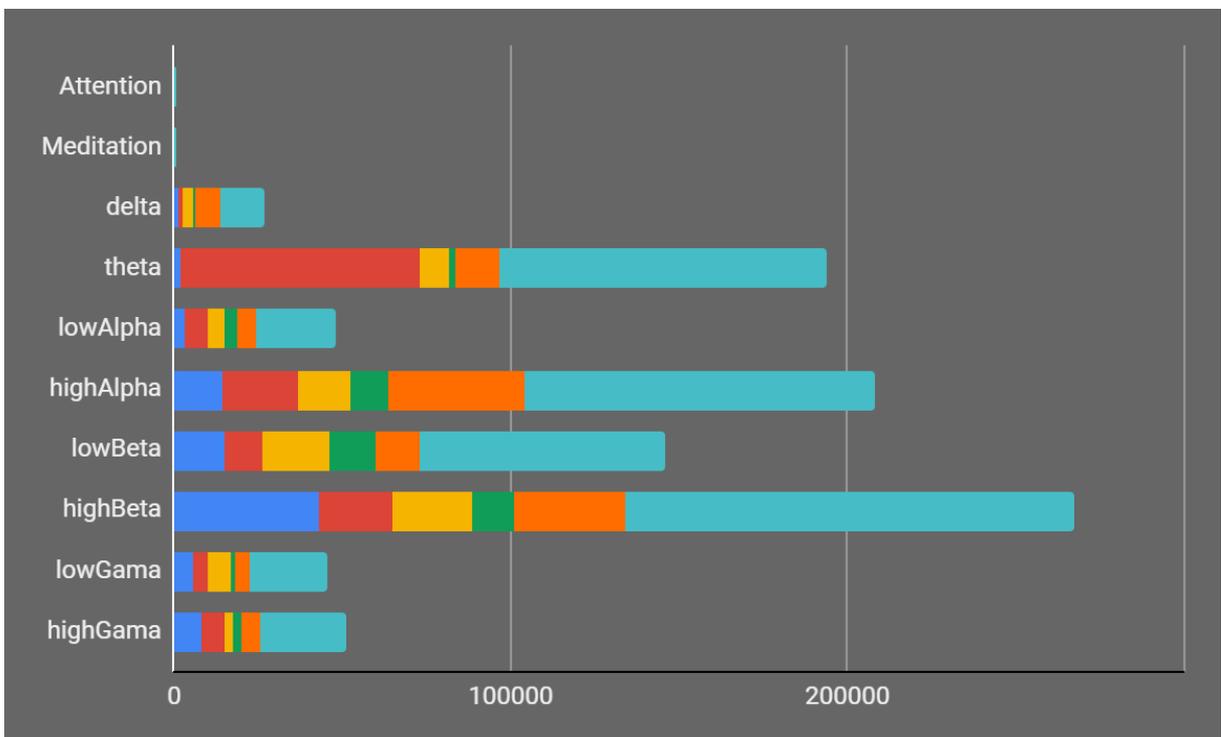
Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Figura 17 - Amostra de dados EEG de ondas cerebrais (vídeo convencional)



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

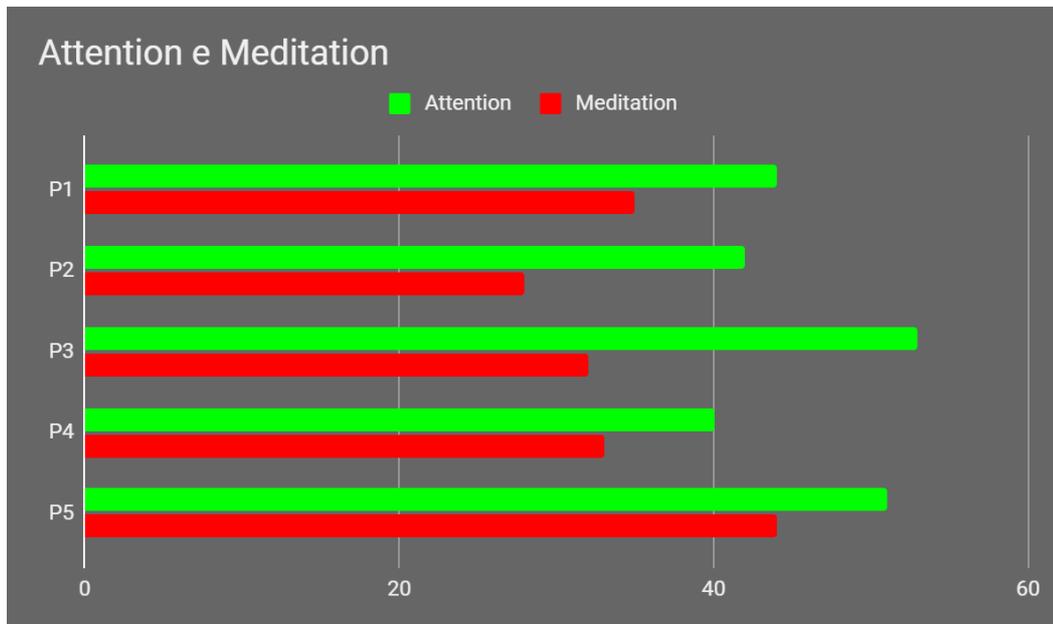
Figura 18 - Amostra do vídeo de animação



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

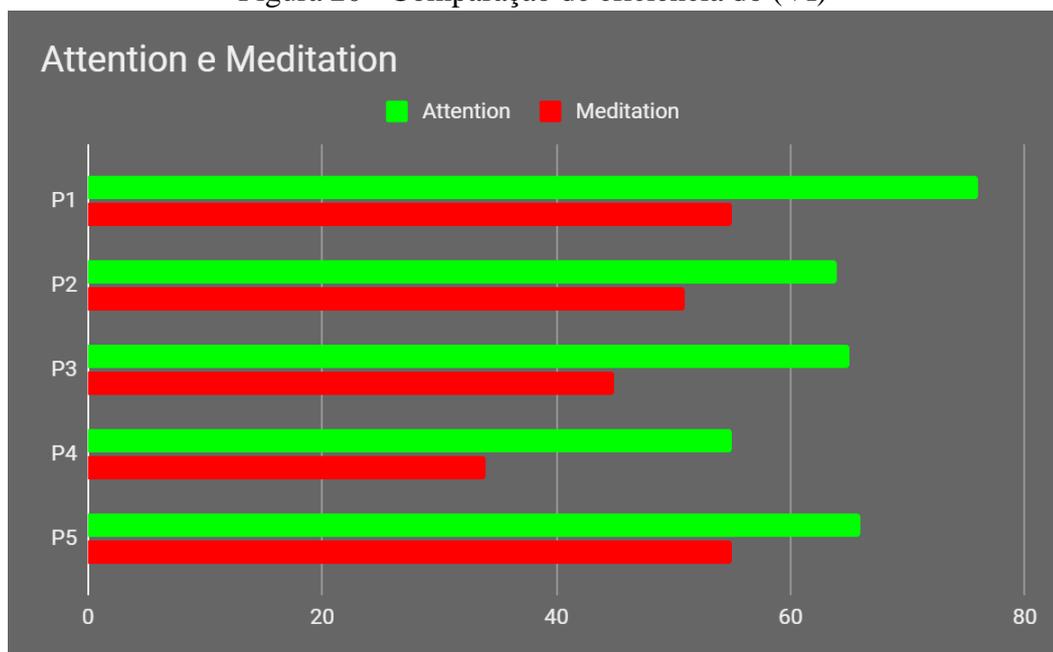
As próximas duas Figuras 19 e 20 mostram os sinais filtrados usando a classificação das frequências cerebrais conforme descritos anteriormente para apresentar a quantificação dos dados. É visível observar as amostras de dados de EEG de ondas cerebrais com o uso do vídeo interativo e suas características em relação aos seus estados.

Figura 19 - Comparação de eficiência do (VC)



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Figura 20 - Comparação de eficiência do (VI)



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

A conclusão mais importante é que a quantidade de potência EEG na faixa de frequência Alpha e Beta está de fato relacionada ao desempenho e relacionada aos fenômenos dos estados emocionais do estudante. Um grande aumento na sincronização da potência beta reflete um bom desempenho de foco e do sistema de alerta atribuído em particular. A sincronização alpha e beta se deve a um aumento nos ritmos das frequências. A evidência convincente para a hipótese é de que a sincronização beta está relacionada com a codificação de novas informações. As emoções são melhores induzidas com padrões de estimulação para que ocorra o “foco” e o estado de alerta. Nesse estudo, observou-se que o cérebro transformou inspiração em decisões.

6.2 Resultados Experimento 4

A amostra do experimento foi composta por um participante disposto a participar do estudo. O participante era do sexo masculino, com idade entre 35 e 40 anos. O grau de instrução do participante era de nível médio e o mesmo não possui nenhum contato sobre conhecimentos de biologia a mais de dez anos. O fluxo de diálogo proposto foi derivado de conhecimentos em ensino de ciências com foco específico em hematologia. No quiz dinâmico, o participante foi orientado a conhecer melhor os conhecimentos específicos de hematologia com capítulos de um a cinco em forma de atividade de estudo inicial.

Na lógica proativa, a Assistente Virtual forneceu um Quiz com dez questões de múltipla escolha, sendo as respostas a, b ou c respectivamente. Foi utilizado a ALEXA, IA da Amazon, por oferecer uma interface de gestão de conteúdo intuitiva para a pesquisa. As skills da ALEXA oferecem recursos de última geração mais desenvolvidas em relação a compreensão e processamento de linguagem natural. O banco de dados é relacionado as etapas de problemas com o conteúdo da skill abordada. O fluxo de diálogo implementado em sua base de dados é de maior aceitação nesse filtro que foi usado para a pesquisa em ensino de ciências e o conteúdo sobre biologia. O fluxo de diálogo inclui respostas estáticas e dinâmicas com a lógica proativa e reativa. Na lógica proativa, ela fornece características estáticas que orientam o participante durante o experimento.

Por exemplo, nessa primeira etapa ocorre um envolvimento que identifica a skill a ser abordada. Na lógica reativa, ela forneceu características dinâmicas, fornecendo feedback sobre as soluções parciais do conteúdo perguntado. A IA da ALEXA foi capaz de reconhecer se uma resposta estava certa ou errada e respondeu de acordo.

O conteúdo abordado na skill foi específico sobre conhecimentos de biologia-hematologia. Sempre que a ALEXA não conseguia entender a resposta, ela invocava uma pergunta ou opção que permitia ao participante reformular a resposta certa ou pular para a próxima pergunta de resolução.

Com a ajuda do sensor da EMOTIV, o participante foi rastreado com sua atividade cerebral sobre seu progresso, concentração e estado emocional descritos a seguir.

6.2.1 Procedimento experimental

Antes de registrar o EEG, foi colocado o EMOTIV na cabeça do participante. Em seguida, é descrito o processo de gravação e aconselhado ao participante a ficar mais imóvel possível para evitar movimentos do corpo que teriam alteração no experimento. O EMOTIV sem fio de 14 canais consiste em AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1 e O2 em que são capturadas as frequências de EEG por meio de seus eletrodos.

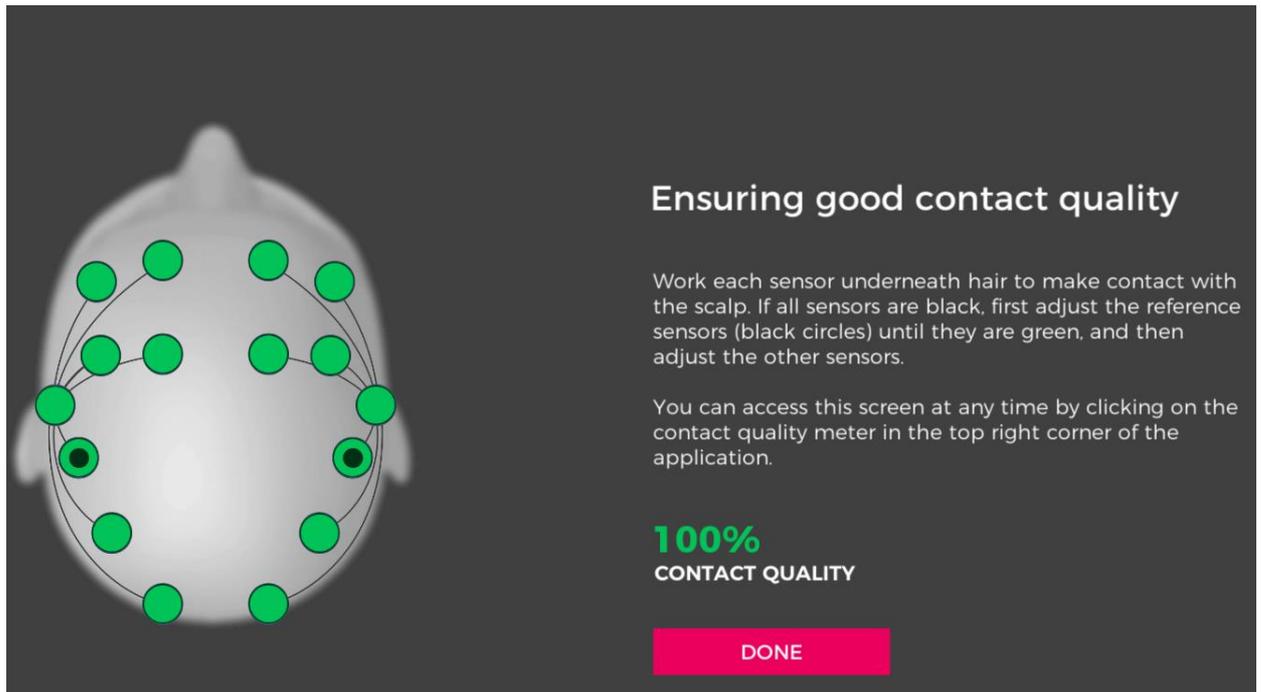
Na investigação atual, foram testados o EMOTIV e a ALEXA em seu treinamento cognitivo combinado com os registros de EEG da EMOTIV. A configuração foi baseada em um dispositivo de EEG para detectar os dados da atividade cerebral e o desempenho durante o uso da IA. Nas Figuras 21 e 22 são apresentadas o dispositivo da EMOTIV e a qualidade dos sinais nos eletrodos.

Figura 21 Dispositivo EMOTIV



Fonte: Acervo pessoal da Autora (2022).

Figura 22 - Qualidade dos sinais dos eletrodos no couro cabeludo



Fonte: Site do EMOTIV (2022).

Na skill Biologia da Hora- Hematologia, o participante, ao dizer “ALEXA iniciar biologia hematologia” ela começa a interagir por meio de seu conteúdo específico sobre hematologia. Na Figura 23 é apresentado a skill da ALEXA da Amazon.

Figura 23 - Skill da ALEXA



Fonte: Site da Amazon (2021).

A Skill é composta por cinco capítulos de conhecimentos específicos e após a complementação com um Quiz com dez perguntas de múltipla escolha. A seguir é descrito a introdução de seus fluxos de áudio.

“Olá, bem-vindo ao Biologia daHóra, Hematologia. Uma skill para ajudar você nos seus estudos, provas do ENEM, e vestibular. Pronto pra começar? Basta dizer, aprender, e vamos iniciar.”

“Esta skill, possui cinco capítulos. 1. Introdução. 2. Sangue. 3. Hemácias. 4. Leucócitos. e 5. Plaquetas. Para iniciar, fale o nome ou número dos capítulos. Diga, ajuda, para ouvir o nome dos capítulos. Fale quiz, para testar seus conhecimentos, ou se quiser ouvir qualquer coisa novamente, fale, repita. Quer começar? Então, fale o nome do capítulo ou número.”

No capítulo 1, “Introdução”, é abordado o conteúdo a seguir:

“Introdução. Hematologia é a ciência ou estudo do sangue, órgãos formadores de sangue e as doenças relacionadas ao sangue. Os hematologistas, são médicos especialistas, que analisam e estudam principalmente, os órgãos linfáticos, células sanguíneas e a medula óssea, para prevenir, tratar e diagnosticar as doenças do sangue. Os hematologistas também tratam de órgãos que são alimentados pelas células sanguíneas, tais como os gânglios linfáticos, baço, timo e tecido linfóide. O Hemograma é o exame que avalia as células sanguíneas de um paciente, ou seja, os leucócitos ou glóbulos brancos, as hemácias, também chamadas de glóbulos vermelhos ou eritrócitos, a contagem de plaquetas e índices hematológicos. A partir do hemograma, é possível diagnosticar e acompanhar a evolução de algumas doenças, por exemplo, anemias, infecções por bactérias, vírus ou fungos, problemas da medula óssea, leucemias e linfomas. Se quiser que eu repita, fale repita. Ou, para aprender mais, fale o nome ou número de um capítulo.”

No Capítulo 2, “Sangue”, o conteúdo abordado é o seguinte:

“Sangue. O sangue é composto de várias partes, incluindo glóbulos vermelhos, glóbulos brancos, plaquetas e plasma. O sangue circula pelo nosso corpo e fornece substâncias essenciais, como oxigênio e nutrientes às células do corpo, sendo também responsável pelos processos de coagulação e defesa do organismo contra agentes invasores. Os glóbulos vermelhos representam 40% a 45% do volume sanguíneo. Os glóbulos brancos, representam 1% do volume sanguíneo, mas são extremamente importantes, pois ajudam a combater as

infecções. Glóbulos vermelhos e brancos são produzidos na medula óssea. As plaquetas, são pequenos fragmentos incolores que se unem e interagem com proteínas da coagulação para parar ou prevenir o sangramento. O plasma é a parte fluida do sangue. Composto por 92% de água, também contém proteínas vitais, sais minerais, açúcares, gorduras, hormônios e vitaminas. Se quiser que eu repita, fale repita. Ou, para aprender mais, fale o nome ou número de um capítulo.”

No Capítulo 3 “Hemácias” o conteúdo abordado é o seguinte:

“Hemácias. As hemácias, também chamadas de glóbulos vermelhos e eritrócitos, são células anucleadas e possuem um formato de disco bicôncavo. Os glóbulos vermelhos correspondem a cerca de 40% a 45% do volume total de sangue em nosso corpo. A hemoglobina é a proteína que existe dentro dos glóbulos vermelhos, responsável pelo transporte de oxigênio em nosso corpo. Os glóbulos vermelhos também removem o dióxido de carbono de nosso corpo, transportando-o para os pulmões para depois ser expirado. O tempo médio de vida de uma hemácia é de 120 dias. Após esse período, ela é destruída no baço, onde aproximadamente dez milhões de hemácias são destruídas por segundo. Entre as doenças dos glóbulos vermelhos temos muitos tipos de anemia. Essa é uma condição na qual não há glóbulos vermelhos suficientes para transportar oxigênio por todo o corpo. A anemia pode ter início, por exemplo, por falta de ferro na alimentação ou hemorragias. As pessoas com anemia podem ter glóbulos vermelhos com um formato incomum, maiores ou menores do que o normal. Se quiser que eu repita, fale repita. Ou, para aprender mais, fale o nome ou número de um capítulo. Ou, se estiver pronto, fale quiz.”

No Capítulo 4 “Leucócitos” o conteúdo abordado é o seguinte:

“Leucócitos. Os leucócitos, também chamados glóbulos brancos, são células incolores, de formato esférico. Apesar dos glóbulos brancos representarem aproximadamente 1% de nosso sangue, eles são muito importantes, pois defendem nosso organismo contra vírus, bactérias e organismos estranhos. No processo de defesa, glóbulos brancos realizam fagocitose, englobando, digerindo e destruindo os organismos invasores. Outra forma de defesa é a produção de anticorpos. Eles também podem até deixar os vasos sanguíneos, num processo chamado diapedese, para estender a luta para tecidos lesionados. Os leucócitos são divididos em dois grupos: granulócitos e agranulocitose. Os granulócitos são de três tipos: Neutrófilos. Eles são o tipo mais numeroso de glóbulo branco e nossa primeira linha de defesa quando ocorre uma infecção. Essas células realizam fagocitose e possuem a capacidade de

deixar os vasos sanguíneos e penetrar nos tecidos. Basófilos. Soam um alarme quando agentes infecciosos invadem o sangue. Eles secretam substâncias químicas como a histamina e heparina, um marcador de doença alérgica que ajuda a controlar a resposta imune do corpo. Eosinófilos. Eles atacam e matam parasitas. Seu número aumenta para dar resposta a reações alérgicas e quando temos infecções parasitárias. Os agranulocitose são de dois tipos: Monócitos. Eles têm uma vida útil mais longa do que muitos glóbulos brancos e ajudam no combate às bactérias. Linfócitos. Eles criam anticorpos para combater bactérias, vírus e outros invasores potencialmente prejudiciais. Se quiser que eu repita, fale repita. Ou, para aprender mais, fale o nome ou número de um capítulo. ou, se estiver pronto, fale quiz.”

No Capítulo 5 “Plaquetas” o conteúdo abordado é o seguinte:

“Plaquetas. As plaquetas são as menores de nossas células sanguíneas e se parecem com pequenas placas em sua forma inativa. As plaquetas controlam o sangramento, atuando no processo de coagulação. Sempre que ocorre uma lesão num vaso sanguíneo, esse envia um sinal. As plaquetas recebem esse sinal e viajam para a área afetada, mudando para sua formação ativa, crescendo longos tentáculos e formando aglomerados que vão cobrir a ferida até que ela cure. Se quiser que eu repita, fale repita. Ou, para aprender mais, fale o nome ou número de um capítulo. ou, se estiver pronto, fale quiz.”

Após o Capítulo 5 é o momento de iniciar o Quiz:

“Quiz”

“Nesse quiz, você vai encarar dez perguntas. Você pode responder falando o texto, ou, com a, b, ou, c. Então vamos lá!

No Quadro 5 são apresentadas as perguntas das Questões do Quiz.

Quadro 5 - Perguntas da skill Biologia da hora- hematologia (ALEXA)

Itens	Perguntas
<i>Q1. Pergunta #1</i>	<i>“Qual o nome do tipo mais numeroso de glóbulo branco, nossa primeira linha de defesa, quando ocorre uma infecção? a. Neutrófilos. b. Basófilos. c. Linfócitos”</i>
<i>Q2. Pergunta # 2</i>	<i>“Onde são produzidos os glóbulos vermelhos e brancos? a. medula óssea. b. baço. c. fígado”</i>
<i>Q3. Pergunta # 3</i>	<i>“Qual o nome dado aos médicos especialistas que analisam e estudam, os órgãos linfáticos e as doenças do sangue? a. Cancerologistas. b. Hematologistas. c. Urologistas”</i>

Q4. Pergunta # 4	<i>“As plaquetas, são as menores de nossas células sanguíneas e atuam na? a. diapedese. b. coagulação. c. fagocitose”</i>
Q5. Pergunta # 5	<i>“Qual o nome dado à parte fluida do sangue, composta por 92% de água? a. ureia. b. plasma. c. hormônio”</i>
Q6. Pergunta # 6	<i>“Qual o nome do processo no qual leucócitos deixam os vasos sanguíneos para estender a luta e defesa até os tecidos? a. diapedese. b. fagocitose. c. coagulação”</i>
Q7. Pergunta # 7	<i>“O Hemograma é o exame que avalia que tipo de células de um paciente? a. tronco. b. sanguíneas. c. neuronais”</i>
Q8. Pergunta # 8	<i>“Em qual órgão do corpo humano as hemácias são destruídas? a. medula óssea. b. fígado. c. baço”</i>
Q9. Pergunta # 9	<i>“Qual o nome do tipo de leucócito que cria anticorpos para combater bactérias, vírus e outros invasores potencialmente prejudiciais? a. Neutrófilos. b. Basófilos. c. Linfócitos”</i>
Q10. Pergunta # 10	<i>“Qual o nome do processo em um glóbulo branco, engloba, digere, e destrói os organismos invasores? a. diapedese. b. fagocitose. c. coagulação”</i>

Fonte: Elaboração da autora (2022).

Durante as interações que estão armazenadas em sua base de dados constam interações sociais com a ALEXA descritas nos áudios a seguir.

Áudio 1: Nenhum texto armazenado

“Sua resposta não é válida. Você deve responder somente com a, b, ou c. ou falando o texto da resposta. Por favor, fale repita para eu repetir a pergunta.”

Áudio 2: “ALEXA pare”

“Você já vai embora? Ok, tudo bem. Volte outras vezes, para continuar estudando e aprendendo!”

Áudio 3: “ok”

“É um prazer ajudar.”

Durante o experimento são capturados diversos logs do fluxo de comunicação com a IA da ALEXA e registrados em uma conta do Echo Dot do usuário no sistema da Amazon.

Na Figura 24 é apresentada a captura das interações.

Figura 24 - Sistema de gestão de dados do Echo Dot

<i>“três”</i>	12 de novembro de 2021	14:29	Echo Dot de Andreia	▼
<i>“dois”</i>	12 de novembro de 2021	14:27	Echo Dot de Andreia	▼
<i>“um”</i>	12 de novembro de 2021	14:26	Echo Dot de Andreia	▼
<i>O áudio não pôde ser compreendido</i>	12 de novembro de 2021	14:26	Echo Dot de Andreia	▼
<i>“iniciar aprender”</i>	12 de novembro de 2021	14:25	Echo Dot de Andreia	▼
<i>Nenhum texto armazenado</i>	12 de novembro de 2021	14:25	Echo Dot de Andreia	▼
<i>“alexa iniciar biologia da hora hematologia”</i>	12 de novembro de 2021	14:24	Echo Dot de Andreia	▼

Fonte: Echo Dot – Amazon (2022).

O participante do estudo enfatizou o interesse e a motivação para usar novas soluções técnicas, como a ALEXA, e tem grandes expectativas em relação às interfaces de usuário de conversação. Ele acredita que os assistentes virtuais não podem ser passivos, mas sim iniciar uma conversa com os usuários em determinadas condições. Ele também aponta que um assistente virtual necessita ser um complemento e não um substituto para o contato pessoal com outras pessoas. Em entrevista posterior, perguntado sobre como ocorreu a interação e se teve vontade de interagir com um verdadeiro tutor, a resposta foi sim. Sobre receber perguntas desafiadoras em um conhecimento específico, o participante respondeu que “acionou meus processos de pensamento”.

A assistente virtual respondeu imediatamente as suas respostas? “Sim”. Ao responder o Quiz, você teve dificuldades de concentração? “Não”. Você apresentou algum tipo de sentimento/estado emocional ao receber “resposta errada” durante o Quiz? “Sim, uma espécie de alteração, estresse e ansiedade”. Durante as interações com a ALEXA, foram observadas as perguntas e respostas do participante descritas no Quadro 6.

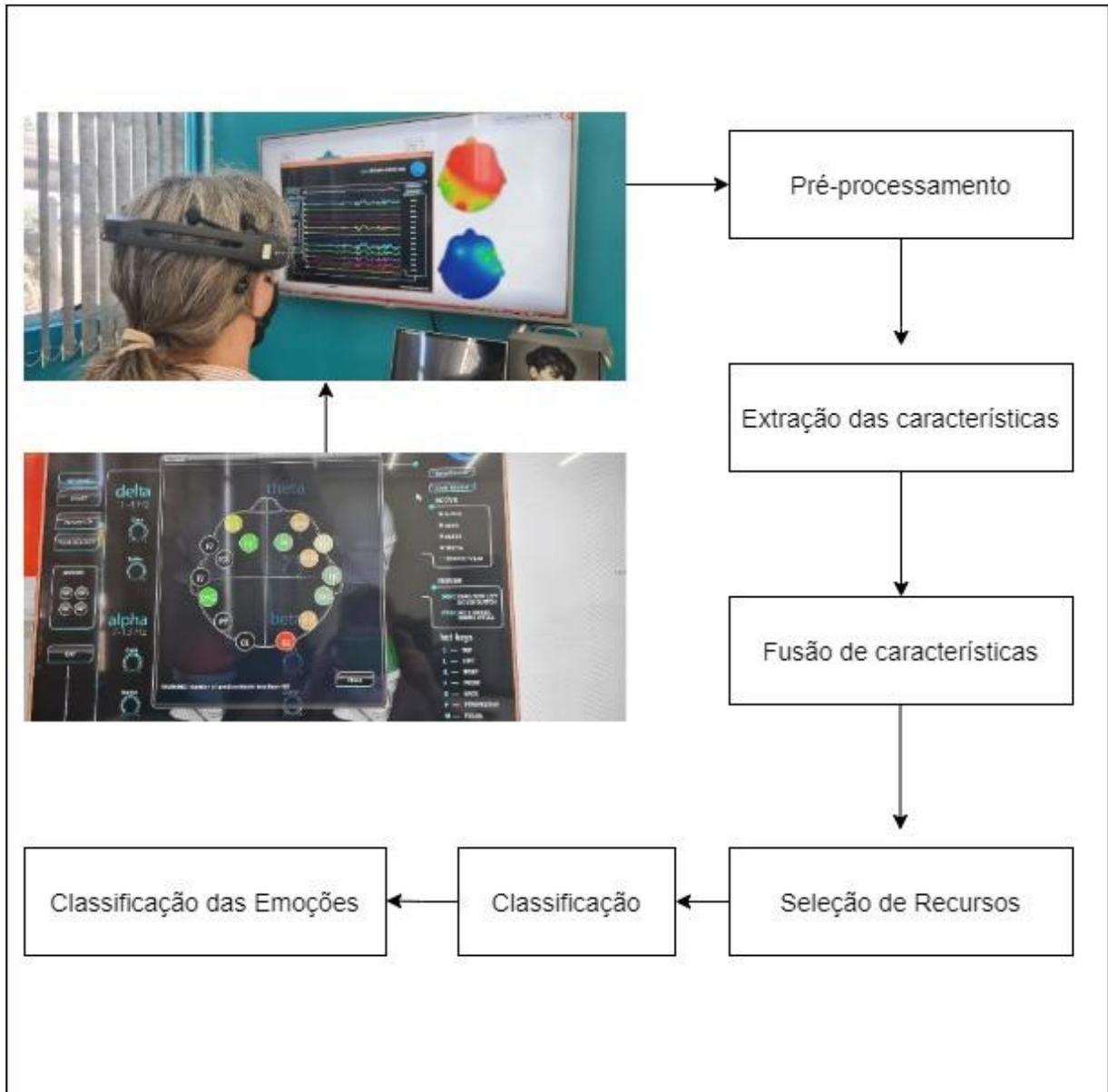
Quadro 6 - Perguntas e Respostas do participante com a Skill Biologia da hora- hematologia (ALEXA)

Itens	Perguntas e Respostas do participante
<i>Q1. Pergunta #1</i>	<p>“Qual o nome do tipo mais numeroso de glóbulo branco, nossa primeira linha de defesa, quando ocorre uma infecção? a. Neutrófilos. b. Basófilos. c. Linfócitos”</p> <p>“Resposta: Neutrófilos” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 1</p>
<i>Q2. Pergunta # 2</i>	<p>“Onde são produzidos os glóbulos vermelhos e brancos? a. medula óssea. b. baço. c. fígado”</p> <p>“Baço” “Resposta Errada! E, sua pontuação é. 1</p>
<i>Q3. Pergunta # 3</i>	<p>“Qual o nome dado aos médicos especialistas que analisam e estudam, os órgãos linfáticos e as doenças do sangue? a. Cancerologistas. b. Hematologistas. c. Urologistas”</p> <p>“Hematologistas” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 2.</p>

Q4. Pergunta # 4	<p><i>“As plaquetas são as menores de nossas células sanguíneas e atuam na? a. diapedese. b. coagulação. c. fagocitose”</i></p> <p>“Coagulação” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 3.</p>
Q5. Pergunta # 5	<p><i>“Qual o nome dado à parte fluida do sangue composta por 92% de água? a. ureia. b. plasma. c. hormônio”</i></p> <p>“Plasma” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 4.</p>
Q6. Pergunta # 6	<p><i>“Qual o nome do processo no qual leucócitos deixam os vasos sanguíneos para estender a luta e defesa até os tecidos? a. diapedese. b. fagocitose. c. coagulação”</i></p> <p>“C.” “Resposta Errada! E, sua pontuação é. 4.</p>
Q7. Pergunta # 7	<p><i>“O Hemograma é o exame que avalia que tipo de células de um paciente? a. tronco. b. sanguíneas. c. neuronais”</i></p> <p>“Sanguíneas” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 5.</p>
Q8. Pergunta # 8	<p><i>“Em qual órgão do corpo humano as hemácias são destruídas? a. medula óssea. b. fígado. c. baço”</i></p> <p>“Medula óssea” “Resposta Errada! E, sua pontuação é. 5.</p>
Q9. Pergunta # 9	<p><i>“Qual o nome do tipo de leucócito que cria anticorpos para combater bactérias, vírus e outros invasores potencialmente prejudiciais? a. Neutrófilos. b. Basófilos. c. Linfócitos”</i></p> <p>“Linfócitos” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 6.</p>
Q10. Pergunta # 10	<p><i>“Qual o nome do processo em que um glóbulo branco engloba, digere, e destrói os organismos invasores? a. diapedese. b. fagocitose. c. coagulação”</i></p> <p>“Fagocitose” “Resposta Certa! E, sua pontuação é. 7.</p>
	<p>“Ok” “É um prazer ajudar.”</p> <p>“ALEXA pare” “Você já vai embora? Ok, tudo bem. Volte outras vezes, para continuar estudando e aprendendo!”</p>

Na Figura 25 é apresentado o fluxograma do experimento com o uso do dispositivo da EMOTIV com os processos e as classificações envolvidas.

Figura 25 - Fluxograma dos processos para classificação das emoções



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

6.2.2 Medição e análise

A aquisição de dados de EEG capturados pelo dispositivo EMOTIV são demonstradas na Figura 26 a seguir. O desempenho da atividade cerebral durante o uso da IA da ALEXA com

o participante ouvindo o áudio dos capítulos iniciais da Skill de um a cinco são rastreados em seu desempenho.

Pode-se observar que o participante teve uma maior concentração e densidade de onda na frequência cerebral Theta entre 4 e 8 Hz quando estava na parte inicial do experimento ouvindo os capítulos de um a cinco do estudo. Na Figura 26 é mostrada a medição e análise da ativação cerebral.

Figura 26 - Medição e análise da frequência cerebral durante os conhecimentos da ALEXA



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Para o resultado do experimento com base no EEG foi observado o desempenho durante a realização do Quiz com perguntas de múltipla escolha com questões de um a dez. As evidências observadas foram que a concentração maior na medida da onda ocorreu na frequência Beta de 15 a 30 Hz. Na Figura 27 é mostrada a medição e análise da ativação cerebral.

Figura 27 - Medição e análise da frequência cerebral durante o Quiz



Fonte: Acervo pessoal da autora (2022).

Devido a esse desempenho, em certa medida é possível observar as evocações das emoções analisadas a seguir.

6.2.3 Resultados quantitativos Capítulos vs. Quiz

Foram coletados o estado emocional do participante e as respostas depois de o usuário realizar o experimento. O software do dispositivo usa um banco de dados padronizado de emoções para classificar os sinais de EEG. A avaliação do participante foi consistente para as expectativas. As pontuações relatadas são com as emoções identificadas com algoritmo do sensor da EMOTIV. As emoções evocadas são estresse, engajamento, interesse, excitação, foco e relaxamento.

Na Figura 28 são apresentadas as avaliações das questões do Quiz e a interpretação das emoções com os estados emocionais e as medidas das frequências cerebrais. Durante a aplicação do Quiz, com um questionário de dez questões, foram observadas as respostas e seus níveis de estado emocional. Nas questões 2, 6 e 8 o participante teve suas respostas “erradas” e nas questões 1,3,4,5,7,9 e 10 foram respostas “certas”. Na Figura 29 são apresentados os estados emocionais durante o participante estar ouvindo os conhecimentos dos Capítulos inseridos na Skill da ALEXA e a análise ocorre em nível de maior concentração e densidade dos sinais em “interesse”, seguido de excitação, foco, engajamento, relaxamento e estresse. A análise é de

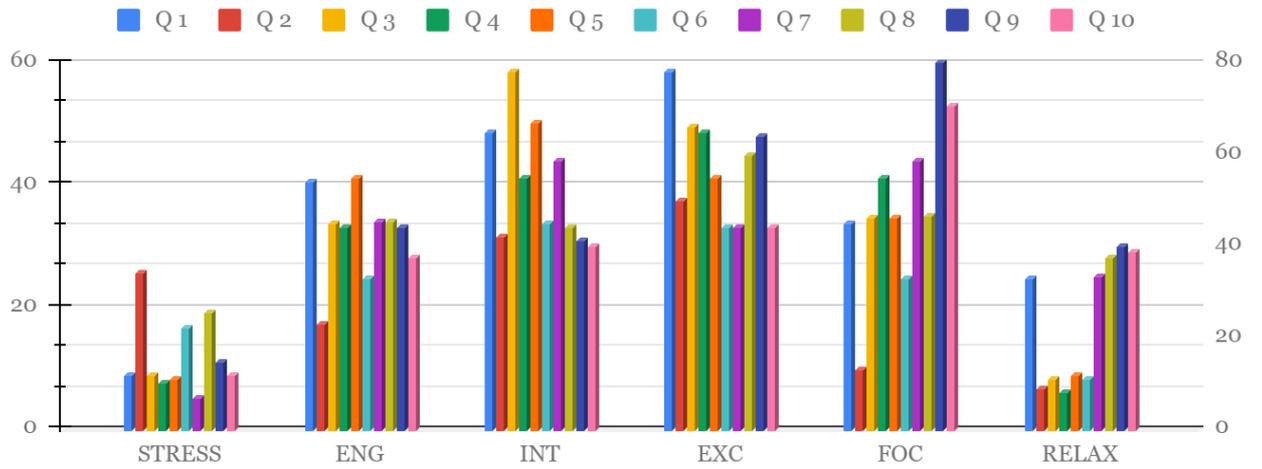
que o participante esteve com interesse na maioria do tempo durante o experimento com os conhecimentos dos capítulos sugeridos.

Na Figura 30 é analisada a medição das frequências cerebrais e suas intensidades nos sinais durante a audição dos Capítulos e foi possível observar que a onda cerebral predominante foi a Theta de 4 a 7Hz que equivale a 7Hz. Então pode-se dizer que essa onda teve a vibração de até 7 vezes por segundo. É importante salientar que as ondas Theta geram uma oscilação neural no cérebro que sustenta aspectos da cognição e de comportamento.

E por último, a Figura 31 é apresentada com os sinais de EEG para os resultados das respostas do Quiz com questões de 1 a 10 em sequência. Pode-se evidenciar que nas questões 1,2,6 e 8 a oscilação Beta de 15 a 30Hz foi predominante em concentração desse sinal. As ondas Beta estão associadas ao estado de vigília, consciência e foco. A análise foi que o participante ao iniciar o quiz na questão um, teve o sinal Beta mais alterado em seus picos de onda por estar na situação do “novo”. Ao receber a primeira informação e sua ansiedade estar mais “ativa” no momento inicial em que ocorre o recebimento a informação, acoplar, compreender para depois chegar a um padrão já identificado pelo cérebro para chegar a uma reação em que ocorre a resposta da questão. Já ao analisar as oscilações nas questões 2, 6 e 8 em picos maiores, pode-se evidenciar que devido às respostas estarem “erradas”, o participante tem essa alteração no sinal por receber uma informação negativa para o experimento.

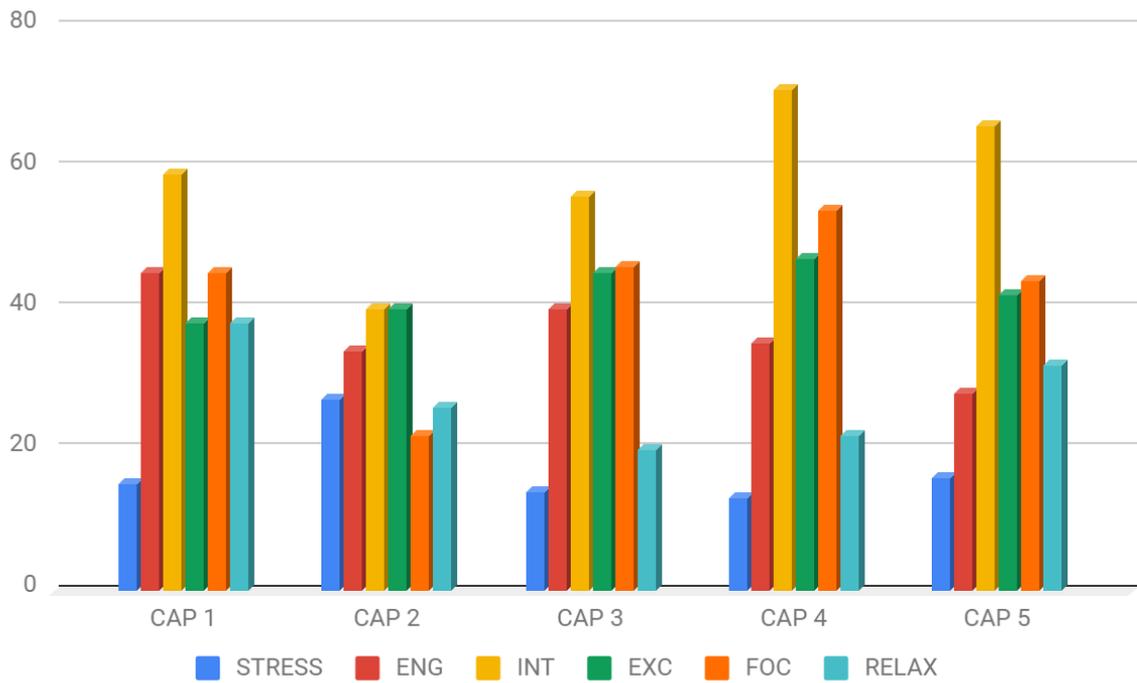
Neste experimento verificou-se que a tecnologia desse recurso educacional IA vs. Sensor mapeia a força do impulso e as habilidades de resolução das questões do Quiz. As interações com a ALEXA mudam o comportamento de aprendizagem. As descobertas contribuem para a tutoria por computador e a pesquisa mediada por tecnologia.

Figura 28 - Questões do Quiz e a interpretação das Emoções



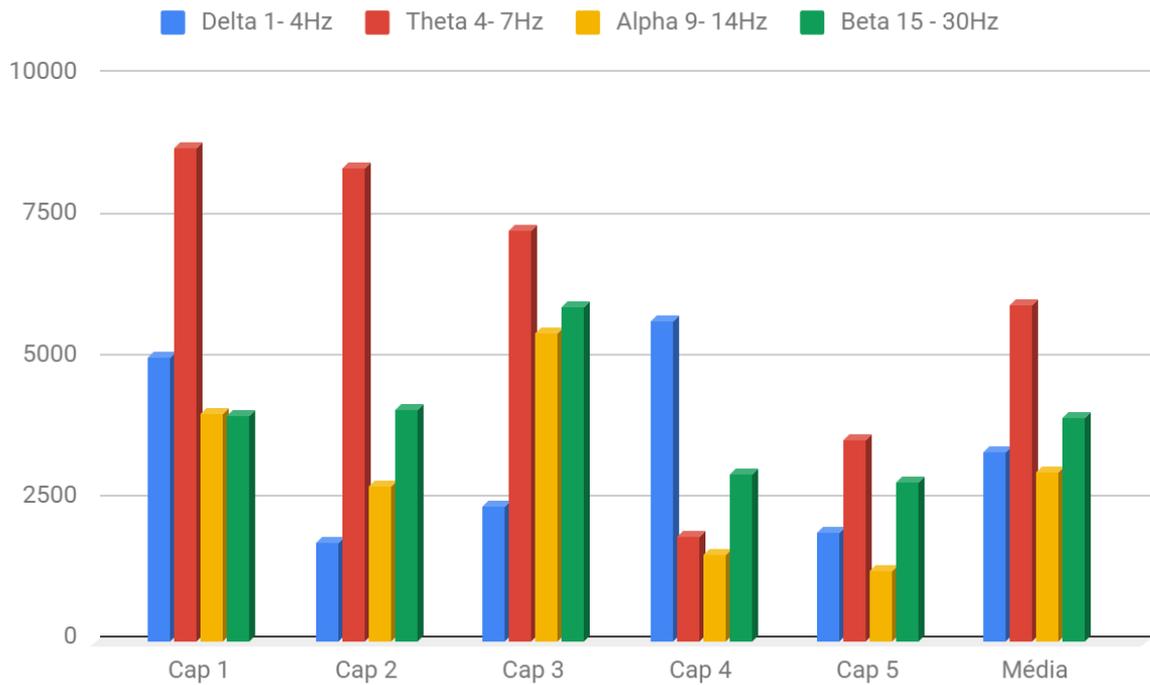
Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Figura 29 - Capítulos e a interpretação das Emoções



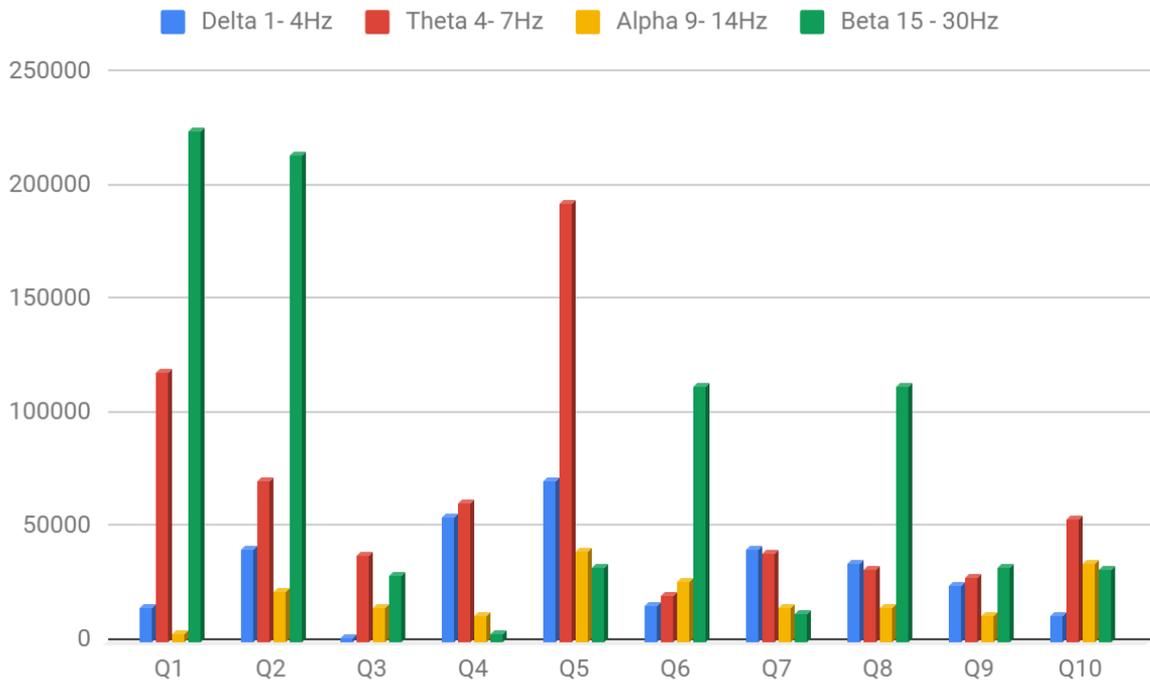
Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Figura 30 - Medição das frequências cerebrais durante a audição dos Capítulos



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

Figura 31 - Medição das frequências cerebrais durante o Quiz



Fonte: Dados coletados na pesquisa (2022).

6.2.4 Discussão

As descobertas quantitativas fornecem informações para que possamos acreditar que as interações com uma assistente virtual têm um efeito positivo com o uso de habilidades de perguntas e respostas em um formato de Quiz. O objetivo do estudo foi investigar o efeito das interações com a tecnologia de Inteligência Artificial. Foram observados que as habilidades de Inteligência Artificial impactam os processos de atividade cerebral durante as interações de perguntas e respostas, nesse caso o uso de resposta de múltipla escolha.

Com ajuda inicial de o participante conhecer o conteúdo abordado no quiz seguinte em forma de capítulos de aprendizagem do conteúdo abordado, esses dados indicam um efeito positivo da tecnologia de Inteligência Artificial em um ambiente escolar. Com o suporte da Inteligência Artificial da ALEXA os participantes podem construir interações individuais e receber suporte individual em dispositivos que usam todos os dias. Em um ambiente acadêmico, a Inteligência Artificial pode ser utilizada como um recurso e um complemento para os professores para ajudá-los em ambientes onde eles não podem fornecer suporte individual devido a razões de espaço e distância. Quando um estudante interage com uma IA ALEXA, uma grande quantidade de dados do estudante pode ser coletada, como controle de realização de atividade individual, nível de conhecimento sobre o conteúdo da skill e motivação individual. Esses dados podem ajudar os professores a modificar seus métodos de ensino, como por exemplo, oferecer ajuda individual para estudantes com baixo desempenho.

A IA da ALEXA pode ser uma “tutora pessoal” ao lado do aprendiz que pode receber apoio individual para progredir nos estudos. Nesse caso os estudantes ainda podem mudar seus locais de aprendizagem e tempos de aprendizagem. O estudo forneceu evidências empíricas para a utilização da tecnologia de uma Assistente Virtual Inteligente e forneceu novos *insights* sobre como essa tecnologia pode mudar os processos de ensino e contribuir para a pesquisa de aprendizagem mediada pela tecnologia.

A autora conclui que o assistente de voz pode atuar como um parceiro de conversação e ajudar a diminuir a sensação de solidão. Acredita-se que os estudantes de agora em diante estarão esperando recursos individualizados que uma Assistente Virtual pode fornecer e não um ambiente passivo. As habilidades que podem tornar um ambiente educacional mais divertido, com o uso da tecnologia de dispositivos Echo Dot, podem mostrar resultados engajadores em um ambiente de sala de aula e até mesmo em aulas remotas.

Além disso, para os deficientes cognitivos incluindo dificuldades de leitura e escrita, a assistente virtual poderá ajudar em suas rotinas diárias e também agir como um parceiro de conversação. Estudos ainda indicam que entre pessoas cegas, o uso da IA com interação por voz é conveniente e pode desempenhar um papel importante na demonstração de sentimentos de independência e empoderamento.

As assistentes virtuais estarão no centro das atenções nos próximos anos, à medida que entrarem na vida cotidiana das famílias. A maneira como elas podem ser usadas de forma eficiente no processo de aprendizagem é objeto de pesquisa, pois são muitos desafios. Os professores precisam ser treinados e motivados sobre a utilidade dos dispositivos, a fim de adaptá-los em suas aulas, sendo que o dispositivo ainda está em estágio inicial de pesquisa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar os estudos com os sensores vestíveis, tornou-se aparente que ele pode detectar sinais diferenciáveis para vários estados mentais incluindo as principais emoções: alegria, estresse, engajamento, raiva e foco do estudante. Ainda pode ser aplicado para detectar a emoção e ser um complemento ao professor em um ambiente de sala de aula. Isso é evidente a partir das pesquisas citadas nessa tese, com análise em eletroencefalograma (EEG), que denotam as faixas medidas em Hertz. Em trabalhos anteriores, tais como: Feldman (2018), Ekman (2015) e Noam (2020), observa-se que esses pesquisadores já utilizam a densidade do espectro de potência como um método de análise, havendo um pico claro nas faixas de frequências relativamente mais baixas e altas. Essas percepções trazem evidências positivas para uma implementação básica dos sensores de EEG em sala de aula.

Essa análise com os dados coletados em EEG é capaz de gerar resultados complementares o suficiente para serem usados em um ambiente de sala de aula. A seleção dos recursos educacionais que desencadeiam as emoções dos estudantes foi contemplada, embora o custo dos equipamentos ainda não seja a realidade das instituições públicas no momento, os avanços provavelmente continuarão a progredir na melhoria ao acesso.

No decorrer da análise dos dados, surgiram elementos como o uso dos sensores EEG e as interações com os recursos educacionais capazes de auxiliar a compreensão para os processos de ensino e aprendizagem. Como contribuição, a pesquisa também abrange o conhecimento científico para o ensino de ciências como, por exemplo, o ensino sobre a atenção e a identificação das emoções, pois o tema desperta o interesse de estudantes de várias áreas do conhecimento. Para a formação de professores também será de grande importância, pois a tese e os recursos didáticos oferecidos podem ser usados em seus projetos de ensino, fortalecendo e potencializando metodologias e investigações multidisciplinares.

Reconhecidamente os sensores vestíveis de baixo custo são recentemente usados em pesquisas educacionais e é importante falar da capacidade da leitura da atividade cerebral e sua portabilidade (MERT e AKAN, 2018). No entanto, a tecnologia inovadora aumenta o desenvolvimento desses dispositivos de EEG, estendendo o seu potencial e desempenho.

Esse estudo apresenta que a leitura de ondas cerebrais em EEG pode ser uma ferramenta relevante para o ensino de ciências utilizado como Interface Cérebro-Computador. Foram analisadas as possíveis relações entre as emoções desencadeadas pelos estudantes com a execução das atividades com o recurso educacional. Na comparação dos resultados com o uso

dos recursos educacionais propostos, vídeos, realidade virtual e a skill, pode-se considerar que houve diferentes oscilações neuronais durante o uso das tecnologias envolvidas. Em cada uma delas, a provocação agrupada foi observada como positiva.

Os resultados desse estudo podem ser benéficos em educação, medicina, psicologia e entretenimento. Os resultados têm como objetivo apoiar futuras investigações por novos pesquisadores nessa área. A leitura de ondas cerebrais baseadas em EEG compreende vários fatores como: alimentação, temperatura do ambiente, exposição à luz, ruídos externos etc., que precisam ser levados em consideração na metodologia de pesquisa. Foi observado que o procedimento geral da amostra dos dados começa com o recrutamento adequado dos participantes e a seleção de animações, seguido pela aquisição de dados e sua classificação entre os fenômenos das emoções. Os efeitos dos estudos revisados indicam que o uso dos recursos educacionais propostos teve oscilações mais altas quando da observação das frequências Alpha e Beta em seu estado emocional. Nos estudos foram observadas as emoções dos estudantes sob o aspecto dos recursos educacionais conduzidos por meio de um software de leitura de atividade cerebral e o uso de sensores EEG. O estudo encontrou diferenças significativas nas emoções em diferentes recursos educacionais, sendo os valores destas mensurados nas diferentes situações.

Esta pesquisa evidenciou a melhora e a estabilidade na precisão da saída de dados de emoções e níveis, melhorando a expressividade dos dados. A razão para os resultados pode estar relacionada à natureza do material experimental, que pode exigir mais pesquisas usando diferentes testes de níveis de EEG.

Os professores podem fazer uso dessas tecnologias para potencializar os processos de avaliações, com as evidências dos estados emocionais dos estudantes com experiências que mensuram os fenômenos de atenção e das emoções, contribuindo para a literatura relacionada e confirmando que os estados emocionais dos estudantes são diferentes ao usar diferentes mídias em um ambiente de aprendizagem, especialmente com as mídias digitais. Avaliar os graus de atenção e das emoções é extremamente difícil, pois exige reconhecimento automatizado por software e também porque as emoções semelhantes podem ter parâmetros sobrepostos e que necessariamente são medidos mesmo nesta sobreposição. Nesta tese, a contribuição foi em mapear esses estados emocionais durante o uso de recursos educacionais e as emoções obtidas durante o uso da tecnologia, identificando semelhanças e diferenças com os recursos utilizados.

Outra contribuição deste estudo foi a utilização de registros de EEG para pesquisas e sugestão de gravações de EEG em vez do tradicional questionário de lápis e papel. O dado utilizado no estudo foi o valor médio dos estados de emoção. Apesar de haver um movimento muito lento em direção ao uso desses métodos com o uso de sensores para reconhecimento das emoções, a presente pesquisa representa uma tentativa de problematizar o processo e os sistemas de computação por meio da aplicação dos sensores e métodos de reconhecimento de emoções nas comunidades acadêmicas. A confirmação disso é o sistema de computação para armazenar os resultados dos estudantes, que foi desenvolvido pela autora dessa pesquisa (BOS, 2020), como forma de auxiliar o professor durante as suas investigações.

Em pesquisas futuras, busca-se seguir os valores dos fenômenos ocorridos explorando métodos mais eficazes agregando informações como, por exemplo: a interpretação por meio de uma inteligência artificial ou algoritmo básico para captura de expressões faciais e o rastreamento ocular, eye tracking, por exemplo.

O processo educacional em instituições de Ensino Superior precisa se organizar quanto às suas estruturas com os espaços educacionais e o uso de novas tecnologias. Também deve-se levar em consideração a possibilidade de diferentes circunstâncias de força maior, que podem aumentar significativamente a maneira e os métodos de estudos dentro do ambiente escolar. Um processo educacional moderno é significativamente influenciado pelas tendências para a globalização, por exemplo, a tecnologia de interface cérebro-computador que se manifesta nas necessidades que os estudantes apresentam.

As tecnologias de Interface cérebro-computador se entrecruzam com a educação, potencializando os estudos da neurociência. O desenvolvimento e implementação de mais softwares e dispositivos avançados nessa área contribuem para esse processo de formação do professor e seus desafios com novos métodos de ensino usando as tecnologias citadas.

Agradecimentos: Agradecemos a todos os participantes e pesquisadores durante o experimento. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

REFERÊNCIAS

- ATENAS J. and L. Havemann, “Quality assurance in the open: an evaluation of oer repositories,” INNOQUAL-International Journal for Innovation and Quality in Learning, vol. 1, no. 2, pp. 22–34, 2013
- ATWATER, F.H. 2001. Binaural beats and the regulation of arousal levels. In Proc. of the TANS 11 Forum on New Arts and Science.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- AUSUBEL, D. (1983). *Psicología Educativa: Um ponto de vista cognoscitivo*. México, DF: Editorial Trillas. **Traducción de la segunda edición de Educational psychology: A cognitive view**, 1983.
- BACHELARD, G. **A formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996. 314p.
- BADDELEY, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97
- BAMDADIAN. A. GOAN, C., ANG, K.K. XU,.1. 2014. The predictive role of pm-cue EEG rhythms on MI-based BC11 classification performance. *J. Neurosci. Methods* 235. 138-144.
- BEAR, M. F., CONNORS, B. W., & PARADISO, M. A. (2007). *Neuroscience: exploring the brain*. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins.
- BINDER, C., I LAUENTON, E., & VAN EYK, (1990). Increasing endurance by building fluency: Precision teaching attention span. *TEACHING Exceptional Children*, 22(3), 21-27.
- BIRNBERG, J. G. & GANGULY, A.R., Is Neuroaccounting Waiting in the Wings? An Essay (November 16, 2011). *Accounting, Organizations and Society*, Forthcoming; Claremont McKenna College Robert Day School of Economics and Finance Research Paper No. 2011-05.
- BOLL, C. I.; MULLER, D. N.; ROSSATO, M.; AXT, M.; RAMOS, W. M. ENUNCIACÕES ESTÉTICAS EM VÍDEOS ESCOLARES NA CULTURA DIGITAL: por uma outra forma de olhar os estudos midiáticos na escola. *Plurais: Revista Multidisciplinar da UNEB*, v. 4, p. 132-144, 2019.
- BOLL, Cíntia Inês; RAMOS, Wilsa Maria; REAL, Luciane Corte. *Aprendizagem Móvel*. In: Daniel Mill (Org.) *Dicionário crítico de educação e tecnologias e de educação a distância*. 1ed. Campinas, SP: Papyrus, 2018. 736p.
- BOLL, C.I. *Enunciação Estética Juvenil em Vídeos Escolares no YouTube*. Tese de Doutorado em Educação – Faculdade de Educação. UFRGS, Porto Alegre, 2013. 117f.

BOLL, C. I.; LOPES, R. C.; LUCHINI, N. A. Tecnologias móveis e educação a distância: mais do que criar aplicativos é preciso saber o que fazer com eles. *SIED:EnPED:2016*, v. 1, p. 1-11, 2016. Disponível em: <http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/index.php/2016/article/view/1742/739>

BOS, A.; ZARO, M.; PRESTES, L. P.; PIZZATO, M. C.; AZEVEDO, D. F. G.; AVILA, F. R.; BATISTA, M. (2019a). Student's attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(4), 155-157.

BOS, A.; PRESTES, L.; PIZZATO M.; ZARO M. (2019b). Vídeos Educativos: Investigação da Atenção e o Mapeamento do Aprendizado Ativo. In: *Abordagens teóricas e reflexões sobre a educação presencial a distância e corporativa*. Maringá: Uniedusul Editora.

BOS, A. S., HERPICH, F., KUHN, I., GUARESE, R. L. M., TAROUCO, L. M. R., ZARO, M. A., PIZZATO, M.C., WIVES, L. (2019). Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/0735633119854033>

BOS, A.S.; PIZZATO, M.; ZARO, M. A. Revisão da Tecnologia Interface Cérebro Computador: uma perspectiva educacional. **Redin-Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 8, n. 1, 2019.

BOS, A.S.; ZARO, M. Parâmetro da atenção do aluno com sensores EEG: O uso da realidade virtual no ambiente escolar. **Educação em foco: Tecnologias digitais e inovação em práticas de ensino, Vol 1.**, 2020.

BOS, A.S.; PIZZATO, M; ZARO, M. Experimento de medição do nível de Atenção do Estudante: o uso da Mídia Interativa como Estímulo Resposta. **RENOTE**, v. 17, n. 3, p. 607-616, 2019.

BOS, A. S.. Intensidade da atenção do estudante: registros de EEG no contexto de audiovisual e mídias interativas. 2021. Tese de doutorado.

BOS, et al. (2020) Empirical Evidence during the Implementation of an Educational Chatbot with the Electroencephalogram Metric. *Creative Education*, 11, pág. 2337-2345. doi: [10.4236/ce.2020.1111171](https://doi.org/10.4236/ce.2020.1111171).

BRASIL. Diretoria de Avaliação da Educação Básica. Brasil no PISA 2018: sumário executivo. Brasília, 2018. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_examenes_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf acesso em 30/03/2022

BRUER, J. T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: MIT Press.

CARVALHO JUNIOR, Cesar Valentim de Oliveira. Neuroaccounting: mapeamento cognitivo cerebral em julgamentos de continuidade operacional. 2012. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-03092012-192210/>>. Acesso em: 16/06/2019.

COOK, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues in field settings*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

CORRÊA B., M. L., BOLL, C. I., & FINIMUNDI NOBILE, M. (2022). Cultura digital, mídias móveis e metodologias ativas: potencialidades pedagógicas. **Revista Diálogo Educacional**, 22(72). <https://doi.org/10.7213/1981-416X.22.072.AO07>

COSENZA, R.M. *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Ramon M. Cosenza, Leonor B. Guerra- Porto Alegre: Artmed, 2011.

DECARLI, Cecília; KIRINUS, Giulia Oppa; BOLL, Cíntia Inês. Extensão além dos muros da universidade: Produção coletiva de um recurso educacional aberto como possibilidade de disseminação da educação emocional. **Revista Conexão UEPG**, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2021

DEMING, D. J. & NORAY, K. (2018). *STEM careers and technological change*. Available at https://scholar.harvard.edu/files/ddeming/files/demingnoray_stem_sept2018.pdf. Acesso em 28/03/2022

EKMAN, P. *Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*. Available online: <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/1865-4789-2015-1-2-68/politische-entscheidungen-muessen-nachvollziehbar-sein-volume-7-2015-issue-1-2?hitid=4&search-click>

EMOTIV GITBOOK. Disponível em: https://emotiv.gitbook.io/emotivpro/data_streams/performance-metrics. Emotiv Company. Acesso em 02 de março 2021.

EBNER, M., WACHTLER, J., HOLZINGER, A.: *Introducing an information system for successful support of selective attention in online courses*. In: Stephanidis, C., Antona, M. (eds.) UAHCI 2013, Part III. LNCS, vol. 8011, pp. 153–162. Springer, Heidelberg (2013)

FARWELL, L.A., DONCHIN, E., 1988. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 70 (6), 510–523, [http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694\(88\)90149-6](http://dx.doi.org/10.1016/0013-4694(88)90149-6).

FELDMAN LISA E PETER BARRET, SALOVEY. *The Wisdom of Feeling: Psychological Processes in Emotional Intelligence*. Nova York: Guilford Press, 2002

FIALHO, W. C. G.; MENDONÇA, S. O Pisa como indicador de aprendizagem de Ciências. *Roteiro*, [S. l.], v. 45, p. 1–24, 2020. DOI: 10.18593/r. v45i0.20107. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/roteiro/article/view/20107>. Acesso em: 28 mar. 2022.

GARDNER GROUP. *Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies*, 2018. Disponível em <https://www.fourquadrant.com/gartner-hype-cycles-magic-quadrants/>

GOLEMAN, D Inteligência emocional: a teoria revolucionária que define o que é ser inteligente. 45. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

GUO, P. J., KIM, J. AND RUBIN, R. (2014), How video production affects student engagement: An empirical study of mooc videos, in 'Proceedings of the First ACM Conference on Learning @ Scale Conference', L@S '14, ACM, New York, NY, USA, pp. 41–50.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. Versão não publicada do livro: Ensino de Ciências e Cidadania. São Paulo: E-disciplinas Usp, 2007. 53 p. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=516684>. Acesso em: 28/03/2022.

HARBAUGH, H.T. MAYR, U., BURGHART, D., et al. Neural Responses to Taxation and Voluntary Giving Reveal Motives for Charitable Donations. DOI:10.1126/science.1140738 Science 316, 1622 (2007); William T. Harbaugh, et al. Reveal Motives for Charitable Donations

HEINZE HJ, GR MANGUN, W BURCHERT, H HINRICHS, MSCHOLZ, TFMÜNTE, A GÖS, MSCHERG, S JOHANNES, H HUNDESHAGEN, MS GAZZANIGA, SA HILLYARD, Combined spatial and temporal imaging of brain activity during visual selective attention in humans. Nature. 372, 543–546 (1994)

HERPICH, FABRÍCIO; BOS, ANDREIA; KUHN, IGOR; GUARESE, RENAN LUIGI MARTINS; TAROUÇO, LIANE MARGARIDA ROCKENBACH; WIVES, LEANDRO; ZARO, MILTON ANTÔNIO Atividade cerebral no uso de recursos educacionais em realidade aumentada: uma análise da atenção do aprendiz In: XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Brazilian Symposium on Computers in Education), 2018, Fortaleza. org. crossref. xschema. _1. Title@772293c4., 2018. p.1858.

HIDI S. A re-examination of the role of attention in learning from text Educational Psychology Review, 7 (1995), pp. 323-350

HOWE, M. J. A. (1998). Principles of abilities and human learning. Hove: Psychology Press HYPERFILM disponível em <http://www.hyperfilm.it/eng/index.html> acesso em 30 de maio 2019.

H5P disponível em <https://h5p.org> acesso em 30 de maio 2020.

H. R. MATURANA AND F. J. VARELA, The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding, New Science Library/Shambhala Publications, 1987.

IZQUIERDO I., C.R.G. FURINI, J.C. Myskiw Fear memory Physiological Reviews, 96 (2) (2016), pp. 695-750, 10.1152/physrev.00018.

JAMES, W. (1890). The Principles of Psychology. New York, NY: Holt.

J MORAN, R DESIMONE, Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. Science. 229, 782–784 (1985)

JOHN MCCARTHY. What is artificial intelligence? 1998.

KANE, M.J. A.R.A. Conway, M.K. Bleckley, R.W. Engle A controlled attention view of working memory capacity *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (2001), pp. 169-183

KLEIH, S.C., KAUFMANN, T., ZICKLER, C., HALDER, S., LEOTTA, F., CINCOTTI, F., KÜBLER, A., et al., 2011. Out of the frying pan into the fire-the P300-based BCI faces real-world challenges. *Prog. Brain Res.* 194, 27–46, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53815-4.00019-4>

KROPOTOV D. Juri Rhythms of the Healthy Brain funcional neuromarkers for psychiatry, 2016, pp. 403-405.

KROUPI E., YAZDANI A., EBRAHIMI T. EEG Correlates of different emotional states elicited during watching music videos *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, October, Springer, Berlin, Heidelberg (2011), pp. 457-466

KULTZAK, Adriano Francisco. Categorização de textos usando algoritmos de aprendizado de máquina com WEKA . 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KUMAR, A. J. BOSE E D. BANSA. L, “Um navegador da Web Sensível ao usuário”, *IEEE India Conferência (INDICON)*, 1-6, 2015

LADEWIG, I. A importância da atenção na aprendizagem de habilidades motoras / the importance of attention in motor skill learning. *Revista paulista de educação física*, v. 3, p. 62–71, 2000.

LAVONEN, K.J. JARI. Veijo Meisalo Integration of ICT To Science Education Through Professional Development of Teachers *Computers and advanced Techology in education* (2004), pp. 564-569

LEE K.H. Evaluation of attention and relaxation levels of archers in shooting process using brain wave signal analysis algorithms. *Sci. Emot. Sensib.* 2009; 12:341–350

LEHNER, Interaktive videos als neues medium für das elearning. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik.* 48(1), 51–62 (2014). doi:10.1007/BF03340549. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03340549>.

LENT, Roberto Cem Bilhões de Neurônios. *Conceitos Fundamentais de Neurociência - 2ª edição.* Atheneu, 2010

LIU, Y., FU GUIFANG, Emotion recognition by deeply learned multi-channel textual and EEG features, *Future Generation Computer Systems*, Volume 119,2021, Pages 1-6, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.01.010>.

LOTTE, F., BOUGRAIN, L., CLERC, M., LOTTE, F., BOUGRAIN, L., CLERC, M., CLERC, M., et al., 2015. Interfaces to Cite This Version: Electroencephalography (EEG) –Based Brain-Computer Interfaces M. EBNER, J WACHTLER, A HOLZINGER, in *Universal Access in*

Human- Computer Interaction. Applications and Services for Quality of Life, Introducing an information system for successful support of selective attention in online courses (Springer, 2013), pp. 153–162

LURIA, A. Fundamentos de neuropsicologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos/ Edusp, 1981.

LUU, P. et al, Frontal midline theta and the error-related negativity: neurophysiological mechanisms of action regulation. Volume 115, Issue 8, August 2004, Pages 1821-1835

MAK, J.N., ARBEL, Y., MINETT, J.W., MCCANE, L.M., YUKSEL, B., RYAN, D., ERDOGMUS, D., et al., 2011. Optimizing the P300-based brain-computer interface: current status, limitations and future directions. J. Neural Eng. 8 (2), 25003, <http://dx.doi.org/10.1088/1741-2560/8/2/025003>.

MAYER, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions?. *Educational psychologist*, 32(1), 1-19.

MAYER, R. E., & MORENO, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52.

MAYER, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed). New York: Cambridge University Press.

MAYER, R.E. (2011). *Applying the science of learning*. Upper Saddle River, NJ: Pearson

MAYER, R.E. (IN PRESS-A). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

MAYER, R. E., & CHANDLER, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93, 390-397.

MA & WEI (2016), A comparative study of children's concentration performance on picture books: Age, gender, and media forms *Interactive Learning Environments*, 24 (8) (2016), pp. 1922-1937

MERT, A., AKAN, A., 2018. Emotion recognition based on time–frequency distribution of EEG signals using multivariate synchrosqueezing transform. *Digital Signal Processing*, 81: 106–115. DOI: 10.1016/J.DSP.2018.07.003

MILL, D. Flexibilidade pedagógica na cultura digital (verbetes). In: MILL, D. (org). *Dicionário crítico de Educação e Tecnologias e de Educação a Distância*. Campinas: Papyrus, 2018 p. 548-551.

MORAN, J., DESIMONE, R.: Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science* 229, 782–784 (1985)

MOORE, D. M. (M.), BURTON, J. K., & MYERS, R. J. (2004). Multiple-Channel Communication: The Theoretical and Research Foundations of Multimedia. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 979-1005). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

MOREIRA, M.A & AXT, R. Referências para análise e planejamento de currículo em ensino de ciências. Porto Alegre, Instituto de física da UFRGS. **Ciência e Cultura**, 1986.

MOREIRA, M.A & AXT, R. A questão das ênfases curriculares e a formação do professor de ciências, Caderno catarinense de ensino de física Florianópolis Vol.3, n 2 (ago,1986), p.66-78.

NEUROSKY MINDWAVE MOBILE. (2021). Home page. Disponível em: <http://store.neurosky.com/products/mindwave-mobile>>; Acesso em maio 2021.

NEUROEXPERIMENTER, 2021 <http://store.neurosky.com/products/neuroexperimenter>.

NOAM, M., MOR, N., ARJEN, S., KNIGHT, R. T. & PERRY, A. Behavioral and Shapeeeg measures show no amplifying effects of shared attention on attention or memory. *Sci. Rep.* 10, 1–11 (2020).

N. GUIMARES, T. CHAMBEL, AND J. BIDARRA. From cognitive maps to hyper-video: Supporting flexible and rich learner-centred environments. *Interactive Multimedia Journal of Computer-Enhanced Learning*, 2(2), 2000.

OLDS, J. (1956). Pleasure centers in the brain. *Scientific American*, 195,105-116.

OSBORNE J. The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning Thinking Skills and Creativity, 10 (2013), pp. 265-279.

PANTANOWITZ L. Fat infiltration in the heart. *Heart* 2001; 85:253 RM SHIFFRIN, GT GARDNER, Visual processing capacity and attentional control. *J. Exp. Psychol.* 93(1), 72–82 (1972)

PAIVIO, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.

P. LUU, D. M. Tucker, and S. Makeig, “Frontal midline theta and the error-related negativity: neurophysiological mechanisms of action regulation,” *Clin. Neurophysiol.*, vol. 115, no. 8, pp. 1821–1835, 2004.

POSNER MI. *Attention in the Social World*. New York: Oxford Univ. Press; 2012a.

PRETTO, Nelson De Luca. Professores-autores em rede. In: SANTANA, B. et al. *Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas e políticas públicas*. Salvador: Edufba, 2012. p. 91-108.

PRETTO, Nelson De Luca. Professores universitários em rede: um jeito hacker de ser. *Motrivivência*, n. 34, p. 156-169, 2010. Disponível em:<

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/motrivivencia/article/view/16038>>. Acesso: 19 março. 2022.

RAMOS L.D., 2020 Do caderno para o mundo: a visibilidade do conhecimento científico escolar na potência das narrativas transmídia. Dissertação de mestrado.

RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS. Educação Conectada, 2022. Disponível em: <https://educacaoconectada.mec.gov.br/> Acesso em: 19 de março de 2022.

RELVAS, M. P. Neurociência na prática pedagógica. Rio de Janeiro: Wak, 2012

REBOLLEDO-MENDEZ ET AL., 2009 G. REBOLLEDO-MENDEZ, I. DUNWELL, E.A. MARTÍNEZ-MIRÓN, M.D. VARGAS-CERDÁN, S. DE FREITAS, F. LIAROKAPIS, ET AL. Assessing *neurosky's* usability to detect attention levels in an assessment exercise Human-computer interaction. New trends, Springer, Berlin Heidelberg (2009), pp. 149-158

REYNOLDS R.E Selective attention and prose learning: Theoretical and empirical research Educational Psychology Review, 4 (1992), pp. 345-391

R. HAMMOUD. Building and Browsing of Interactive Videos. PhD thesis, IN-RIA, Grenoble, Fev 2001.

ROSENTHAL, S. Motivations to seek science videos on YouTube: Free-choice learning in a connected society. Int. J. Sci. Educ. 2018, 8, 22–39.

ROSENTHAL, DAVID. Conceitos e definições de consciência. In: Banks WP, editor. Enciclopédia da Consciência. Amsterdã: Elsevier; 2009: 157-169. https://www.researchgate.net/publication/280529005_Concepts_and_Definitions_of_Consciousness_in_Encyclopedia_of_Consciousness_ed_William_P_Banks_Amsterdam_Elsevier_2009_pp_157-169

SANEI S., Chambers J.A. EEG Signal Processing. John Wiley & Sons, Ltd.; Chichester, UK: 2007

SHADIEV, Y.M. HUANG, J.P. HWANG, 2017A Investigating the effectiveness of speech-to-text recognition applications on learning performance, attention, and meditation Educational Technology Research and Development, 65 (5) (2017), [10.1007/s11423-017-9516-3](https://doi.org/10.1007/s11423-017-9516-3)

SHADIEV, T.T. WU, Y.M. HUANG 2017B Enhancing learning performance, attention, and meditation using a speech-to-text recognition application: Evidence from multiple data sources Interactive Learning Environments, 25 (2) (2017), pp. 249-261

SHAHNAZ C., HASAN S.S. Emotion recognition based on wavelet analysis of empirical mode decomposed EEG signals responsive to music videos 2016 IEEE Region 10 Conference, TENCON, November, IEEE (2016), pp. 424-427

SHIFFRIN, R.M., GARDNER, G.T.: Visual processing capacity and attentional control. Journal of Experimental Psychology 93(1), 72–82 (1972)

SOHAIB A.T., QURESHI S., HAGELBÄCK J., HILBORN O., Jerčić P. Evaluating classifiers for emotion recognition using EEG International Conference on Augmented Cognition, July, Springer, Berlin, Heidelberg (2013), pp. 492-501

SORDEN, S. D. (2005). A cognitive approach to instructional design for multimedia learning. *Informing Science Journal*, 8, 263-279.

TASLIBEYAZ, E., AYDEMIR, M. AND KARAMAN, S. (2017), 'An analysis of research trends in articles on video usage in medical education', *Education and Information Technologies* 22(3), 873–881.

T. CHAMBEL, C. ZAHN, AND M. FINKE. Cognitively informed systems: Utilizing practical approaches to enrich information presentation and transfer, chapter Hypervideo and cognition: Designing video-based hypermedia for individual learning and collaborative knowledge building. Hershey, PA, USA: Idea Group Inc, 2005.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. (2008). The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science). Capella University, MN, USA.

TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey. Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching. WW Norton & Company, 2010.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2017). Mind Brain, and Education science: An International Delphi Survey 2016-2017. Quito, Ecuador: Author. DOI: 10.13140/RG.2.2.14259.22560 .

UNIVERSIDADE DE WITS disponível em: <https://www.wits.ac.za/> acesso em 31 de maio 2019.

WIEMERS, E. A., & REDICK, T. S. (2018). Working memory capacity and intra-individual variability of proactive control. *Acta Psychologica*, 182, 21-31.

WOLPAW, J., WOLPAW, E.W., 2012. Brain–Computer Interfaces: Principles and Practice. Oxford University, <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195388855.001.0001> WORLD MEDICAL ASSOCIATION Declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *JAMA* 1997 Mar; 277:925-6.

XIAO, Tianjun et al. The application of two-level attention models in deep convolutional neural network for fine-grained image classification. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015. p. 842- 850.

YOUSEF, A. M. F., CHATTI, M. A. AND SCHROEDER, U. (2014), Video-Based Learning: A Critical Analysis of The Research Published in 2003–2013 and Future Visions, in 'The Sixth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning : eLmL 2014; Barcelona, Spain, from March 23, 2014 to March 27, 2014', IARIA, Barcelona, pp. 112–119

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHANG, Y., CHEN, J., TAN, J. H., CHEN, Y., CHEN, Y., LI, D., ET AL. (2020). An investigation of deep learning models for EEG-based emotion recognition.

ZION GOLUMBIC EM, POEPEL D, SCHROEDER CE. Temporal Context in Speech Processing and Attentional Stream Selection: A Behavioral and Neural perspective. *Brain Lang.* 2012; 122:151–161. 2012.