

NEUROCIÊNCIA EDUCACIONAL: PRINCÍPIOS DE APRENDIZAGEM COMO BASE PARA A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM SALA DE AULA¹

Educational neuroscience: Learning principles as a basis for the use of digital technologies in the classroom

Kleyfton Soares da Silva²

RESUMO

Em meio aos variados recursos tecnológicos digitais desenvolvidos com vistas à aprendizagem escolar, o planejamento e implementação das atividades de ensino passam – ou deveriam passar – a ser pensados com mais cautela. A utilização de um recurso digital não impacta, necessariamente, positivamente na aprendizagem, podendo causar, por outro lado, desorientação. O objetivo desta pesquisa foi apresentar dispositivos teóricos e metodológicos que justificam a utilização de recursos tecnológicos digitais com base em princípios de aprendizagem. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, cujo levantamento bibliográfico acerca da aprendizagem e sua relação com as ciências cognitivas foi a principal estratégia de coleta de dados. Inicialmente, aborda-se a noção da “atenção” enquanto função cognitiva primordial para a seleção de informações relevantes, associando-a a tarefas educativas importantes para a aquisição de conhecimentos. Na sequência, 10 princípios de aprendizagem baseados em evidências científicas são apresentados para subsidiar a proposição de estratégias de ensino a partir da utilização diferentes recursos tecnológicos digitais. Os resultados apontam para a importância das tecnologias digitais como parte de um conjunto de estratégias fundamentadas em princípios de aprendizagem. É fundamental que docentes estejam preparados para utilizar tais recursos de forma consciente, considerando seus impactos na aprendizagem. Evidenciou-se que o uso das tecnologias digitais pode ser uma estratégia eficiente, desde que esteja fundamentado em uma abordagem pedagógica coerente e em princípios de aprendizagem bem estabelecidos.

Palavras-chave: Ciências cognitivas, Ciências da aprendizagem, Recursos tecnológicos digitais.

ABSTRACT

Amidst the various digital technological resources developed for school learning, the planning and implementation of teaching activities should be carefully considered. The use of a digital resource does not necessarily have a positive impact on learning and can, on the other hand, cause disorientation. The aim of this research was to present theoretical and methodological frameworks that justify the use of digital technological resources based on principles of learning. This is a qualitative research, in which a bibliographic review on learning and its relation to cognitive sciences was the main data collection strategy. Initially, the concept of "attention" as a primary cognitive function for the selection of relevant information is discussed, associating it with important educational tasks for knowledge acquisition. Next, 10 evidence-based principles of learning are presented to support the proposition of teaching strategies using different digital technological resources. The results highlight the importance of digital technologies as part of a set of strategies based on principles of learning. It is essential for educators to be prepared to use such resources consciously, considering their impact on learning. It was evident that the use of digital technologies can be an effective strategy, provided that it is based on a coherent pedagogical approach and well-established principles of learning.

Key-words: Cognitive sciences, Learning sciences, Digital technological resources.

¹ Apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

² Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, UFS, kley.soares@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A palavra "atenção" é frequentemente utilizada no contexto escolar, porém, apesar de compreendermos seu significado prático, poucas pessoas estão cientes das limitações dos processos mentais envolvidos no ato de focalizar a atenção e de como o conhecimento desses processos pode contribuir para melhorar o desempenho dos estudantes. Segundo Gazzaniga *et al.* (2006), em determinadas situações, a capacidade cerebral de se ajustar cognitivamente permite que o sujeito direcione sua atenção seletiva e concentrada em um determinado alvo, resultando em um foco duradouro em uma tarefa específica em detrimento de outras.

Em meio à variedade de recursos tecnológicos digitais que prometem potencializar a aprendizagem, a questão da atenção – enquanto função cognitiva essencial para a aquisição de conhecimentos – deve ser levada em consideração. Isso porque as tecnologias digitais podem desempenhar papéis importantes na focalização da atenção dos estudantes.

Do ponto de vista da organização dos estudos, há aplicativos de gerenciamento de tarefas (Evernote) e calendários (Google Agenda) que podem auxiliar no planejamento e aumento da capacidade de concentração. As tecnologias digitais também podem viabilizar a personalização da aprendizagem (Seneca Learning), de modo que os conteúdos entregues aos estudantes satisfazem suas necessidades individuais e despertam mais interesse pelos estudos. Outros aplicativos pedagógicos são utilizados para veicular os conhecimentos a serem aprendidos e/ou facilitar a apresentação de determinados conceitos abstratos. Apostando na manutenção da atenção concentrada dos estudantes, Kahoot e PhET são algumas das plataformas digitais que disponibilizam jogos e animações, respectivamente, com fins educativos.

Vale ressaltar que, embora a “atenção” seja a porta de entrada da aprendizagem (AMARAL; GUERRA, 2022), ela consiste em uma parte do sistema de processamento das informações do ambiente e precisa, portanto, ser compreendida – em conjunto com outras funções cognitivas – para fins de organização pedagógica. Em Daniela (2021) é possível identificar uma grande questão na atualidade referente à utilização de recursos digitais na educação: os educadores realmente têm consciência dos propósitos pedagógicos por trás das suas práticas? Experiências de sala de aula sugerem que nem sempre o resultado da aplicação de tecnologia digital é positivo. Uma forma de lidar com tais possibilidades é conhecer e implementar estratégias de ensino a partir de diferentes bases teóricas e campos disciplinares, tais como a educação, psicologia e neurociência.

Nessa perspectiva, cabe o questionamento: de que forma o conhecimento de noções da atenção e princípios de aprendizagem pode contribuir para o planejamento de aulas com tecnologias digitais? O objetivo desta pesquisa teórica foi apresentar dispositivos teóricos e metodológicos que justificam a utilização de recursos tecnológicos digitais com base em princípios de aprendizagem.

2. UMA VISÃO GERAL SOBRE A ATENÇÃO ENQUANTO PORTA DE ENTRADA PARA A APRENDIZAGEM

Em 1890, William James definiu a atenção como um processo mental que torna claro e vivo um evento específico dentro de uma gama de possibilidades. Quanto à atenção ele acrescenta: “focalização, concentração da consciência são sua essência. Isso implica a retirada de algumas coisas de forma a lidar efetivamente com outras, e é uma condição que é oposta ao estado confuso, aturdido, dispersivo...” (JAMES, 1890 *apud* GAZZANIGA *et al.*, 2006, p. 263).

Segundo Gazzaniga *et al.* (2006), as observações de James já contemplavam as bases que hoje os cientistas tentam aprofundar com a ajuda da tecnologia: aspectos voluntários da atenção; inabilidade de prestar atenção a muitas coisas ao mesmo tempo; capacidade limitada da atenção.

A partir da metade do século XX surgiram diversos modelos explicativos da atenção, como o efeito *cocktail party* introduzido por Cherry para explicar a capacidade cerebral de selecionar estímulos específicos em meio a um turbilhão de informações como ruídos, conversas, músicas. Outro modelo partiu das concepções de “filtro” de Broadbent (1958), em que os estímulos externos passam por um processamento de informação e são canalizados de forma seletiva através de um filtro que deixa passar e torna consciente somente o que foi foco da atenção. Broadbent concluiu que um sujeito focaliza a atenção somente em um canal (evento) por vez.

A atenção seletiva foi descrita detalhadamente em 1994, por Posner e Raichle, quando verificaram a coexistência do processo explícito (automático) e implícito (voluntário) em estímulos atencionais de caráter visuoespacial (FIORI, 2008).

A partir de 1990, o desenvolvimento das tecnologias de neuroimagem tornou possível a pesquisa de mecanismos psicológicos no nível celular e neural, permitindo o conhecimento de complexos processos mentais do cérebro.

Existem mecanismos que selecionam e permitem o cérebro processar as informações mais relevantes. Segundo Gazzaniga e colaboradores (2006, p. 265), “a atenção é um mecanismo cerebral cognitivo que possibilita alguém processar informações, pensamentos ou ações relevantes, enquanto

ignora outros irrelevantes ou dispersivos”. Nesse sentido, a atenção é compreendida basicamente como o processo de focalização da consciência em uma única tarefa. “É natural intuir que essa ação focalizadora só se torna possível porque conseguimos sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios de certas regiões cerebrais que executam a tarefa principal, inibindo as demais” (LENT, 2010, p. 631).

A neurociência cognitiva se dedica a responder questões que surgem a partir de constatações das psicologias experimental e cognitiva, visando esclarecer seus aspectos neurofisiológicos. Por exemplo, estudos comportamentais levaram à divisão da atenção em duas grandes categorias: atenção voluntária e atenção reflexa. Mas quais são os processos cerebrais envolvidos em cada tipo de atenção? Ao se considerar alguns subtipos de atenção como a dividida e concentrada, de que forma elas estão relacionadas? São dessas questões que a neurociência cognitiva trata.

Cosenza e Guerra (2011) salientam que a atenção pode ser descrita em duas formas gerais: a atenção reflexa e a atenção voluntária. A reflexa faz referência a estímulos sensoriais internos e externos, captando a atenção de forma inesperada. Um exemplo é quando um aluno se levanta durante a explicação do professor e todos os outros direcionam o olhar para ele automaticamente. A voluntária está relacionada com a capacidade do indivíduo em prestar atenção em algo de forma intencional. Os processos mentais são regulados de modo que o indivíduo perceba e até raciocine sobre o evento foco da atenção. Quando um estudante decide focalizar na explicação do professor ele mobiliza suas funções cerebrais com o objetivo de reter as informações, seja por um curto ou longo prazo.

Basicamente, o lobo parietal é a região responsável pelo controle da atenção. Outras regiões também fazem relação direta com a atenção, são eles: o núcleo pulvinar do tálamo (responde às mudanças de cor, movimento e orientação) e colículo superior do mesencéfalo (participa na focalização de um alvo) (GAZZANIGA *et al.*, 2006).

Relativamente às funções do lobo parietal – também envolvido nas representações espaciais – há o que se pode chamar de circuito orientador, regiões corticais e subcorticais que atuam no controle da orientação voluntária relacionada a locais (GAZZANIGA *et al.*, 2006). Quanto ao circuito executivo, relacionado ao lobo frontal e às chamadas funções executivas, Cosenza e Guerra (2011, p. 45) afirmam que esse sistema “permite que se mantenha a atenção de forma prolongada, ao mesmo tempo em que são inibidos os estímulos distraidores”.

Cabe ressaltar as funções executivas, responsáveis pela regulação do processamento da informação pelo cérebro (GAZZANIGA *et al.*, 2006). As regiões cerebrais mais envolvidas em

atividades de planejamento e tomada de decisões compreendem o córtex pré-frontal, que por sua vez integra sistemas executivos associados ao funcionamento da memória de trabalho e da atenção.

Uma propriedade interessante do córtex pré-frontal tem a ver com o gerenciamento e seleção de informações relevantes para atingir um determinado objetivo. Isso quer dizer que tanto as porções laterais do córtex pré-frontal, associadas ao armazenamento temporário de representações, quanto o cíngulo anterior responsável pela coordenação de sistemas atencionais estão incumbidos pelo processamento e integração das informações recebidas ao longo do córtex cerebral (GAZZANIGA *et al.*, 2006).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa teórica foi conduzida para produzir novos conhecimentos a partir de um estudo crítico em torno da questão da aprendizagem com tecnologia digital. Trata-se, portanto, de uma revisão da literatura e desenvolvimento de argumentos fundamentados em teorias e conceitos já consolidados para ampliar as possibilidades práticas e de interpretação dos fenômenos de aprendizagem.

Inspirou-se nos estudos teóricos de Silva *et al.* (2020), Silva, Fonseca e Correia (2020) e Fonseca, Silva e Silva (2021) para estruturar o presente artigo em seções de apresentação e discussão de teorias e conceitos, resultando no estabelecimento de relações conceituais importantes para a ampliação do conhecimento.

O levantamento bibliográfico teve início com a exploração conceitual em duas obras que traduzem evidências científicas em princípios de aprendizagem: *PEN principles* do Centro de Pesquisa em Ciência da Aprendizagem da Austrália (<https://www.slrc.org.au/resources/pen-principles/>); e e-book de Amaral e Guerra (2022). Elegeu-se 10 princípios para relacioná-los com ferramentas digitais educativas que aparecem ao longo da discussão. O objetivo foi explicitar a importância do conhecimento de possíveis teorizações (princípios de aprendizagem) por trás de cada escolha metodológica. Destacou-se cada princípio em negrito ao longo do texto. A lista das 17 ferramentas digitais sugeridas foi disponibilizada no final do artigo. Optou-se pelo tópico sobre atenção como principal base teórica pela possibilidade de centralizar e conectar os demais aspectos cognitivos envolvidos na aprendizagem, por exemplo, a emoção e memória.

Por fim, esta pesquisa foi extraída de uma pequena parte da fundamentação teórica da minha dissertação de mestrado defendida e publicada no repositório da UFS (SILVA, 2018). A publicação

deste artigo foi uma oportunidade de difundir, de forma atualizada, a discussão acerca da relação entre tecnologia digital e princípios de aprendizagem em um contexto mais amplo. Portanto, a ampliação da ideia relacional aqui abordada não foi objetivo da pesquisa do mestrado, mas inspirada a partir da sua fundamentação teórica relevante para reflexão em um momento de protagonismo das tecnologias digitais educacionais.

4. RELAÇÕES ENTRE TECNOLOGIAS DIGITAIS E PRINCÍPIOS DE APRENDIZAGEM

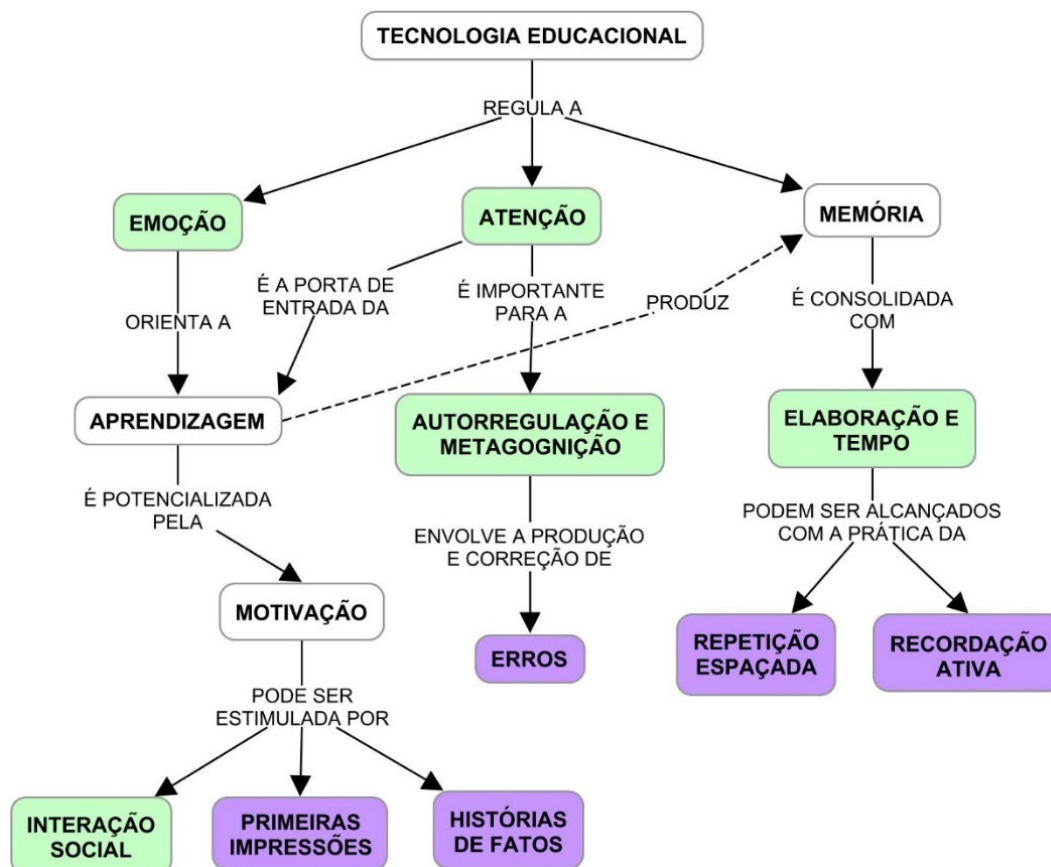
Em uma obra recente, Amaral e Guerra (2022) buscaram na literatura evidências científicas do campo das ciências cognitivas que revelaram características de aprendizagem em diferentes contextos. Como resultado, as autoras destacaram princípios da neurociência para uma aprendizagem mais efetiva. As autoras supracitadas reiteram – em forma de princípios de aprendizagem – a importância da: modificação das conexões cerebrais; peculiaridade; interação social; tecnologia; emoção; motivação; atenção; evitação do comportamento multitarefa; memória; autorregulação-metacognição; movimento; criatividade.

Dos princípios apresentados com a finalidade de orientar a prática pedagógica, um afirma que “o uso da tecnologia influencia o processamento e o armazenamento das informações” (AMARAL; GUERRA, 2022, p. 91). Esse princípio em específico é importante para a presente discussão porque permite mostrar a possibilidade de os recursos tecnológicos regularem funções cognitivas como emoção, atenção e memória durante o processo de aprendizagem.

Com o objetivo de exemplificar a aplicação de recursos tecnológicos digitais com base em princípios de aprendizagem, optou-se por destacar (Figura 1) 5 princípios trazidos por Amaral e Guerra (2022) e 5 organizados pelo Centro de Pesquisa em Ciências da Aprendizagem da Austrália (*Science of Learning Research Centre - SLRS*). Uma das ações do *SLRS* foi organizar princípios de aprendizagem – chamados de *PEN principles*³ (*Psychology-Education-Neuroscience*) – baseados em evidências científicas das referidas áreas.

³ Os *PEN Principles* são apresentados em forma de pôster, podcast e vídeo com o objetivo de auxiliar professores, pais e estudantes com estratégias de aprendizagem. Cada princípio acompanha as referências bibliográficas (evidências científicas) que fundamentam as sugestões indicadas para o contexto da sala de aula.

Figura 1: Mapa conceitual mostrando como a tecnologia digital está relacionada com diferentes funções cognitivas. Destaque para os conceitos que representam alguns princípios trazidos por Amaral e Guerra (verde) e SLRS (lilás).



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com LeDoux (2001), a emoção é uma experiência subjetiva vivida a partir da avaliação de uma situação que pode resultar em um comportamento adequado. Normalmente, espera-se que as emoções resultantes das experiências de sala de aula sejam sempre positivas. Porém, sabe-se que diferentes emoções podem se manifestar, inclusive gerando ansiedade e dificultando o processo de aprendizagem (SILVA *et al.*, 2020). É importante compreender que um mesmo estímulo/ambiente pode desencadear diferentes reações emocionais.

Nesse contexto, **a emoção orienta a aprendizagem** (AMARAL; GUERRA, 2022). Esse princípio leva em consideração que o comportamento é regulado pela emoção e que a experiência que leva a aprendizagem precisa estimular as potencialidades dos estudantes. Segundo Amaral e Guerra (2022, p. 92), “a emoção sinaliza o valor da experiência, promove constituição de sentido e gera motivação para a aprendizagem. Emoção e cognição são indissociáveis”.

Frequentemente, escuta-se que as tecnologias digitais estimulam a curiosidade, provocam dinamismo e motivam. Em outras palavras: desencadeiam processos emocionais positivos. Essa seria,

talvez, a justificativa mais comum para a sua utilização em sala de aula. Mas, a tecnologia por si só é capaz de transformar a experiência, trazendo, necessariamente, estímulos favoráveis à aprendizagem?

A resposta é negativa. Um recurso de difícil manipulação, com linguagem complexa, isolado do objetivo visado pelo ensino, por exemplo, pode desorientar os estudantes e causar desinteresse. Por outro lado, um recurso que possibilita a interação entre colegas e professor, que facilita a compreensão de conceitos complexos e/ou abstratos, por exemplo, pode despertar o interesse dos estudantes. Aqui cabe destacar um princípio importante: **primeiras impressões influenciam o julgamento futuro** (*PEN Principle #10*). Embora a ideia seja implementar uma tecnologia digital para gerar boas impressões, más impressões também podem se consolidar e causar desconforto.

O princípio supracitado evidencia o fato de o cérebro responder às primeiras impressões e tomá-las como referência para um futuro julgamento. O fato é que, para alterar impressões iniciais, a amígdala é ativada mais intensamente, sugerindo que as primeiras impressões são emocionalmente reguladas. Dessa forma, deve-se promover atividades prazerosas e com objetivos bem definidos para facilitar a recordação em decorrência da associação com eventos educativos de carga emocional positiva.

Uma forma de evocar emoções significativas em sala de aula é por meio da interação. Amaral e Guerra (2022) reiteram que **a interação social favorece a aprendizagem**. No contexto da educação digital, os ambientes virtuais de aprendizagem como o Google Classroom são plataformas importantes para mediar a construção de conhecimentos de uma forma interativa e criativa. A possibilidade de trabalho colaborativo em atividades síncronas e assíncronas é um dos pontos fortes. O professor atua como mediador e avalia continuamente o processo educativo, em vez de focar no produto. O aprendizado colaborativo acontece através de ferramentas que possibilitam maior interação entre os estudantes, neste caso, pode-se citar os fóruns, Google Meet (aulas ao vivo), Google Docs (criação de documentos em tempo real) etc. Isso possibilita conexão, troca de informações, produção de ideias e aprendizagem cooperativa/colaborativa.

Para ampliar as possibilidades de interação, sentimento de pertencimento e conquista, os professores podem utilizar plataformas como o Kahoot e Socrative. Ambos possibilitam o trabalho com atividades gamificadas para estimular a competição saudável entre os participantes. Complementarmente, o princípio de aprendizagem **encontre a história por trás dos fatos** (*PEN Principle #11*) sugere que o engajamento dos estudantes a partir da interação com fatos históricos associados à atividade educativa pode ser potencializado. Isso acontece porque as regiões cerebrais

envolvidas na escuta de uma narrativa incluem áreas responsáveis pela mentalização, emoção e memória. Uma boa estratégia é iniciar a aula com histórias sobre o assunto que se quer ensinar, bem como pedir aos alunos que contem suas próprias histórias relacionadas com o assunto. Que tal incentivar os estudantes a criarem suas próprias histórias/narrativas (*storytelling*) por meio do aplicativo Powtoon? A ferramenta permite a criação de apresentações animadas e pode resultar em tarefas criativas e colaborativas. Alternativamente, o Youtube pode ser utilizado para a gravação de vídeos, enquanto o Spotify fornece uma maneira divertida de criar podcasts.

Conforme já abordado, o processo atencional consiste em filtrar informações importantes e inibir as irrelevantes. Amaral e Guerra (2022) destacam que **a atenção é a porta de entrada para a aprendizagem**. E acrescentam: “atenção seleciona a informação e é imprescindível para a formação de memórias” (AMARAL; GUERRA, 2022; p. 92).

A partir do pressuposto de que as tecnologias digitais são importantes para a aprendizagem, o desafio que se apresenta é saber como sustentar a atenção do estudante. Inicialmente, é legítimo pensar que uma ferramenta tecnológica digital é um estímulo potencial para atrair a atenção dos estudantes. Aqui entra em cena o uso da novidade e do contraste para a captura da atenção. Mas, as instruções e materiais/recursos apresentados são reconhecidos como importantes?

Uma forma de tornar o estímulo relevante é estabelecer metas, organizar o ambiente de estudo, explicitar as relações dos saberes com o cotidiano. Dessa forma, a existência de significado pode levar à concentração e realização efetiva das tarefas (COSENZA; GUERRA, 2011). Eventualmente, o estágio de concentração será perturbado pelas distrações, cabendo ao professor – enquanto mediador – minimizar os efeitos da atenção dividida para evitar o desinteresse pelo assunto (FONSECA; SILVA; SILVA, 2021).

Algumas tecnologias digitais podem auxiliar nesse processo. As plataformas MECRED e PhET reúnem recursos educacionais digitais para complementar as atividades de ensino de diversas disciplinas. Em vez de determinar todos os recursos a serem utilizados em sala de aula, você já pensou em solicitar a ajuda dos próprios estudantes? Eles podem pesquisar, testar e justificar suas escolhas. Em alinhamento com os objetivos da disciplina, você pode ajudá-los na elaboração de planos de estudos, sugerindo vídeos e outros recursos digitais. Esse processo de levantamento de expectativas é importante para gerar sentimento de pertencimento, além de estimular o gerenciamento do próprio aprendizado, de forma independente e proativa. Amaral e Guerra (2022) enfatizam que **a autorregulação e a metacognição potencializam a aprendizagem**.

As plataformas Trello e Evernote podem ser aliadas dos estudantes nesse processo de organização e gerenciamento dos estudos. Esse hábito certamente diminuirá as chances dos estímulos distratores ligados aos pensamentos aleatórios causarem ansiedade em decorrência da desorganização e ausência de metas bem estabelecidas.

É importante salientar que, como parte do progresso dos estudos, os erros não devem ser necessariamente evitados. O princípio **abraçe o erro para melhorar o aprendizado** (*PEN Principle #8*) ressalta a importância do erro na aprendizagem. Isto é, demonstra que a aprendizagem baseada no feedback traz bons resultados. Estudos mostram que quanto mais os estudantes sentem dificuldades na aprendizagem de novas informações, mais provavelmente eles irão recordar tais informações. Referências do princípio em tela mostram que quando um aluno de baixo rendimento está aprendendo, geralmente, sua preocupação repousa na recompensa, enquanto um aluno de alta performance frequentemente procura por erros em seus arquivos de memória. Isso resulta em diferentes ativações cerebrais durante a aprendizagem que visa somente o acerto e aquela que visa o erro.

Considerando que a atenção é altamente flexível (GAZZANIGA, 2006) e pode ser potencializada por meio de treinamento (SAVULICH *et al.*, 2019), recomenda-se que os estudantes compreendam suas limitações e busquem superá-las. O Peak é um aplicativo interessante para treinar a atenção. Baseia-se em evidências científicas e dispõe de diferentes tarefas para aprimorar habilidades cognitivas.

É importante destacar que **a aprendizagem ativa requer elaboração e tempo para a consolidação na memória** (AMARAL; GUERRA, 2022). Esse princípio pontua que:

Estudar às vésperas da prova, acumulando informações sem muita elaboração, resulta em rápido esquecimento. Para uma informação ser registrada de forma mais definitiva no cérebro, ela precisa passar pelos processos de repetição, elaboração, recordação e consolidação. Isso requer tempo e a utilização de metodologias ativas (AMARAL; GUERRA, 2022, p. 93).

A aprendizagem consiste na aquisição de representações cerebrais que são refletidas em pensamentos, experiências e comportamentos (GAGE; BAARS, 2018). Porém, o desafio é encontrar, em meio aos diferentes estilos de aprendizagem, caminhos eficazes para a codificação, consolidação e recuperação de informações. A boa notícia é que há pesquisadores testando e sugerindo diferentes estratégias para superar esse desafio.

O princípio **a prática de "spacing-out" (espaçar) melhora a memória** (*PEN Principle #4*) sugere que é importante particionar as sessões de estudo para melhorar a elaboração conceitual dentro

de intervalos pré-definidos. Trata-se de uma técnica de prática espaçada como uma estratégia que favorece a formação de memória de longo prazo. Ao invés de estudar um conteúdo de forma massiva, sem interrupções, é mais adequado particionar as sessões de estudo. É interessante notar que a cada nova sessão o estudante precisa passar por estágios de reconsolidação de memórias para conteúdos anteriores, sugerindo que a atividade cerebral será mais intensa a cada sessão. A plataforma Quizlet é excelente para criar lições interativas que serão repetidas e espaçadas conforme as necessidades de cada estudante.

As estratégias de recuperação e reconsolidação também devem levar em consideração que a **recordação ativa supera a revisão passiva** (PEN Principle #9). Esse princípio justifica a eficiência de um fenômeno chamado *testing effect* (efeito do teste). A memória é mais bem consolidada quando, em uma revisão, o estudante se esforça para lembrar o máximo de detalhes, em vez de observar passivamente uma lista de conteúdo a ser memorizada. Essa técnica ativa de recordação de informações provoca um processamento cerebral mais profundo, com maior possibilidade de consolidação. O aplicativo de criação de flashcards Anki tem sido utilizado vastamente como estratégia de recordação ativa. De um lado do flashcard pode ser apresentado um conceito. Do outro lado, sua definição. Antes de verificar a resposta, o estudante é estimulado a recordar da definição a partir da visualização do conceito.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recorreu-se a elementos teóricos e práticos sistematizados em forma de princípios de aprendizagem para nortear a concepção de estratégias didáticas que, teoricamente, satisfaz as condições necessárias para uma aprendizagem mediada por tecnologias digitais. Tais princípios foram formulados pelos autores das obras consultadas a partir da integração de evidências científicas dos campos da neurociência cognitiva, psicologia cognitiva e educação.

Embora os resultados experimentais da neurociência cognitiva aplicada à educação ainda não tenham sido consolidados em forma de modelos teóricos específicos para aplicação em sala de aula, recursos didáticos e práticas de ensino têm sido planejados com base em estudos neurocognitivos. Nesse sentido, é possível realizar articulações teóricas para tentar minimizar as barreiras da aprendizagem. Antes de escolher, planejar e aplicar uma estratégia de ensino é importante levar em consideração as variáveis internas e externas do sujeito. O modelo teórico por trás de cada prática pedagógica precisa dar suporte à elaboração, aplicação, controle e avaliação das atividades de onde se pretende alcançar os objetivos curriculares.

Considerando a natureza da sobrevivência humana, o cérebro está sempre propício ao novo, à adaptação, à aprendizagem. Mas está disposto a fazê-lo para aquilo que reconheça como significativo. Afinal, ele só se ocupará com algo que faça sentido ou seja necessário à sua sobrevivência. Portanto, o primeiro passo para estimular a aprendizagem do estudante é fazê-lo se interessar, focalizar, engajar em atividades que façam parte do seu mundo, num primeiro momento real, material, para então ir a caminho do abstrato e imaginário. Assim é possível sensibilizar seletivamente um conjunto de neurônios das regiões cerebrais responsáveis pela atenção seletiva e concentrada.

É fundamental destacar que as tecnologias digitais podem se tornar uma distração quando mal utilizadas, portanto, é crucial encontrar estratégias para inibir estímulos distratores e alcançar a concentração. A supervisão e orientação adequadas por parte dos professores e pais são essenciais para garantir o uso apropriado das tecnologias digitais pelos estudantes. Não existe uma fórmula pronta, mas é importante ter uma base teórica sólida para alcançar resultados positivos.

Nesse sentido, em consideração às dificuldades de aprendizagem, o modelo teórico da atenção pode ser a porta de entrada para a compreensão dos fenômenos de aprendizagem, uma vez que a atenção é a função cognitiva responsável pela filtração do conteúdo significativo, o qual pode ou não se constituir em memória de longo prazo. A identificação de estratégias para a captação da atenção e seu prolongamento é também uma questão de discussão neste trabalho.

Por fim, embora tenha sido priorizado um tópico sobre a atenção, ressalta-se que a emoção, a atenção e a memória são fatores fundamentais para a aprendizagem, pois trabalham juntos para permitir que o cérebro processe, armazene e recupere informações importantes. Dessa forma, o estabelecimento de um ambiente de aprendizagem frutífero, que promova a emoção positiva, atenção concentrada e memória duradoura é fundamental para garantir o sucesso acadêmico.

AGRADECIMENTO

Instituto Federal de Alagoas. Universidade Federal de Sergipe (orientador e examinadoras da banca do mestrado, pela revisão textual do trecho da dissertação extraído para este trabalho). Parte da pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. L. N.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: olhando para o futuro da aprendizagem**. Serviço Social da Indústria. Brasília: SESI/DN, 2022.

BROADBENT, D. **Perception and communication**. London: Pergamon, 1958.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DANIELA, L. Smart pedagogy as a driving wheel for technology-enhanced learning. **Tech Know Learn**, 26, 711-718, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09536-z>. Acessado em: Jun. 2023.

FIORI, N. **As neurociências cognitivas**. Petrópolis: Vozes, 2008.

FONSECA, L. S.; SILVA, K. S.; SILVA, L. P. Compreendendo a atenção na sala de aula com base no modelo de Posner: contribuições para a educação em ciências e matemática. **ENCITEC**, v. 11, n. 3, p. 237-250, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31512/encitec.v11i3.490>. Acessado em: Jun. 2023.

GAGE, N. M.; BAARS, B. J. **Fundamentals of cognitive neuroscience**. (2nd ed.). Elsevier Inc: Academic Press, 2018.

GAZZANIGA, M. S. *et al.* **Neurociência Cognitiva: a biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

JAMES, W. **Principles of psychology**. New York: H. Holt, 1890.

LeDOUX, J. **O cérebro emocional: os misteriosos alicerces da vida emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios**. 2ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

SAVULICH, G. *et al.* Improvements in attention following cognitive training with the novel “decoder” game on an iPad. **Front. Behav. Neurosci.** 13, 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00002>. Acessado em: Jun. 2023.

SILVA, K. S. **A neurociência cognitiva como base da aprendizagem de geometria molecular: um estudo sobre atributos do funcionamento cerebral relacionados à memória de longo prazo**. 2018. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/8229>. Acessado em: Jun. 2023.

SILVA, K. S. *et al.* Perspectiva neurocognitiva da ansiedade química na educação básica e superior: o que precisamos saber? **Aretê**, v. 13, n. 27, p. 1-13, 2020. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/1841>. Acessado em: Jun. 2023.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S. Neurociência e educação: estratégias multissensoriais para a aprendizagem de geometria molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 01, p. 01-26, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-795.ienci2021v26n1p01>. Acessado em: Jun. 2023.

SILVA, K. S.; FONSECA, L. S.; CORREIA, P. R. M. Abordagem neurocognitiva de processos atencionais envolvidos na aprendizagem mediada por mapas conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 247-268, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v13n2.9421>. Acessado em: Jun. 2023.

SLRC. **PEN Principle #4** - Spacing-out practice enhances memory. Disponível em: <https://www.slrc.org.au/pen-4-spacing-practice-enhances-memory/>. Acessado em: Jun. 2023.

SLRC. **PEN Principle #8** - Embrace error to improve learning. Disponível em: <https://www.slrc.org.au/pen-principle-8-embrace-error-improve-learning/>. Acessado em: Jun. 2023.

SLRC. **PEN Principle #9** - Active recall trumps passive review. Disponível em: <https://www.slrc.org.au/pen-principle-9-active-recall-trumps-passive-review/>. Acessado em: Jun. 2023.

SLRC. **PEN Principle #10** - First impressions colour future judgement. Disponível em: <https://www.slrc.org.au/pen-principle-10-first-impressions-colour-future-judgement/>. Acessado em: Jun. 2023.

SLRC. **PEN Principle #11** - Find the story behind the facts. Disponível em: <https://www.slrc.org.au/pen-principle-11/>. Acessado em: Jun. 2023.

WEBSITES DAS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS DIGITAIS SUGERIDAS

Anki – Flashcards (<https://apps.ankiweb.net/>)

Evernote – Gerenciamento de tarefas (<https://evernote.com/intl/pt-br>)

Google Agenda (<https://workspace.google.com/products/calendar/>)

Google Docs – Criação de documentos online (<https://docs.google.com>)

Google Meet – Videoconferência (<https://meet.google.com>)

Google Sala de Aula – Gerenciamento de atividades escolares (<https://classroom.google.com>)

Kahoot – Gamificação (<https://kahoot.com/>)

Peak – Treinamento de habilidades cognitivas (<https://www.peak.net/>)

PhET – Animações para ensino de ciências e matemática (https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

Podcasters – Criação de podcast (<https://podcasters.spotify.com/pod/login>)

Powtoon – Criação de apresentações e vídeos animados (<https://www.powtoon.com/>)

Quizlet – Avaliação dinâmica (<https://quizlet.com>)

MECRED – Recursos digitais educacionais (<https://plataformaintegrada.mec.gov.br/>)

Seneca Learning – Plataforma de aprendizagem (<https://senecalearning.com/pt-BR/>)

Socrative – Avaliação dinâmica (<https://www.socrative.com/>)

Trello – Gerenciamento de tarefas (<https://trello.com/pt-BR>)

Youtube – Produção de vídeos (<https://www.youtube.com/>)