

Preste atenção, por favor! - Um estudo da atenção de estudantes em atividades experimentais de ciências com o uso de eletroencefalogramas

Pay attention, please! – A study of students attention in science experimental activities using electroencephalograms

Michelle Camara Pizzato¹

Patrik de Souza Rocha²

Marcelo Diedrich de Souza³

Clarice Monteiro Escott⁴

Resumo

Este artigo visa apresentar uma investigação sobre a atenção de estudantes durante a realização de uma atividade prática experimental de ciências e analisar as possíveis relações entre a atenção desencadeada nos estudantes e as ações didáticas envolvidas ao longo da realização da atividade. Para tanto, foram utilizados eletroencefalogramas (EEG) portáteis como ferramentas para a determinação da atenção dos participantes durante a atividade. A pesquisa envolveu a análise de dados de EEG na forma de gráficos de intensidades de atenção emitidos pelo aplicativo Effective Learner e de respostas a questionários de conhecimentos prévios, posteriores e de atenção autodeclarada de quatro estudantes voluntários maiores de 18 anos matriculados no primeiro ano do Ensino Médio em uma escola pública participante do projeto. Os resultados apontaram tempos totais de maior e de menor atenção bem diversos para os 4 participantes, porém ações didáticas comuns associadas à maior atenção dos estudantes.

Palavras chave: prática experimental; atenção; eletroencefalograma; educação em ciências.

Abstract

This article aims to present an investigation of students attention during the performance of an experimental science activity and to analyze the possible relationships between the students attention and the didactic actions involved during the performance of the activity. Therefore, portable electroencephalograms (EEG) were used as tools to determine the participants' attention during the activity. The research involved the

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre | michelle.pizzato@poa.ifrs.edu.br

² Escola Municipal de Ensino Fundamental Presidente Getúlio Vargas | patrik-drocha@educar.rs.gov.br

³ Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt | marcelo.diedrich88@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre | clarice.escott@poa.ifrs.edu.br

analysis of EEG data in the form of graphs of attention intensities issued by the Effective Learner application and responses to questionnaires on prior and later conceptions and self-reported attention of four volunteer students over 18 years old in the first year of high school in a public school participating in the project. The results showed very different total times of greater and lesser attention for the 4 participants, but common didactic actions associated with greater student attention.

Keywords: experimental activity; attention; electroencephalogram; science education.

Introdução

Há uma ampla gama de recursos e de atividades didáticas para a área de Ciências à disposição dos professores, que podem escolher segundo critérios como tempo de preparação e de execução, disponibilidade de recursos e de custos (laboratório, equipamentos, acesso a internet, entre outros), canal sensorial utilizado (auditivo, visual, tátil, ...), nível e tipo de interatividade entre usuário e recurso (Mayer, 2009), entre outros. Tais critérios são importantes, porém não deveriam ser os únicos a serem considerados na escolha de um recurso ou de uma atividade. Como expressam Ausubel et al. (1980), os recursos e atividades devem ser potencialmente significativos para o estudante, a fim de que o processo de aprendizagem significativa se concretize.

E o que seria uma atividade potencialmente significativa? Uma das características seria que a atividade desencadeasse a atenção do estudante. Afinal, a dificuldade de concentração é uma das principais causas da dificuldade de aprendizagem, e suas características incluem frequente descuido e incapacidade de empregar atenção. Se um estudante estiver desatento durante uma atividade, ele levará mais tempo para assimilar 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 pouco satisfatórios e abandono de tarefas, ao mesmo tempo afetando o grau de participação e comprometimento dos alunos com atividades de aprendizagem (American Psychiatric Association, 2013; Smallwood e Schooler, 2006).

Por outro lado, já existem estudos associando aprendizagem, atenção e memória, ao apontar que se os aprendizes estivessem mais atentos durante a execução das tarefas de aprendizagem, eles recordariam melhor o conteúdo da aprendizagem depois (Keller et al., 2020; Dixon e Bortolussi, 2013). Além disso, o desenvolvimento da atenção também pode ser benéfico para processamento e codificação da informação no cérebro, e os aprendizes podem, assim, obter melhores desempenhos de aprendizagem (Smithson et al., 2012).

No caso da educação em ciências, as atividades práticas experimentais e seus impactos positivos na aprendizagem de ciências estão amplamente documentados na literatura (Hodson, 1988; Swain et al., 1999; Zanon e Silva, 2000; Nóbrega e Benite, 2024). Contudo, não há estudos sistemáticos sobre a atenção desencadeada por esse tipo de atividade em estudantes. Sendo assim, este artigo visa apresentar uma investigação sobre a atenção desencadeada em estudantes durante a realização de uma atividade prática experimental de ciências, e analisar as possíveis relações entre a atenção desencadeada nos estudantes e as ações didáticas envolvidas ao longo da realização da atividade.

Embora existam estudos sobre a atenção de estudantes em atividades de ciências (tais como Johnstone e Percival, 1976; Bunce et al., 2010), um dos possíveis motivos para o baixo impacto desses estudos até o presente momento refere-se à forma de verificar a atenção de

uma pessoa. Em uma sala de aula convencional, os professores observam as expressões dos alunos para determinar se estão prestando atenção. No entanto, este método é muitas vezes impreciso, além de sobrecarregar os professores. Com o desenvolvimento de ferramentas de detecção de eletroencefalografia, os sensores de ondas cerebrais móveis tornaram-se equipamentos bastante precisos e acessíveis (Liu et al., 2013). Logo, para este estudo, foram utilizados eletroencefalogramas (EEG) portáteis como ferramentas para a determinação da atenção dos participantes durante a atividade.

Referencial teórico

Segundo Lima (2005), a atenção pode ser definida como a capacidade do indivíduo responder predominantemente os estímulos que lhe são significativos em detrimento de outros, em um processo no qual o sistema nervoso é capaz de selecionar informações que chegam através dos canais sensoriais. Para Chen e Wu (2015), a psicologia cognitiva geralmente vê a atenção como facilitadora da seleção de informações perceptivas recebidas, ao mesmo tempo em que age limitando o número de estímulos externos processados pelo sistema cognitivo para evitar sobrecarga. Cabe salientar que vários fatores podem influenciar a atenção, como o contexto em que o indivíduo está inserido, as características dos estímulos, a motivação, o estado emocional, as experiências anteriores, entre outros.

Lima (2005) aponta que, historicamente, vários modelos teóricos foram propostos buscando classificar os tipos de atenção em seres humanos. Dentre eles, destacamos a classificação baseada na maneira como a atenção é operacionalizada: seletiva, sustentada, alternada e dividida. A atenção seletiva é definida como a capacidade do indivíduo privilegiar determinados estímulos em detrimento de outros. A atenção sustentada descreve a capacidade do indivíduo em manter o foco da atenção em determinado estímulo ou sequência de estímulos durante um período de tempo para o desempenho de uma tarefa. A atenção alternada é a capacidade do indivíduo em alternar o foco atencional, o que é diferente da atenção dividida, na qual o indivíduo desempenha duas tarefas simultaneamente.

Já Keller et al. (2020) propuseram uma estrutura de tipologias de atenção mais apropriadas para avaliação da atenção em sala de aula. Tal estrutura está organizada de acordo com o foco atencional (podendo ser interno ou externo ao indivíduo) e com o objeto da atenção (se é um tópico de aula ou qualquer outra coisa fora do tópico). Desse modo, os autores propõem 4 classificações: atenção externa no tópico, atenção interna no tópico, atenção externa fora do tópico e atenção interna fora do tópico.

A atenção externa no tópico é a atenção perceptiva, como a seleção e modulação da informação sensorial, direcionada para informações relevantes para o curso, como quando o estudante olha fixo para slides, acenando ocasionalmente com a cabeça. Outros exemplos são: discussão entre pares, leitura de texto e escutar o professor falando. Em contraste com a atenção externa, a atenção interna no tópico é descrita como a seleção e modulação de informações geradas internamente, como o conteúdo da memória, como, por exemplo, a fase do estudante "pensar" em uma questão antes de discutir com seus colegas. Outros exemplos são: conectar conceitos novos com conhecimentos prévios e refletir sobre o próprio processo de aprendizagem. Em outras palavras, enquanto a atenção externa nos permite experimentar novas informações sensoriais do ambiente, a atenção interna nos permite processar informações mesmo na ausência de estímulos sensoriais. Além disso, no contexto das salas de aula, a atenção também pode ser direcionada para informações não relevantes

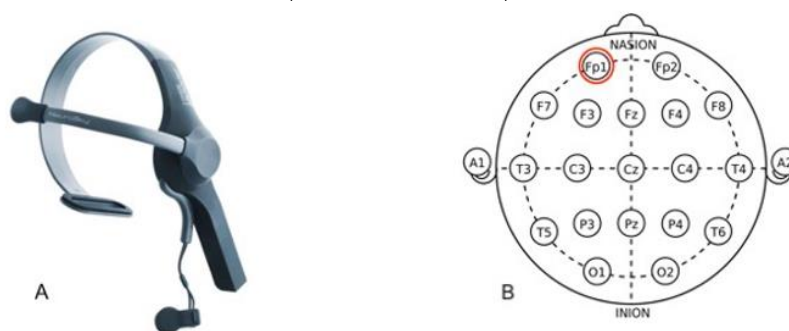
para o curso. No caso de atenção externa fora do tópico, são exemplos: olhar o relógio, sentir o toque do lápis, ouvir o telefone tocar e ouvir o instrutor falar sobre algo fora do assunto da aula. Já exemplos de atenção interna fora do tópico são: planejar o fim de semana, fazer uma lista mental de mantimentos e perceber sinais fisiológicos (como fome e sede).

Além das várias classificações de atenção, Lima (2005) também comenta que há diversidade nas formas e instrumentos de avaliação da atenção. Para os objetivos deste trabalho, vamos nos ater a pesquisas sobre mapeamento cerebral, que tem trazido alguns esclarecimentos sobre a relação entre atenção e aprendizagem. 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 a atenção de participantes dos estudos durante atividades de aprendizagem.

Para chegarem a esses resultados, as pesquisas anteriormente citadas utilizaram Interfaces Cérebro-Computador baseadas no eletroencefalograma (EEG), tecnologias de comunicação amplamente estudadas (Wolpaw e Wolpaw, 2012). Uma Interface Cérebro-Computador, ou BCI (Brain Computer Interface) 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. Uma interface cérebro-computador estabelece uma interação funcional direta entre um cérebro humano ou animal e um dispositivo externo.

Existem avanços recentes no desenvolvimento e implementação de BCI, impulsionados por produções tecnológicas e científicas, bem como por demandas sociais, educacionais e comerciais. Dentre eles, podemos citar o desenvolvimento de dispositivos multicanais como os sensores EEG portáteis (tais como o Emotiv EPOC+® e o NEUROSKY®), que permitem o mapeamento cerebral com processamento de dados on-line. O headset NeuroSky (Figura 1A), por exemplo, utiliza um único sensor seco em contato com a testa, na posição Fp1⁵ (Figura 1B), para extrair os níveis de atenção do usuário, a partir da coleta de bio-sinais (ondas cerebrais) (NEUROSKY, 2019).

Figura 1 – A) sensor Neurosky MindWave Mobile e B) sistema internacional de colocação de eletrodos 10-20, com ponto de contato Fp1 assinalado.



Fonte: NEUROSKY, 2019

⁵ Como todas as áreas do cérebro podem produzir sinais de EEG, as ondas eletromagnéticas são tradicionalmente coletadas de acordo com o sistema internacional de colocação de eletrodos 10-20 (Sistema 10-20), que envolve a colocação de 37 eletrodos no crânio.

Tais dispositivos são alternativas acessíveis para a monitoração da atividade cerebral de estudantes, pois têm a capacidade de medir ondas cerebrais referente a atenção e engajamento de forma não invasiva. Pesquisas como as de Chen e Wu (2015), por exemplo, realizadas com o uso do Neurosky Mindwave Mobile II, trazem contribuições sobre os efeitos de diferentes tipos de videoaulas na atenção de estudantes. Outra pesquisa envolvendo EEG portáteis é a de Delahunty et al. (2018), que apresenta resultados de processamento cognitivo durante a resolução de um problema dentro do contexto de educação STEM⁶.

Metodologia

Esta pesquisa apresenta viés predominantemente qualitativo, uma vez que envolve a análise de dados de EEG (na forma de gráficos de intensidades de atenção) e de respostas a questionários de quatro estudantes voluntários (identificados pelas siglas SP3, SP5, SP7 e SP11) maiores de 18 anos matriculados no primeiro ano do Ensino Médio em uma escola pública participante do projeto. Carvalho Junior (2012) aponta que, em estudos que envolvem ferramentais das neurociências, pequenas amostras apresentam resultados significativos em função da ativação dos mesmos núcleos cerebrais de todos os participantes. Além disso, e ressaltando a profundidade e detalhamento da análise em um número reduzido de indivíduos, entendemos que este estudo também se configura como estudo de caso (Yin, 2005).

Para o acompanhamento das ondas cerebrais dos estudantes ao longo da realização da atividade, o sistema EEG escolhido foi o NEUROSKY® (Neurosky, 2019). O equipamento foi escolhido por: permitir fácil acesso aos dados, uma vez que se comunica com celular através de *Bluetooth*; e por ser compatível com sistemas Android e IOS. Além disso, pode ser considerado de baixo custo, mesmo se tratando de uma tecnologia vestível bastante atual. Cada aplicação de atividade foi realizada por 2 participantes simultaneamente, por conta do número de equipamentos de EEG e aparelhos celulares conectados aos mesmos disponíveis para a coleta de dados. Todos os estudantes participantes não haviam estudado previamente sobre o conteúdo da atividade – informação dada pelo professor de Química deles, um dos autores deste estudo. Importante ressaltar que os participantes foram informados previamente dos procedimentos da pesquisa, tendo assinado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

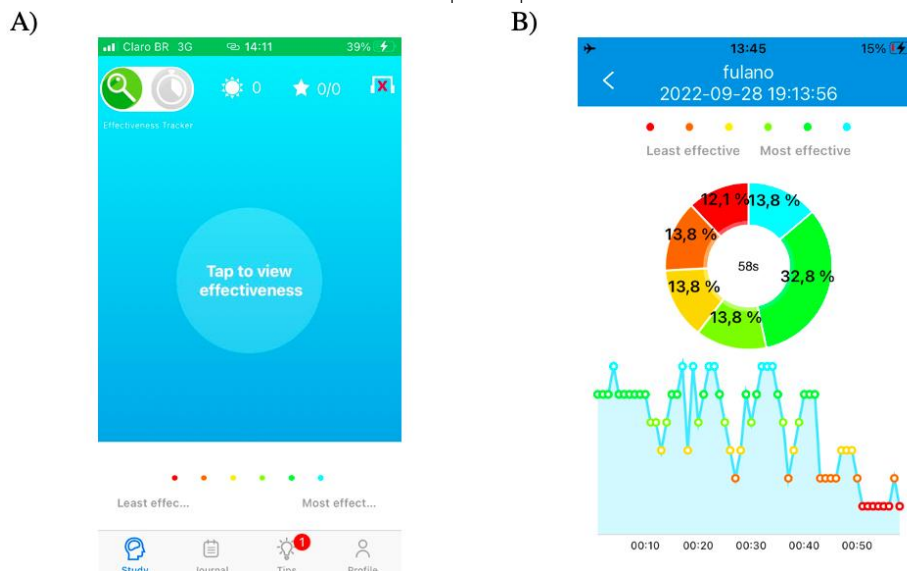
Para esta pesquisa, foi utilizado o aplicativo Effective Learner (disponível em <https://store.neurosky.com/products/effective-learner>) (Figura 2A) como ferramenta de registro das ondas cerebrais. Com uma interface bastante simples, o aplicativo armazena e fornece gráficos de setores e de linha (Figura 2B), sem limite na medida de tempo, sendo que os gráficos de linha assinalam os níveis de atenção do usuário ao longo do tempo, em intervalos de 1s, à semelhança do estudo de Liu, Chiang e Chu (2013).

Uma limitação deste aplicativo é a representação direta de imagens gráficas plotadas em uma escala de 6 níveis que varia da atenção menos efetiva (assinalada pela cor vermelha) à mais efetiva (assinalada pela cor azul), sem o fornecimento de dados brutos. Contudo, para os objetivos desta pesquisa, consideramos tais gráficos suficientes uma vez que também pretendíamos avaliar a usabilidade do aplicativo como tecnologia auxiliar do trabalho

⁶ Science, Technology, Engineering and Mathematics.

docente. Nesse sentido, optamos por um aplicativo que mostrasse resultados de interpretação mais intuitiva para um docente, ao invés de um aplicativo que fornecesse dados brutos de frequências neurais não diretamente associadas à atenção.

Figura 2 – A) Tela de entrada do aplicativo Effective Learner; B) Gráficos de setores e de linhas fornecidos pelo aplicativo.



Fonte: acervo da pesquisa (2023).

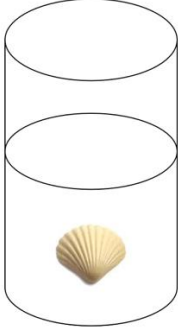
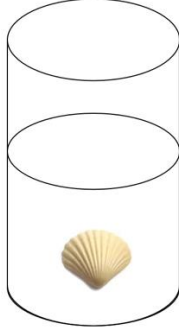
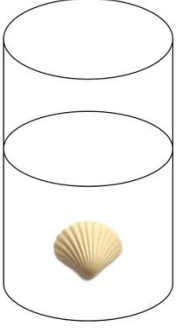
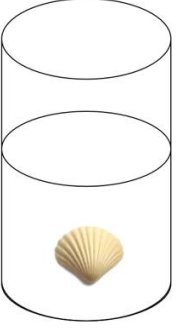
Descreveremos, a seguir, as etapas de produção, tratamento e análise de dados:

1) Divulgação da pesquisa nas escolas e seleção dos participantes: a pesquisa foi divulgada na escola participante e os estudantes dispostos a participar foram encaminhados para uma sala exclusiva para a realização da atividade, onde leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

2) Aplicação de questionários de conhecimentos: antes e após a realização da atividade prática experimental, foi realizada a aplicação de questionários de conhecimentos sobre o tema da atividade (Quadro 1), com vistas a verificar, através do questionário prévio, os conhecimentos prévios dos estudantes e, através do questionário posterior, as possíveis aprendizagens favorecidas pela participação na atividade.

3) Realização da atividade prática experimental e coleta de sinais EEG: a atividade experimental foi escolhida a partir de uma seleção de vídeos de práticas experimentais de ciências disponíveis na Plataforma e-MEC de Recursos Educacionais, e de acordo com os seguintes critérios: reprodutibilidade em espaço escolar, baixo custo para realização da atividade e nível de formulação de conteúdo adequado ao nível de ensino dos participantes. A prática envolvia uma reação química entre ácido acético e carbonato de cálcio, a partir da comparação entre dois recipientes contendo conchas naturais e, em cada recipiente, água com sal e vinagre, respectivamente. O roteiro da prática experimental, descrito no Quadro 2, não foi apresentado aos participantes, servindo apenas de guia para que um dos autores deste trabalho (que daqui em diante chamaremos de “professora”) pudesse realizá-lo.

Quadro 1 - questionários aplicados nos participantes antes e após a prática experimental.

Questionário Prévio	Questionário Posterior
<p>As questões a seguir referem-se à imagem abaixo, na qual o frasco A contém água e sal de cozinha e o frasco B contém vinagre. Em cada frasco, foi colocada uma concha.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Frasco A: água + sal de cozinha</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Frasco B: vinagre</p>  </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1) Você acha que acontecerá alguma coisa imediatamente ao colocarmos as conchas nos frascos? Se sim, o quê? 2) Após 24 horas, você acha que acontecerá alguma coisa? Se sim, o quê? 3) Caso tenha respondido afirmativamente às perguntas 1 e/ou 2, você saberia explicar quimicamente o que acontece? 4) Você consegue ver alguma semelhança entre algum dos (ou ambos) frascos e os oceanos? Explique. 	<p>As questões a seguir referem-se à imagem abaixo, na qual o frasco A contém água e sal de cozinha e o frasco B contém vinagre. Em cada frasco, foi colocada uma concha.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Frasco A: água + sal de cozinha</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Frasco B: vinagre</p>  </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1) O que acontece ao colocarmos as conchas nos frascos? 2) Após 24 horas, o que acontecerá? 3) Como se explica quimicamente o que acontece? 4) Qual(is) a(s) semelhança(s) entre o que acontece nos frascos e o que acontece nos oceanos? Explique.

Fonte: acervo da pesquisa (2023).

Quadro 2: roteiro da atividade prática experimental.

Roteiro de Prática Experimental – Acidificação dos Oceanos	
<p>Materiais: 2 copos de Becker, 2 potes com tampa, 1 espátula Reagentes: Água, vinagre, sal de cozinha e 4 conchas</p>	
<p>Procedimentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresente os materiais e reagentes. 2. Identifique os copos de Becker 3. Adicione 100mL de água em um copo, e em outro vinagre na mesma quantidade. 4. No copo contendo água, adicione uma espátula (equivalente a uma colher de chá rasa) de sal de cozinha. 5. Adicione uma concha em cada copo de Becker e observe. 6. Pergunte ao participante se ele sabe qual líquido está dentro do Becker cuja concha está liberando gás. 	<ol style="list-style-type: none"> 7. Pergunte ao participante se ele sabe por que o Becker com vinagre está liberando gás e, caso ele responda afirmativamente, peça a ele a explicação. Caso ele não saiba, explique você mesmo. 8. Deixe ambos os copos em repouso por 24 horas. 9. Apresente as amostras deixadas em repouso (guardadas em potes com tampa). 10. Pergunte ao participante se ele acha que acontecerá alguma coisa caso a acidez dos oceanos aumente.

Fonte: acervo da pesquisa (2023).

Antes de iniciar a prática experimental, um sensor EEG foi colocado em cada participante, e o aplicativo para coleta dos biossinais foi acionado simultaneamente a uma filmadora voltada para a captação de toda a atividade prática experimental. Assim, foi possível sincronizar os sinais de EEG dos participantes às ações realizadas por participantes e professora durante a realização da prática.

4) Questão de atenção autodeclarada: após a realização do questionário posterior, os participantes foram solicitados a declarar, por escrito, em quais momentos da atividade prática experimental eles consideraram ter estado mais atentos.

5) Tratamento e análise de dados de EEG: cada gráfico emitido pelo Effective Learner para cada participante foi comparado com a gravação da prática experimental, a fim de identificar a ação que estava sendo realizada no momento de maior atenção do participante.

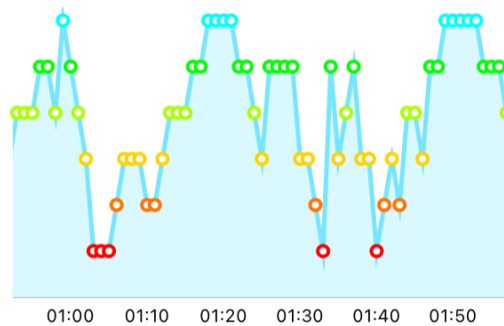
Quadro 3: níveis de atenção do participante SP11 e ações realizadas ao longo da atividade prática experimental durante o intervalo de 0:53min a 1:57 min.

Tempo app (min)	Descrição câmera	Descrição App					
		■	■	■	■	■	■
0:53-1:01	Apresentação dos materiais				5	3	1
1:02-1:12	A professora abre as garrafas de água e de vinagre e anuncia que vai colocar a mesma quantidade em cada um dos copos	3	3	5			
1:13-1:24	A professora coloca água em um dos copos de Becker e vinagre no outro copo				4	4	4
1:25	A professora coloca vinagre em um dos copos			1			
1:26-1:29	A professora termina de colocar vinagre em um dos copos de Becker					4	
1:30-1:33	A professora se vira de costas para colocar a garrafa de vinagre na mesa auxiliar	1	1	2			
1:34	A professora pega a espátula					1	
1:35	A professora pega sal com a espátula			1			
1:36-1:37	A professora pega sal com a espátula				1	1	
1:38-1:43	A professora aproxima a espátula com sal do copo de Becker com água e adiciona o sal no copo	1	2	3			
1:44-1:45	A professora coloca sal na água e mistura				2		
1:46	A professora retira a espátula de dentro do copo de Becker			1			
1:47-1:57	A professora pega as conchas, anuncia que vai colocá-las nos copos de Becker e as coloca				1	5	5

Fonte: dados de pesquisa

Todas essas medidas, assinaladas em segundos no gráfico, foram transcritas e associadas às respectivas ações. O Quadro 3 representa, a modo de exemplo, o processo de tabulação realizado para a participante SP11, entre o intervalo de 0:53min a 1:57min, a partir do gráfico emitido neste mesmo intervalo (Figura 3).

Figura 3: gráfico emitido pelo aplicativo Effective Learner para a participante SP11 durante o intervalo de 0:53min a 1:33 min.



Fonte: dados da pesquisa.

6) Análise de dados dos questionários prévios, posteriores e questão de atenção autodeclarada: tais dados foram comparados entre si e com os resultados dos EEG em um processo descrito por Denzin (1988) como triangulação de dados, a fim de verificar possíveis correlações entre os conhecimentos prévios, a atenção e as possíveis aprendizagens desencadeadas pela atividade.

Resultados e discussão

Respostas aos questionários prévios

As respostas aos questionários prévios indicaram concepções associadas aos conceitos de densidade e de empuxo, ao haver menção de termos como “flutuar” e “afundar”: “(...) acho que a (concha) do frasco A vai dar uma leve subidinha, quase boiar, e o do B não vai” (SP3); “As duas conchas irão afundar e depois a do frasco B irá flutuar”(SP5). Também se identificam expressões associadas a desgaste: “(a concha com vinagre) vai se desgastar” (SP7); “Não tenho muita certeza, mas acho que a concha do B ficará mais limpa” (SP3). Contudo, não é possível saber se essa concepção de desgaste estava associada a processos físicos (como atrito) ou a processos químicos. Ou seja, aos participantes parece predominar uma hipótese de que o fenômeno descrito no questionário prévio é mais de caráter físico.

Análise da atenção dos participantes

A tabela 1 apresenta os tempos totais das práticas realizadas com cada participante, bem como os tempos totais de maior e de menor atenção. Para fins desse estudo, consideramos como maior atenção as medidas em verde claro, verde escuro e azul fornecidas no gráfico, e como menor atenção as medidas em vermelho, laranja e amarelo.

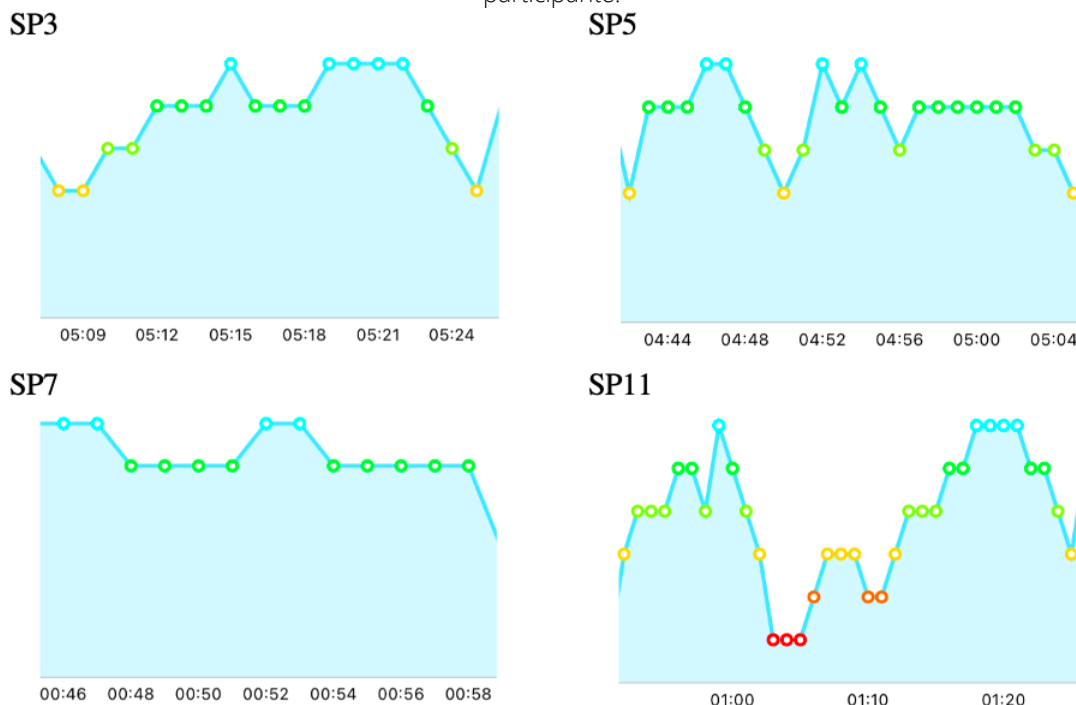
Tabela 1: Tempos totais de sinais EEG para cada participante.

Participante	SP3	SP5	SP7	SP11	Média
Tempo total da prática	254s	208s	227s	226s	228,75s
Tempo total de maior atenção	114s	188s	84s	149s	133,75s
Percentual de maior atenção	44,88%	90,38%	37,00%	65,93%	58,47%
Tempo total de menor atenção	140s	20s	143s	77s	95s
Percentual de menor atenção	55,12%	9,62%	63,00%	34,07%	41,53%

Fonte: dados de pesquisa (2023).

Considerando os tempos totais de maior e de menor atenção dos participantes, podemos perceber bastante diferença entre eles, o que era esperado, uma vez que a seleção dos participantes não envolveu qualquer medição prévia de atenção. Esses dados também representam a heterogeneidade que temos em uma sala de aula. Também nos levam a pensar que a atenção não está necessariamente associada ao interesse pela atividade, uma vez que todos os participantes que se dispuseram a participar da pesquisa manifestaram seu interesse.

Figura 4: gráficos referentes aos intervalos da ação “Apresentação dos materiais” de cada participante.



Fonte: dados da pesquisa (2023).

A fim de analisarmos as ações relacionadas aos maiores intervalos de alta atenção, optamos por selecionar ações cujo gráfico de atenção mais efetiva (de verde claro a azul) permanecia por 5 segundos ou mais. A figura 4 apresenta, a modo de exemplo, os gráficos referentes aos intervalos da ação “Apresentação dos materiais” de cada participante. Já o quadro 4 a seguir indica tais intervalos e as ações associadas para cada participante.

Quadro 4: Tempos totais de maior atenção (TTMA) de cada participante.

Ação	Participante	TTMA
Apresentação dos materiais	SP3	11s
	SP5	7s, 14s
	SP7	13s, 6s
	SP11	9s
A professora coloca água em um dos copos e vinagre no outro	SP5	5s
	SP11	12s
O participante pede para confirmar que a professora colocou vinagre no copo	SP5	13s
A professora coloca sal em um dos copos	SP3	5s
	SP5	17s
	SP7	7s
A professora pega as conchas, anuncia que vai colocá-las nos copos e as coloca	SP3	6s
	SP5	8s
	SP11	11s
O participante faz uma primeira observação dos dois copos de Becker, olhando por cima dos copos	SP3	6s
	SP5	13s
Os copos de Becker são aproximados dos olhos do participante (inclinando-se para observar ou erguendo os copos)	SP3	9s
	SP7	5s
A professora pergunta se o participante sabe qual copo está liberando gás, e o participante confirma que é o do vinagre. A professora pergunta se o participante sabe por que isso acontece, pedindo se ela consegue dar uma explicação para isso. O participante propõe uma explicação e a professora complementa.	SP5	33s
A participante identifica liberação de gás. A professora pergunta se a participante sabe qual copo ela está observando, e a participante confirma que é o do vinagre.	SP7	5s
A professora aproxima os copos de Becker, erguendo-os na altura dos olhos dos participantes, e pede que eles observem o que está acontecendo. Um deles comenta "CO ₂ ". A professora pergunta o que está acontecendo e o participante responde que está soltando CO ₂ . A professora pergunta em qual copo está acontecendo isso e o participante responde que é o com vinagre.	SP11	41s
A professora explica a reação química que acontece	SP3	20s
	SP5	7s
	SP11	19s, 7s, 8s
O participante pede para que a professora repita a explicação sobre a reação química	SP5	6s
A professora repete a explicação sobre a reação química	SP5	20s
A professora mostra comparativamente os copos, indicando a evidência de reação química no copo com vinagre e assinalando que nada acontece no copo com água e sal, e sistematiza a explicação da reação química envolvida no experimento	SP3	20s
	SP5	33s
	SP11	9s, 7s
A professora pergunta o que aconteceria se aumentasse a acidez dos oceanos, e o participante responde	SP3	8s, 6s
	SP11	5s

Fonte: dados de pesquisa (2023).

Analisando as ações associadas à maior atenção dos participantes, podemos destacar:

A+) Ações docentes de destaques de materiais ou de eventos, como a apresentação dos materiais a serem utilizados na prática, anúncio de colocação das conchas nos copos e indicação da liberação de gás no copo com vinagre;

B+) Ações discentes explícitas de observação de fenômeno, de busca e de identificação por alguma evidência de transformação;

C+) Ações docentes de explicação do fenômeno;

D+) Ações de interação entre docente e discente, através de questionamentos e respostas sobre o fenômeno.

As ações A+ e B+ podem estar associadas ao tipo de atenção externa no tópico (Keller et al., 2020), uma vez que, aparentemente, há estímulos sensoriais externos vinculados à atividade e também demonstrações de observação por parte dos participantes. Já as ações C+ podem estar associadas tanto a uma atenção externa ao tópico (caso os participantes estivessem escutando ativamente a professora) como uma atenção interna ao tópico, no sentido dos participantes estarem refletindo silenciosamente sobre a explicação e o que foi observado. Por fim, as ações D+ parecem estar mais relacionadas a uma atenção interna no tópico, por se tratar de ações nas quais os participantes necessitavam refletir sobre as observações, elaborar as novas informações e associar novos conceitos com suas concepções prévias a fim de formular respostas.

Com relação à autodeclaração de atenção, dois dos quatro participantes declararam que estiveram mais atentos no momento da liberação de gás pela concha imersa em vinagre - "Quando o efeito do ácido começou." (SP3); "Na hora de ver a reação das conchas." (SP7) -, enquanto SP7 delimitou como intervalo de maior atenção "Na hora de ver a reação das conchas". Nesse sentido, parece que as autopercepções de atenção dos participantes estão mais relacionadas a atenção externa ao tópico, a uma espécie de atenção seletiva ou a um efeito de atenção orientada ao objetivo (GOO et al., 2006), ao privilegiar o estímulo dado pela busca ou pela identificação da evidência de reação. Tais autopercepções corroboram em parte com os resultados obtidos pelos EEG, que indicaram maiores intervalos de alta atenção associados a ações explícitas de observação de fenômenos, busca e identificação de evidências.

Por outro lado, apenas um participante (SP5) manifestou considerar estar atento "Em todos (os momentos) pois queria saber para depois replicar com meu marido e meus irmãos". Nesse caso, e comparando tal afirmação com o alto percentual de atenção obtida pelo EEG do participante, a autopercepção de atenção parece estar mais associada a uma concepção de atenção sustentada, o que também corrobora com a participante manter a foco nas ações docentes de explicação do fenômeno e nas interações entre docente e discente de questionamentos e respostas.

De forma similar, a fim de analisarmos as ações associadas aos maiores intervalos de baixa atenção, optamos por selecionar ações cujo gráfico de atenção menos efetiva (de vermelho a amarelo) permanecia por 5 segundos ou mais. O quadro 5 a seguir indica tais intervalos e as ações associadas para cada participante.

Analisando as ações associadas a menor atenção dos participantes, podemos destacar:

A-) a maior diversidade de situações de menor atenção em relação às de maior atenção;

B-) momentos de transição entre ações de destaque, como mudanças de posicionamento da docente (como virar-se de costas) ou dos materiais envolvidos no experimento (como abertura e fechamento de frascos e deslocamento dos copos à altura dos olhos);

Quadro 5: Tempos totais de menor atenção (TTmA) de cada participante.

Ação	Participante	TtmA
A professora se vira de costas para pegar os materiais que estão na mesa auxiliar	SP5	10s
	SP7	16s
	SP11	12s
A participante olha para a concha colocada sobre a mesa e a pega com a mão	SP3	5s
A professora abre as garrafas de água e de vinagre e anuncia que vai colocar a mesma quantidade em cada um dos copos	SP11	11s
A professora abre a garrafa contendo água e a verte em um dos copos de Becker	SP3	10s
A professora fecha a garrafa com água e abre a garrafa contendo vinagre	SP3	14s
Após colocar água em um dos copos de Becker, a professora começa a colocar vinagre no outro	SP7	8s
A professora aproxima a espátula com sal do copo de Becker com água e adiciona o sal no copo	SP3	10s
	SP11	6s
A professora se vira de costas para retornar o recipiente com sal e a espátula molhada na mesa auxiliar, e retorna à mesa do procedimento para pegar as conchas	SP3	12s
	SP7	11s
A professora acaba de colocar as conchas nos copos de Becker e o participante fica aguardando	SP3	22s
	SP5	5s
O participante fica procurando alguma evidência nos copos, olhando por cima deles	SP3	8s
	SP7	6s, 7s
A professora levanta os copos de Becker dizendo que o participante pode olhar mais próximo	SP3	6s
	SP5	5s
	SP7	5s
A professora pergunta se o participante sabe o que está acontecendo no copo de Becker com vinagre	SP3	8s
	SP7	7s
A professora indica que não há álcool em nenhum dos copos, em resposta ao comentário do participante de que o fenômeno aconteceu pela existência de álcool	SP11	5s
A professora explica a reação química envolvida no experimento	SP3	9s, 10s
	SP7	5s, 6s, 5s, 5s
	SP11	9s
A professora pega os dois copos de Becker e os ergue durante a explicação da reação química	SP11	6s
A professora se vira de costas para pegar o frasco com vinagre e concha mantidos em contato por 6 horas	SP3	6s
	SP7	5s
A professora abre a tampa de rosca do frasco que contém concha e vinagre por 6 horas e aproxima o frasco do participante	SP7	10s
A professora fecha a tampa de rosca do frasco de 6 horas e pergunta o que aconteceria se a acidez dos oceanos aumentasse	SP7	7s
O outro participante diz o que acha que aconteceria se aumentasse a acidez dos oceanos (o participante SP11 escuta)	SP11	8s
A professora indica que compreendeu a resposta do participante e pergunta se quer acrescentar algo	SP7	11s

Fonte: dados da pesquisa (2023).

C-) momentos de mudança de foco realizado explicitamente pela docente, como através de uma pergunta lançada durante a observação do fenômeno. Tal conduta pode desencadear um efeito de atenção dividida no estudante, uma vez que ele precisa dividir sua atenção visual com a atenção auditiva na pergunta do docente, de forma semelhante ao identificado nos trabalhos de Chen e Wu (2015) e de Mousavi et al. (1995).

Além disso, cabe salientar a ocorrência de outros momentos de possível dispersão dos participantes, como durante a explicação da reação química associada ao fenômeno em questão, e outros sem alguma motivação associada à atividade. Ao todo, os intervalos de declínio de atenção dos participantes não ultrapassaram 22s, o que corrobora com o estudo de Bunce et al. (2010), que indica lapsos de atenção em aulas de química de curta duração (1 minuto ou menos).

Respostas aos questionários posteriores

Com relação aos resultados dos questionários posteriores, percebe-se que o fenômeno envolvido na atividade foi claramente descrito pelos participantes: “No do A, nada acontece, mas no B, se esperar alguns segundos, já começa a reagir” (SP3); “No frasco de sal e água nada. No frasco de vinagre ela irá criar bolhas”(SP7).

Já a explicação da reação química envolvida não foi perfeitamente apresentada por nenhum dos participantes, mas havendo a manifestação de substâncias envolvidas (“ácido”, “gás carbônico”, “cálcio”) e o uso de termos de caráter mais acadêmico e associados ao que foi apresentado na atividade, como “reação” e “libera”. Além disso, há uma melhor percepção sobre a transformação ser de caráter químico, e não físico, como manifestado nos questionários prévios: “A concha do frasco B começará a se corroer por causa do ácido que há no frasco” (SP11); “O ácido do vinagre vai agir com o gás carbônico e o cálcio da concha, mas no A nada (acontece)” (SP3); “No frasco B onde tem vinagre, ao entrar em contato com a concha libera o oxigênio e dissolve a concha” (SP5).

Considerações finais

De um modo geral, podemos afirmar que a metodologia de pesquisa proposta propiciou uma análise qualitativa da atenção dos participantes, mesmo tendo tomado por base uma ferramenta de caráter mais quantitativo, no caso os gráficos de níveis de atenção emitidos pelo aplicativo Effective Learner. Nesse sentido, cabe nos manifestarmos positivamente com relação ao uso deste aplicativo não somente com finalidade de pesquisa educacional, mas também como uma possível tecnologia futura de apoio aos docentes em sala de aula, uma vez que o mesmo é de manuseio intuitivo e de compreensão simplificada pelo tratamento de dados (no caso, as frequências cerebrais captadas pelos EEG portáteis) em gráficos de intensidades de atenção.

Com relação aos resultados, os mesmos apontaram tempos totais de maior e de menor atenção bem diversos para os 4 participantes, ilustrando a heterogeneidade atencional que, como professores, sabemos haver nas salas de aula. Contudo, também foi possível identificar ações didáticas comuns associadas à maior atenção dos estudantes, como ações discentes explícitas de observação, busca e identificação de fenômenos, ações docentes de destaque e explicação, e ações de interação discente-docente orientadas para a reflexão. Tais ações, ao serem relacionadas às classificações de Keller et al. (2020) de atenções externas e internas ao

tópico, podem indicar o quanto as atividades práticas experimentais são amplamente úteis ao abrir espaço para vários tipos de atenção (por exemplo, interno e externo). Chama a atenção, ainda, que as autopercepções dos estudantes dizem respeito a atenções externas ao tópico da aula, o que nos leva a pensar na necessidade de desenvolver nos estudantes a autopercepção de que momentos silenciosos de reflexão sobre novas informações e sobre as próprias ideias também são momentos de atenção, e devem ser valorizados como tal.

Com relação aos conhecimentos prévios e posteriores, percebe-se a apropriação de novos conhecimentos pelos participantes, mesmo tendo se tratado de uma atividade didática curta e pontual. Nesse sentido, podemos supor que parte dessa apropriação de conhecimentos se deva à multissensorialidade envolvida em qualquer atividade prática experimental. À semelhança de um sistema multimodal, no qual são combinadas informações sensoriais de dois ou três canais (visual, auditivo, tátil), as atividades práticas experimentais fornecem uma extensão maior de informação sensorial a quem delas participa. Nesse sentido, se considerarmos, como explicam Hecht et al. (2006), que o cérebro aloca uma maior quantidade de atenção a estímulos multimodais ativando várias (duas ou mais) modalidades sensoriais simultaneamente e empregando uma rede neural maior, em comparação com o nível relativamente mais baixo de atenção que uma única estimulação sensorial (como, por exemplo, a leitura de um texto), ativando um sistema neural limitado para processamento; essa atenção aprimorada diferencia experiências multissensoriais como qualitativamente mais ricas. Esses autores ainda destacam que informações multimodais são processadas mais rápido, além de ativar redes neurais maiores, permitindo a aquisição de uma gama mais ampla de detalhes, o preenchimento de informações faltantes de um canal sensorial com dicas de outro canal sensorial, e a integração de tudo isso de forma ativa e criativa. Consequentemente, podemos concluir que o produto final deste esforço cognitivo mais longo, detalhado e ativo de participar de uma atividade prática experimental é uma experiência mais rica e coerente e que pode contribuir para uma melhor aprendizagem.

Por fim, cabe salientar que essa riqueza sensorial e os tipos de atenção possíveis de ocorrer durante a realização de uma atividade prática experimental em sala de aula serão melhores explorados se o professor orientar as mudanças de atenção deliberadamente, como propõem Seidel et al. (2015). Nesse caso, ao sinalizar aos alunos as evidências do fenômeno envolvido, os pontos principais dos conceitos, destacando as relações com o fenômeno observado, e fornecendo instruções claras sobre quando e como a atenção interna deve ser acionada (como direcionar a atenção dos alunos para suas próprias ideias e reflexões, ao lançar questionamentos prévios e posteriores à realização da atividade), pode-se ajudar os estudantes a aprender como orientar a própria atenção com vistas a melhorar o aprendizado.

Referências

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders DSM-5*. American Psychiatric Association, 2013.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Interamericana, 1980.
- BOS, A.; ZARO, M.; PRESTES, L. P.; PIZZATO, M. C.; AZEVEDO, D. F. G.; AVILA, F. R.; BATISTA, M. Student's attention: The use of Brain Waves Sensors in Interactive Videos. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, n.6, v.4, p. 155-157, 2019a.

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

BUNCE, D. M.; FLENS, E. A.; NEILES, K. Y. (2010). How Long Can Students Pay Attention in Class? A Study of Student Attention Decline Using Clickers. *Journal of Chemical Education*, n. 87, v. 12, p. 1438-1443, 2010.

CARVALHO JUNIOR, C. V. O. *Neuroaccounting: mapeamento cognitivo cerebral em julgamentos de continuidade operacional*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2012.

CHEN, C. M.; LIN, Y. J. Effects of different text display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts. *Interactive Learning Environments*, n. 24, p. 553-571, 2016.

CHEN, C. M.; WU, C.H. Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, n. 80, p. 108-121, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>. Acesso em: 13 abril 2024.

DELAHUNTY, T.; SEERY, N.; LYNCH, R. Exploring the Use of Electroencephalography to Gather Objective Evidence of Cognitive Processing During Problem Solving. *Journal of Science Education and Technology*, n. 27, p. 114-130, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-017-9712-2>. Acesso em: 13 abril 2024.

DIXON, P.; BORTOLUSSI, M. Construction, integration, and mind wandering in reading. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, n. 67, v. 1, p. 1-10, 2013.

FENG, S.; D'MELLO, S.; GRAESSER, A. C. Mind wandering while reading easy and difficult texts. *Psychonomic Bulletin & Review*, n. 20, v. 3, p. 586-592, 2013.

GOO, J. J.; PARK, K. S.; LEE, M.; PARK, J.; HAHN, M.; AHN, H.; PICARD, R. W. Effects of guided and unguided style learning on user attention in a virtual environment. *Technologies For e-Learning and Digital Entertainment*, p. 1208–1222. Springer, 2006.

HECHT, D.; REINER, M.; HALEVY, G. Multimodal Virtual Environments: Response Times, Attention, and Presence. *Presence*, n. 15, v. 5, p. 515-523, 2006. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1162/pres.15.5.515>. Acesso em: 13 abril 2024.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. *Educational philosophy and theory*, n. 20, v. 2, p. 53–66, 1988.

JOHNSTONE, A. H.; PERCIVAL, F. Attention Breaks in Lectures. *Education in Chemistry*, n. 13, v. 2, p. 49-50, 1976.

KELLER, A. S.; DAVIDESCO, I.; TANNER, K. D. Attention Matters: How Orchestrating Attention May Relate to Classroom Learning. *CBE-Life Sciences Education*, n. 19, v. 3, p. 1-9, 2020. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.20-05-0106> . Acesso em 13 abril 2024.

LIMA, R. F. Compreendendo os Mecanismos Atencionais. *Ciência e cognição*, n. 6, v. 1, p. 113-122, 2005. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212005000300013. Acesso em: 13 abril 2024.

LIU, N. H.; CHIANG, C. Y.; CHU, H. C. Recognizing the degree of human attention using EEG signals from mobile sensors. *Sensors*, n. 13, v. 8, p. 10273-10286, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s130810273> . Acesso em 13 abril 2024.

MOUSAVI, S. Y.; LOW, R.; SWELLER, J. Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, n. 87, p. 319-334, 1995.

NÓBREGA, L. N. N.; BENITE, C. R. M. A experimentação investigativa no ensino de química para a sondagem de indicadores de altas habilidades e superdotação. *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e matemática*, v. 20, n. 44, p. 191-209, 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/15528/11175> . Acesso em: 13 dezembro 2024.

SEIDEL, S. B.; REGGI, A. L.; BURRUS, J. N.; TANNER, K. D. Beyond the biology: a systematic investigation of noncontent instructor talk in an introductory biology course. *CBE-Life Sciences Education*, n. 14, v. 43, p. 1-14, 2015.

SMALLWOOD, J.; SCHOOLER, J. W. The restless mind. *Psychological Bulletin*, n. 132, v. 6, p.946-958, 2006.

SMITHSON, W. H.; HUKINS, D.; COLWELL, B.; MATHERS, N. Developing a method to identify medicines non-adherence in a community sample of adults with epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, n. 24, v.1, p. 49–53, 2012.

SWAIN, J.; MONK, M.; JOHNSON, S. A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. *International Journal of Science Education*, n. 21, v. 12, p. 1311-1324, 1999.

WOLPAW, J.; WOLPAW, E. W. *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford University Press, 2012.

YIN, R. K. *Estudo de caso – planejamento e métodos* (3ª. Ed.). Bookman, 2005.

ZANON, L. B.; SILVA, L. H. A. A experimentação no ensino de Ciências. In R. P. Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. (Org.) *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Capes/Unimep, 2000.