

Walmir Fernandes Pereira
(Org.)



NEUROEDUCAÇÃO NA PRÁTICA

ESTRATÉGIAS BASEADAS EM EVIDÊNCIAS



científica digital



CIENTÍFICA DIGITAL EDITORIAL LTDA

Barueri - São Paulo - Brasil
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

Diagramação e Arte	Edição © 2026 Científica Digital
Diego Santos	Texto © 2026 Os Autores
João Quintela	1ª Edição - 2026
Imagens da Capa	Acesso Livre - Open Access
Adobe Stock - 2026	

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N494 Neuroeducação na prática: estratégias baseadas em evidências / Organização de Walmir Fernandes Pereira. – Barueri-SP: Científica Digital, 2026.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN 978-65-6155-224-0
DOI 10.37885/978-65-6155-224-0

1. Psicologia da aprendizagem. I. Pereira, Walmir Fernandes (Organizador). II. Título.

CDD 370.1523

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Psicologia da aprendizagem

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2026

Walmir Fernandes Pereira
(Org.)

Neuroeducação na Prática: Estratégias Baseadas em Evidências

1ª EDIÇÃO



científica digital

2026 - BARUERI - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.cientificadigital.org/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

Nota: Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra resulta de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores, cujo engajamento qualificou as reflexões desenvolvidas neste espaço formativo. Fruto de iniciativas interinstitucionais de incentivo à pesquisa, o livro congrega especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a instituições de educação superior públicas e privadas, no Brasil e no exterior.

O objetivo central é fortalecer a integração entre instituições por meio de redes de pesquisa voltadas à formação continuada de profissionais da educação, promovendo a produção e a ampla disseminação do conhecimento.

Agradecemos aos autores pela dedicação e compromisso na construção desta obra, que se propõe a ser um recurso didático-pedagógico relevante para estudantes, docentes de diferentes níveis de ensino e demais interessados na temática.

Walmir Fernandes Pereira

SUMÁRIO

Capítulo 01

TEORIA DA CARGA COGNITIVA: UMA VISÃO GERAL

Leandro Homma Nagano; Andrey Ricardo Pimentel; Alexander Robert Kutzke

 10.37885/251120689 8

Capítulo 02

PSICOMOTRICIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL NA CRIANÇA COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Eliana Gonçalves da Fonseca; Rejane Mary de Oliveira Lima; Expedito Renovato da Silva Júnior; Érika Almeida Chaves; André Wilson de Oliveira Gil; Jerônimo de Freitas Regis

 10.37885/260321338 31

Capítulo 03

NEUROCIÊNCIAS, MEMÓRIA E APRENDIZAGEM: O PAPEL DAS ILUSTRAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ismael Barros Esmero; Priscila Leticia Vejar da Silva; Nicolas Ribeiro Saadi; Oclaris Lopes Munhoz

 10.37885/260321377 44

SOBRE OS ORGANIZADORES 59

ÍNDICE REMISSIVO 61

TEORIA DA CARGA COGNITIVA: UMA VISÃO GERAL

Leandro Homma Nagano

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Andrey Ricardo Pimentel

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Alexander Robert Kutzke

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

RESUMO

Em um artigo de 1998 na *Educational Psychology Review*, Sweller *et al* (1998) descreveram a Teoria da Carga Cognitiva. Naquela época, discutiram os principais efeitos previstos pela teoria e revisaram estudos empíricos que forneceram suporte para esses efeitos.

Palavras-chave: Teoria da carga cognitiva; ciência cognitiva; aprendizagem.

INTRODUÇÃO

A Teoria da Carga Cognitiva (TCC) descreve a relação entre esforço mental e aprendizagem e foi projetada para orientar e auxiliar na apresentação de informações que incentivem as atividades do estudante na otimização do desempenho intelectual. De acordo com a teoria, deve-se incentivar atividades de aprendizagem que minimizem o processamento e/ou armazenamento que não seja pertinente para a aprendizagem, para evitar sobrecarregar a capacidade limitada da memória de trabalho (Renkl *et al.*, 2004; Sweller *et al.*, 1998; van Merriënboer e Sweller, 2005).

TEORIA DA CARGA COGNITIVA

Arquitetura cognitiva

Na arquitetura cognitiva humana, temos uma memória de trabalho limitada, que lida com todas as atividades conscientes, e uma memória de longo prazo efetivamente ilimitada, que pode ser usada para armazenar esquemas de vários graus de automação (Sweller *et al.*, 1998).

O sistema cognitivo humano pode ser caracterizado por colocar sua ênfase principal na capacidade de armazenar quantidades aparentemente ilimitadas de informações na memória de longo prazo. Esta informação não consiste apenas em fatos pequenos e isolados, mas pode incluir interações e procedimentos grandes e complexos. Deste ponto de vista, a capacidade intelectual humana provém deste conhecimento armazenado, e não de uma capacidade de se envolver em longas e complexas cadeias de raciocínio na memória de trabalho. A memória de longo prazo tem como característica o armazenamento mais ou menos permanente de conhecimentos e habilidades (de Souza, 2010; Sweller *et al.*, 1998).

Memória de trabalho e memória de longo prazo

A memória de trabalho pode ser equiparada à consciência. Os humanos são conscientes e podem monitorar apenas o conteúdo da memória de trabalho.

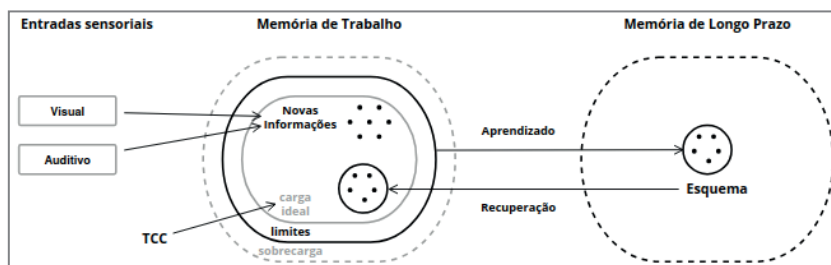
Todas as outras funções cognitivas ficam ocultas, a menos que possam ser trazidas para a memória de trabalho. O armazenamento de informações é limitado tanto na duração como na quantidade de elementos armazenados (de Souza, 2010; Sweller *et al.*, 1998).

A memória de longo prazo altera as características da memória de trabalho. A memória de longo prazo contém esquemas cognitivos que variam em grau de complexidade e automação. A especialização humana provém do conhecimento armazenado nestes esquemas e não da capacidade de raciocinar com muitos elementos que não foram organizados na memória de longo prazo. A memória de trabalho humana simplesmente não é capaz de processar muitos elementos. A experiência se desenvolve à medida que os estudantes combinam conscientemente ideias simples com ideias mais complexas. Esses esquemas organizam e armazenam conhecimento, mas também reduzem fortemente a carga da memória de trabalho porque mesmo um esquema altamente complexo pode ser tratada como um elemento da memória de trabalho (van Merriënboer e Sweller, 2005).

A carga cognitiva representa a carga que a execução de uma determinada tarefa impõe ao sistema cognitivo. Pode ser conceituada como uma dimensão baseada na tarefa (ou seja, carga mental) e uma dimensão baseada no estudante (ou seja, esforço mental), ambas as quais afetam o desempenho. Carga mental refere-se à carga imposta pelas demandas da tarefa (ambiente). O esforço mental refere-se à quantidade de capacidade cognitiva ou recursos que são realmente alocados para acomodar as demandas da tarefa. Já o desempenho refere-se ao desempenho do estudante associado (Sweller *et al.*, 1998).

De fato, se a quantidade de informações que precisa ser armazenada na memória de trabalho estiver dentro de seus limites, a fase de aprendizagem é facilitada. Por outro lado, se a quantidade de informações ultrapassar esses limites, ocorre uma situação de sobrecarga e a fase de aprendizagem é prejudicada (Orru e Longo, 2019). A Figura 1 demonstra o papel da Teoria da Carga Cognitiva em conexão com a memória de trabalho e a construção de esquemas.

Figura 1 - Papel da TCC em conexão com a memória de trabalho e a construção de esquemas.



Fonte: Adaptado de Orru e Longo (2019).

Quando a capacidade de memória e de utilização de recursos cognitivos é usada até sua exaustão, é considerado que o indivíduo está com uma sobrecarga cognitiva, ou seja, o limiar de recursos cognitivos disponíveis para processar informações é ultrapassado. Esta sobrecarga vai afetar os processos cognitivos em geral como a memória, a atenção e a percepção, repercutindo, por conseguinte, em diversos erros cognitivos e sócio-cognitivos (Alves *et al.*, 2017).

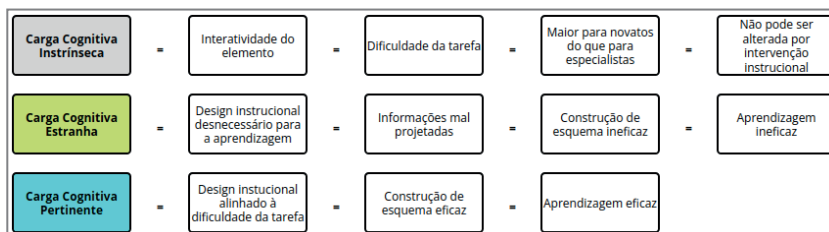
A TCC assume uma memória de trabalho limitada que armazena cerca de sete elementos, mas opera com apenas de dois a quatro elementos. Ela é capaz de lidar com informações apenas por alguns segundos, e quase todas as informações perdidas após cerca de 20s, a menos que sejam atualizadas por repetição. A teoria enfatiza que essas limitações de capacidade e duração da memória de trabalho só se aplicam a novas informações obtidas por meio da memória sensorial. A memória de trabalho não tem limitações conhecidas ao lidar com informações recuperadas da memória de longo prazo (van Merriënboer e Sweller, 2005).

Tipos de carga cognitiva

A TCC distingue três tipos de carga cognitiva: carga intrínseca, estranha (ou externa) e pertinente (ou relevante). A carga intrínseca depende da complexidade de uma tarefa, ou seja, do número de elementos de informação interativos que a tarefa contém. Cargas estranhas e pertinentes dependem da forma como a tarefa é projetada, com a carga estranha refletindo o esforço necessário para processar instruções mal projetadas e a carga pertinente refletindo o esforço que contribui para a construção de esquemas e para a aprendizagem (Sweller

et al., 1998). A Figura 2 demonstra a definição e papel dos tipos de carga cognitiva da Teoria da Carga Cognitiva.

Figura 2 - Definição e papel dos tipos de carga cognitiva da Teoria da Carga Cognitiva.



Fonte: Adaptado de Orru e Longo (2019).

A carga cognitiva intrínseca é determinada pela natureza intrínseca da informação a ser aprendida, mais especificamente, pelo número de elementos de informação interativos que a tarefa de aprendizagem ou o material de aprendizagem compreende. Também se refere à complexidade do material de aprendizagem que o estudante pretende representar mentalmente, onde a complexidade depende da quantidade de conhecimento prévio do estudante. Se houver algum conhecimento prévio da tarefa ou material, terá que processar (ou seja, selecionar, organizar e integrar) esses elementos que interagem para aprender a tarefa ou material (Leppink et al., 2014; Renkl et al., 2004).

À medida que a aprendizagem progride (ou seja, a experiência aumenta), os elementos de informação são incorporados (ou fragmentados) em esquemas cognitivos armazenados na memória de longo prazo, que podem ser tratados como um único elemento na memória de trabalho. Portanto, a carga cognitiva intrínseca imposta por uma tarefa de aprendizagem ou por materiais de aprendizagem é muito maior para os novatos do que para os estudantes mais experientes e a tarefa de aprendizagem que pode ser complexa para um estudante iniciante pode, por outro lado, ser simples para um especialista (Leppink et al., 2014; Renkl et al., 2004).

A carga cognitiva estranha é uma carga cognitiva desnecessária para a aprendizagem (isto é, para a construção de esquemas e automação) e pode ser alterada por intervenções instrucionais. A carga cognitiva estranha é determinada pelo *design instrucional* e reflete o esforço necessário para processar instruções mal projetadas. Surge de métodos de ensino abaixo do ideal que exigem que o

estudante se envolva em processos cognitivos que não contribuem diretamente para a construção de esquemas cognitivos e são, como tal, desnecessários e estranhos aos objetivos de aprendizagem. Tais processos podem dificultar a aprendizagem. Projetos instrucionais apropriados diminuem a carga cognitiva estranha (Leppink *et al.*, 2014; Sweller *et al.*, 1998; van Merriënboer e Sweller, 2005).

A carga cognitiva intrínseca e a carga cognitiva estranha são aditivas. Se a carga cognitiva estranha representa um problema para os estudantes depende, em parte, da carga intrínseca: se a carga intrínseca for alta, a carga cognitiva estranha deve ser reduzida; se a carga intrínseca for baixa, uma carga cognitiva estranha elevada devido a um *design instrucional* inadequado pode não ser prejudicial porque a carga cognitiva total está dentro dos limites da memória de trabalho. A aprendizagem pode ser dificultada se a carga cognitiva intrínseca for elevada ou levar a uma aprendizagem abaixo do ideal em condições em que a carga cognitiva intrínseca for baixa. Isto é, embora a carga cognitiva estranha possa ser gerida sem prejudicar a aprendizagem sob tais condições, uma substituição da carga cognitiva estranha por uma carga cognitiva que seja diretamente pertinente para a aprendizagem (isto é, carga cognitiva pertinente) teria melhores resultados de aprendizagem (Leppink *et al.*, 2014; van Merriënboer e Sweller, 2005).

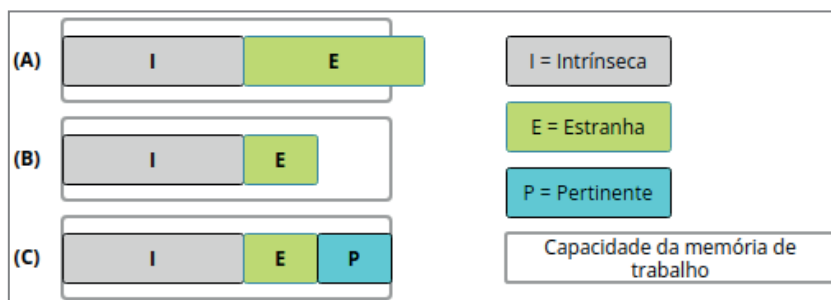
O conceito de carga cognitiva pertinente foi adicionado posteriormente à estrutura de carga cognitiva. Este tipo de carga surge da relação de informações pertinentes da memória de longo prazo ou do contexto com os novos elementos de informação e, como tal, refere-se às demandas colocadas na memória de trabalho que são impostas por atividades mentais que contribuem diretamente para a aprendizagem. Pode ser definida como a quantidade de recursos cognitivos humanos dedicados à carga cognitiva intrínseca e está altamente relacionada com a motivação do estudante e o nível de envolvimento na aprendizagem. A carga cognitiva pertinente está associada apenas aos *designs instrucionais* que aumentam o uso dos recursos da memória de trabalho para reduzir a carga cognitiva intrínseca durante o processo de aprendizagem. A carga cognitiva pertinente reflete o esforço que contribui para a construção de esquemas. Projetos instrucionais apropriados aumentam a carga cognitiva pertinente (Huang *et al.*, 2015; Leppink *et al.*, 2014; Sweller *et al.*, 1998).

A TCC afirma que a carga cognitiva intrínseca deve ser otimizada no *design instrucional*, selecionando materiais que correspondam ao conhecimento ou proficiência anterior do estudante, enquanto a carga cognitiva estranha deve ser minimizada e os estudantes devem ser desafiados a se envolver em processos que evoquem carga cognitiva pertinente. É importante não induzir alta carga estranha (ou seja, carga devido a atividades não relacionadas ao processo de aprendizagem), especialmente quando está associada a alta carga intrínseca (ou seja, carga devido às características do material), uma vez que carga estranha e a carga intrínseca pode deixar apenas um mínimo ou nenhum espaço para carga pertinente (ou seja, atividades mentais pertinentes para a aprendizagem). Do ponto de vista instrucional, também é importante explorar formas de promover especificamente a carga pertinente (Leppink *et al.*, 2014; Renkl *et al.*, 2004).

Obviamente, essa abordagem só funcionará se a carga cognitiva total associada ao *design instrucional*, ou a soma da carga cognitiva intrínseca mais a carga cognitiva externa mais a carga cognitiva pertinente, permanecer dentro dos limites da memória de trabalho. A combinação da diminuição da carga cognitiva externa e, ao mesmo tempo, do aumento da carga cognitiva pertinente envolve o redirecionamento da atenção: a atenção dos estudantes deve ser desviada dos processos não relevantes para a aprendizagem e direcionada para processos que são relevantes para a aprendizagem e, em particular, para a construção e abstração consciente de esquemas (Sweller *et al.*, 1998).

A Figura 3 descreve a relação entre os três tipos de carga cognitiva. Na condição A (sobrecarga), a carga cognitiva excede os limites da memória de trabalho do aprendiz devido a um incremento na carga externa. Por sua vez, os erros são mais frequentes, ocorrem tempos de execução de tarefas mais longos, às vezes até levando à incapacidade de realizar uma tarefa subjacente. Na condição B, há capacidade de memória de trabalho disponível e os aprendizes podem ter um desempenho ideal em uma tarefa subjacente. Com capacidade disponível, a TCC propõe aumentar a carga pertinente para ativar tarefas de aprendizagem, como na condição C (Orru e Longo, 2019).

Figura 3 - Relação entre os três tipos de carga cognitiva.



Fonte: Adaptado de Orru e Longo (2019).

A carga cognitiva estranha é o impulso da TCC e também a base para a pesquisa original do exemplo resolvido. Essa teoria foi concebida principalmente para fornecer princípios para a redução da carga cognitiva estranha, sendo os exemplos resolvidos representando apenas um entre vários métodos de ensino desenvolvidos para reduzir essa carga, surgida da exposição dos estudantes a técnicas tradicionais de resolução de problemas cognitivamente exigentes (Moreno, 2006).

A TCC introduz o conceito de carga cognitiva pertinente como a carga que resulta de atividades cognitivas pertinentes para os processos de aquisição e automação de esquemas. Portanto, este tipo de carga é desejável porque contribui em vez de interferir na aprendizagem. Por exemplo, dentro da pesquisa de exemplos resolvidos, alguns estudos examinaram técnicas que aumentaram a elaboração de exemplos, isto é, métodos que preparam o estudante para tirar inferências sobre a estrutura do exemplo, a lógica subjacente aos procedimentos de solução e os objetivos alcançados por etapas individuais. Da mesma forma, outros pesquisadores examinaram técnicas que exigem que os estudantes comparem exemplos resolvidos para aumentar a probabilidade de abstraírem, por comparação, as características estruturais que os exemplos podem ter em comum a partir de características superficiais dos exemplos (Moreno, 2006).

Formação e automação de esquemas

A TCC se baseia em esquemas para reduzir a Carga Cognitiva. Presume-se que os esquemas permitem que muitos elementos sejam tratados como um

único elemento na memória de trabalho e, como resultado, mais capacidade de memória de trabalho é liberada. A facilidade com que a informação pode ser processada na memória de trabalho é uma preocupação primordial da teoria. A carga da memória operacional pode ser afetada pela natureza intrínseca do material (carga cognitiva intrínseca) ou, alternativamente, pela maneira como o material é apresentado ou pelas atividades exigidas dos estudantes (carga cognitiva estranha) (de Souza, 2010; Sweller *et al.*, 1998).

De acordo com a Teoria dos Esquemas (Chi *et al.*, 1982), o conhecimento é armazenado na memória de longo prazo na forma de esquemas. Embora armazenados nessa memória, sua construção depende do processamento prévio das informações na memória de trabalho. Seções pertinentes da informação devem ser extraídas e manipuladas na memória de trabalho antes de serem armazenadas de forma esquemática na memória de longo prazo. Um esquema categoriza elementos de informação conforme seu uso. Assim, ao reconhecer que um problema pertence a um tipo já conhecido, o esquema correspondente é recuperado da memória de longo prazo, ativando-se na memória de trabalho o procedimento de solução associado, que então é aplicado ao novo problema. Os esquemas, portanto, explicam as diferenças de desempenho entre especialistas e iniciantes (Moreno, 2006; Sweller *et al.*, 1998).

Uma das funções dos esquemas é fornecer um mecanismo para organização e armazenamento de conhecimento. Eles também reduzem a carga da memória de trabalho. Quando o processo de aprendizagem ocorre durante um longo período de tempo, o esquema pode incorporar uma enorme quantidade de informações. Em resumo, a construção de esquemas tem duas funções: armazenar e organizar a informação na memória de longo prazo e a reduzir a carga da memória de trabalho. Pode-se argumentar que essas duas funções deveriam constituir o papel principal dos sistemas de educação e formação (Moreno, 2006; Sweller *et al.*, 1998).

A automação é um processo importante na construção de esquemas. Todas as informações podem ser processadas de forma consciente ou automática. O processamento consciente ocorre na memória de trabalho. O processamento automático ignora em grande parte a memória de trabalho e tem características bastante diferentes do processamento consciente. A automaticidade ocorre

após a prática, normalmente extensiva, ou quando são aplicados repetidamente (Sweller *et al.*, 1998; van Merriënboer e Sweller, 2005).

Com prática suficiente, um procedimento pode ser realizado com esforço consciente mínimo (isto é, com carga mínima de memória de trabalho). A automação pode liberar capacidade dessa memória para outras atividades porque um esquema automatizado, agindo como um executivo central, orienta diretamente o comportamento sem a necessidade de ser processado na memória de trabalho. Com a automação, tarefas familiares são executadas com precisão e fluidez, enquanto tarefas desconhecidas – que requerem parcialmente processos automatizados – podem ser aprendidas com eficiência máxima porque a memória de trabalho está totalmente disponível (Sweller *et al.*, 1998; van Merriënboer e Sweller, 2005).

Sem automação, uma tarefa encontrada anteriormente pode até ser concluída, mas o desempenho provavelmente será lento e pouco eficiente. Novas tarefas podem ser impossíveis de serem concluídas até que os pré-requisitos tenham sido não apenas aprendidos, mas também automatizados, pois, sem automação, pode faltar capacidade de memória de trabalho até mesmo para começar a aprender e executar a nova tarefa (Sweller *et al.*, 1998; van Merriënboer e Sweller, 2005).

A habilidade intelectual vem da construção de uma grande quantidade de esquemas cada vez mais sofisticados e com altos graus de automação. Os esquemas reúnem vários elementos que podem ser tratados como um só, permitindo-nos descartar uma grande quantidade de informações irrelevantes. A capacidade da memória de trabalho é liberada, permitindo a ocorrência de processos que, de outra forma, a sobrecarregariam. A automação dos esquemas permite um desempenho fluido nas partes familiares das tarefas e – ao liberar capacidade da memória de trabalho – permitem níveis de desempenho em aspectos novos que, de outra forma, seriam impossíveis (Sweller *et al.*, 1998).

EFEITOS

Um efeito é uma demonstração experimental de que um procedimento instrucional baseado nos princípios da Teoria da Carga Cognitiva facilita a aprendizagem ou a resolução de problemas em comparação com um procedimento

mais tradicional. O uso de experimentos controlados, randomizados e replicáveis é essencial para este processo (Sweller *et al.*, 2011).

O efeito sem objetivo foi o primeiro efeito instrucional investigado dentro da estrutura da Teoria da Carga Cognitiva. O efeito do exemplo resolvido está relacionado a vários outros efeitos instrucionais importantes. Alguns deles foram descobertos durante o estudo desse efeito, como os efeitos de conclusão do problema, da atenção dividida, redundância, modalidade, reverso, desvanecimento e variabilidade (Sweller *et al.*, 2011). Esses efeitos propiciam uma melhor construção de esquemas e podem diminuir a carga cognitiva (van Merriënboer e Sweller, 2005). As seguintes subseções apresentam uma descrição desses efeitos.

Efeito sem objetivo

Problemas sem objetivo surgem quando um problema convencional, que possui um objetivo específico, é substituído por outro cujo objetivo não é específico. Por exemplo, em geometria no ensino médio, um problema comum pode pedir que os estudantes determinem um ângulo específico, como o ângulo ABC. Já nos problemas sem objetivo, a tarefa pode ser formulada de um modo mais amplo, como “calcule o valor de quantos ângulos quiser”. Essa versão do problema ainda permite que os estudantes encontrem o ângulo que seria o foco do problema tradicional (ângulo ABC), mas lhes dá liberdade para calcular outros ângulos, sem a necessidade de se concentrar em um objetivo final (Sweller *et al.*, 2011).

O efeito sem objetivo ocorre quando os estudantes que resolvem problemas sem um objetivo específico — como “calcule o valor de quantos ângulos quiser” — apresentam um desempenho de aprendizagem superior ao daqueles que resolvem problemas convencionais com um objetivo específico, como “calcule o valor do ângulo ABC” (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito do exemplo resolvido

Um exemplo resolvido apresenta, de forma detalhada e passo a passo, a solução para um determinado problema. A seguir, temos um exemplo de álgebra (Sweller *et al.*, 2011):

Encontre o valor de a na equação: $(a + b) / c = d$

Solução:

$$(a + b) / c = d$$

$$a + b = dc$$

$$a = dc - b$$

Os estudantes podem estudar o exemplo resolvido e, alternativamente, tentar resolver um problema. Aqueles que recebem a tarefa de resolver o problema têm acesso apenas à primeira linha do exemplo resolvido apresentado acima: "Encontre o valor de a na equação: $(a + b) / c = d$ ". Assim, Sweller e Cooper demonstraram experimentalmente que alternar exemplos resolvidos com problemas a serem resolvidos é mais benéfico para a aprendizagem do que utilizar somente a resolução de problemas. Essa vantagem decorrente da utilização de exemplos resolvidos foi denominada Efeito do Exemplo Resolvido (Sweller *et al.*, 2011; de Souza, 2010).

Solicitar que os estudantes resolvam problemas, especialmente quando estão aprendendo novos conceitos (ou seja, são iniciantes na área), pode gerar uma carga cognitiva estranha que prejudica a aprendizagem. Em vez disso, recomenda-se o uso sistemático de exemplos resolvidos, planejados para incluir estratégias como a alternância entre exemplos e problemas, proporcionando ampla prática antes que os estudantes passem a resolver conjuntos de problemas de forma independente (Sweller *et al.*, 2011).

Os críticos da teoria da carga cognitiva consideram os exemplos resolvidos como uma forma de aprendizagem passiva. Embora o estudo desses exemplos possa ser passivo, essa passividade pode ser facilmente evitada. O uso de pares exemplo-problema representa uma técnica simples para promover o engajamento ativo (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito de conclusão do problema

O efeito de conclusão do problema está intimamente relacionado ao efeito do exemplo resolvido. Um problema de conclusão é um exemplo parcialmente resolvido em que o estudante precisa completar algumas etapas-chave da solução. O exemplo resolvido de álgebra, apresentado na seção anterior, pode ser convertido em um problema de conclusão, demonstrando-se apenas o primeiro passo e solicitando que os estudantes resolvam o próximo passo por conta própria, como indicado a seguir (Sweller *et al.*, 2011):

Encontre o valor de a na equação: $(a + b) / c = d$

Solução:

$$(a + b) / c = d$$

$$a + b = dc$$

$$a = ?$$

Para explicar a eficácia dos problemas de conclusão, observa-se que incluir um componente de resolução de problemas ajuda a garantir que os estudantes analisem o conteúdo com profundidade suficiente para identificar e compreender as informações essenciais. Como não é necessário resolver o problema por completo, a carga sobre a memória de trabalho é reduzida. Para finalizar o problema, o estudante precisa prestar atenção na parte já resolvida e, em seguida, elaborar as etapas que faltam (Sweller *et al.*, 2011).

Os problemas de conclusão são, portanto, híbridos, pois combinam características de um exemplo resolvido com as de um problema a ser solucionado. O chamado "efeito de conclusão" foi a primeira variação desenvolvida em relação ao formato tradicional dos exemplos resolvidos (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito da atenção dividida

A atenção dividida ocorre quando os estudantes precisam concentrar-se em duas ou mais fontes de informação que estão separadas no espaço ou no tempo. Sob a ótica da TCC, cada uma dessas fontes deve ser essencial para

compreender o conteúdo como um todo e, isoladamente, não deve fazer sentido. Para que a aprendizagem seja otimizada, é necessário que o estudante consiga integrar mentalmente todas essas fontes distintas de informação (Sweller *et al.*, 2011).

Entretanto, quando o aprendiz precisa unir informações que estão separadas espacial ou temporalmente, isso gera uma carga cognitiva estranha. Por exemplo, ao alternar entre diferentes fontes, o estudante precisa manter informações na memória de trabalho enquanto busca e processa elementos correspondentes na outra fonte. Essa alternância aumenta desnecessariamente a interatividade entre os elementos e, conseqüentemente, eleva a carga cognitiva estranha (Sweller *et al.*, 2011).

Em muitas situações de atenção dividida, os recursos da memória de trabalho acabam sendo desviados da formação de esquemas mentais para lidar com essas demandas externas, o que compromete a aprendizagem. Portanto, para evitar esse problema, o designer instrucional deve integrar fisicamente as diferentes fontes de informação ou sincronizá-las, no caso de situações de atenção dividida temporal. O exemplo abaixo demonstra um problema da atenção dividida (Sweller *et al.*, 2011):

(a) Um trem partindo do repouso atinge a velocidade de 15 m/s após 5 segundos. Qual é a aceleração do trem?

$$u = 0 \text{ m/s}$$

$$v = 15 \text{ m/s}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$v = u + at$$

$$a = (v - u) / t$$

$$= (15 - 0) / 5$$

$$= 3 \text{ m/s}^2$$

(b) Um trem partindo do repouso (μ) atinge a velocidade de 15 m/s (v) após 5 segundos (t) [$v = \mu + at$, $a = (v - \mu) / t = (15 - 0) / 5 = 3 \text{ m/s}^2$]. Qual é a aceleração do trem?

Como se observa no item a, para compreender as substituições de valores na fórmula, é necessário que o enunciado do problema tenha sido memorizado — o que é difícil — ou que seja consultado repetidamente enquanto se analisam as equações com os valores substituídos. Ter que consultar tanto uma equação quanto um enunciado do problema fisicamente separados para entender um exemplo resolvido fornece um exemplo clássico de situação de atenção dividida (Sweller *et al.*, 2011).

A abordagem utilizada no item b integra a equação ao enunciado do problema. A substituição dos valores ocorre no momento exato em que os termos são apresentados pela primeira vez, mesmo antes de todo o enunciado ser apresentado. Dessa forma, os estudantes não precisam buscar correspondências entre as equações e o enunciado, pois essas relações já estão claras no exemplo resolvido, que é fisicamente integrado. Os recursos da memória de trabalho não são desperdiçados na busca por referentes no texto ou nas equações, já que essas conexões são explicitamente fornecidas no exemplo (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito modalidade

O efeito modalidade está intimamente relacionado ao efeito da atenção dividida. É importante destacar que, assim como ocorre no efeito da atenção dividida, o efeito de modalidade somente se manifesta quando as duas fontes de informação são complementares e não inteligíveis de forma isolada (Sweller *et al.*, 2011).

Ao estudar materiais que combinam diagramas e textos, o diagrama é necessariamente processado pelo sistema visual. Já o texto pode ser processado de formas diferentes, dependendo da modalidade: pelo sistema visual, se for escrito, ou pelo sistema auditivo, se for falado. Pesquisas indicam que a eficiência cognitiva aumenta quando o texto escrito que acompanha um diagrama é substituído por texto falado. Essa melhora na eficiência cognitiva decorrente dessa substituição é conhecida como Efeito Modalidade. De acordo com esse efeito, a aprendizagem é mais eficaz quando os diagramas são acompanhados

de narração em áudio do que quando são explicados por meio de texto escrito (de Souza, 2010).

Quando informações em formato textual que acompanham imagens, animações ou simulações são apresentadas de forma auditiva, em vez de visual, a capacidade da memória de trabalho pode ser ampliada. Isso ocorre porque se aproveitam simultaneamente os recursos dos canais visual e auditivo, em vez de sobrecarregar apenas o canal visual (Sweller *et al.*, 2011).

As apresentações em dupla modalidade ajudam a reduzir a carga cognitiva estranha gerada pela atenção dividida visual. No contexto da TCC, o chamado efeito da modalidade é explicado pelo uso mais eficiente dos recursos cognitivos disponíveis. Ao ativar os dois canais da memória de trabalho e diminuir a necessidade de busca visual e as situações de atenção dividida - comuns quando as informações verbais são apresentadas apenas de forma visual - o processo de aprendizagem torna-se mais eficaz (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito redundância

O efeito redundância pode ocorrer quando múltiplas fontes de informação podem ser compreendidas de forma independente, sem a necessidade de integração mental. Um exemplo disso é um texto escrito ou falado que apenas repete o conteúdo de um diagrama que já pode ser totalmente entendido por si só. Nesses casos, integrar fisicamente o texto com o diagrama provavelmente não traz benefícios, pois não há justificativa para supor que a aprendizagem seja aprimorada ao adicionar texto supérfluo dentro do diagrama. Pelo contrário, essa prática pode prejudicar a aprendizagem, aumentando a carga cognitiva estranha. Por isso, informações redundantes devem ser eliminadas para evitar que os estudantes concentrem-se em dados desnecessários e tentem integrá-los fisicamente às informações essenciais, elevando a carga cognitiva externa (Sweller *et al.*, 2011).

Usando o exemplo de um diagrama e texto redundante, em vez de apresentar um diagrama autoexplicativo e uma explicação verbal que apenas redefine o diagrama (seja como texto visual, texto falado ou ambos), é recomendável apresentar apenas o diagrama, sem qualquer texto explicativo. A forma mais comum de redundância ocorre quando a mesma informação é apresentada

em diferentes modalidades. Um diagrama com texto que o redesenhe, ou texto apresentado tanto na forma falada quanto escrita, são exemplos. No entanto, é preciso observar que, na TCC, qualquer informação adicional não necessária para a aprendizagem é classificada como redundante (Sweller *et al.*, 2011).

Na perspectiva da TCC, o efeito redundância ocorre quando a carga cognitiva estranha aumenta devido ao processamento de informações repetitivas ou desnecessárias. Quando os estudantes recebem simultaneamente múltiplas fontes de informação essencialmente idênticas, como textos escritos e falados, eles podem sentir a necessidade de coordená-las. Essa tentativa de encontrar conexões entre elementos de fontes diferentes que não contribuem para o objetivo de aprendizagem sobrecarrega a memória de trabalho e prejudica a aprendizagem (Sweller *et al.*, 2011).

Mesmo fontes adicionais de informação que não têm relação direta com o conteúdo principal - como música de fundo, conversas ou movimentos - podem capturar a atenção e desviar recursos cognitivos da tarefa principal, diminuindo a aprendizagem devido à redundância. Informações irrelevantes ou desnecessárias tendem a ocupar recursos da memória de trabalho e devem, portanto, ser eliminadas (Sweller *et al.*, 2011).

A percepção de redundância também depende do nível de experiência do estudante. Informações que são essenciais para iniciantes podem se tornar redundantes para especialistas. Assim, à medida que os estudantes ganham experiência em um domínio, informações que antes eram essenciais podem passar a gerar carga cognitiva estranha adicional (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito reverso ou reversão da experiência

O efeito de reversão da experiência foi inicialmente previsto pela TCC como uma forma do efeito de redundância, que ocorre quando informações benéficas para aprendizes iniciantes se tornam redundantes para especialistas. É um dos vários efeitos de carga cognitiva que dependem de uma interação entre um efeito básico de carga cognitiva, neste caso o efeito de redundância, e outros fatores, neste caso os níveis de experiência (Sweller *et al.*, 2011).

Ao discutir o efeito de redundância, lidamos com material e aprendizes para os quais informações adicionais eram redundantes. No caso do efeito

de reversão da experiência, estamos preocupados com uma combinação de material e aprendizes para os quais, no caso de iniciantes, o material adicional é essencial para a compreensão, mas para especialistas, o mesmo material adicional é redundante (Sweller *et al.*, 2011).

Como exemplo do efeito de reversão da experiência, explicações textuais detalhadas, especialmente se estiverem inseridas em diagramas, reduzindo a possibilidade de ignorá-las, podem ser essenciais para iniciantes, mas redundantes para especialistas (Sweller *et al.*, 2011).

Iniciantes, devido ao seu nível de conhecimento ao lidar com esses materiais, podem ser incapazes de processar as informações contidas nos diagramas, a menos que material textual adicional seja incluído. Nem as explicações textuais nem os diagramas são redundantes para os iniciantes nessa situação, pois essas fontes de informação não são inteligíveis de forma independente para esses aprendizes. Em contrapartida, apresentar as mesmas informações textuais e diagramas a especialistas pode exigir que eles processem material supérfluo à sua compreensão, consumindo recursos cognitivos adicionais desnecessários em comparação com instruções que excluem esse material (Sweller *et al.*, 2011).

Dentro da estrutura da carga cognitiva, o efeito de reversão da experiência é explicado pela necessidade de fornecer aos iniciantes informações essenciais para sua compreensão e, no caso dos especialistas, de processar desnecessariamente as mesmas informações que são redundantes para aprendizes mais experientes. A necessidade dos especialistas estabelecerem conexões entre os elementos das informações apresentadas e sua base de conhecimento existente pode interferir na aprendizagem. Quando o conhecimento do aprendiz não está disponível, como pode ocorrer com os iniciantes, a instrução deve compensar essa deficiência. Quando o conhecimento do estudante está disponível, como pode ocorrer com estudantes mais experientes, a eliminação de informações redundantes permite que os estudantes aproveitem sua base de conhecimento da maneira mais eficiente (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito de desvanecimento

O efeito de desvanecimento pressupõe que, ao reduzir gradualmente a orientação na resolução de problemas e aumentar as demandas de resolução à

medida que adquire experiência, o estudante mantenha capacidade suficiente na memória de trabalho para lidar com as novas demandas. Com o aumento da experiência, o conhecimento armazenado na memória de longo prazo pode ser usado para diminuir as demandas da memória de trabalho. Os recursos de memória de trabalho liberados podem, em vez disso, ser usados para se envolver na resolução de problemas (Sweller *et al.*, 2011).

Exemplos resolvidos com desvanecimento utilizam problemas de conclusão como solução para a questão da transição de estudantes menos experientes para mais experientes. A estratégia instrucional baseia-se na redução gradual dos níveis de orientação instrucional à medida que os níveis de experiência do estudante aumentam. Com esse método instrucional, os exemplos resolvidos são gradualmente reduzidos à medida que o estudante adquire mais conhecimento. Os passos detalhados fornecidos pelo instrutor são progressivamente substituídos por etapas de resolução de problemas que os estudantes devem completar até resolverem problemas completos, sem nenhuma etapa preenchida pelo instrutor (Sweller *et al.*, 2011).

O procedimento de desvanecimento pode ser comparado aos pares exemplo-problema que, apesar de eficazes e relativamente fáceis de aplicar, não consideram as consequências das mudanças nos níveis de experiência — como demonstrado pelo efeito de reversão da experiência. Com base nesse efeito, presume-se que continuar apresentando exemplos resolvidos após o aumento do conhecimento do estudante pode tornar-se redundante e elevar a carga cognitiva externa, em comparação com um procedimento de desvanecimento (Sweller *et al.*, 2011).

Efeito de variabilidade

O efeito da variabilidade ocorre quando o uso de instruções baseadas em exemplos com alta diversidade resulta em um melhor desempenho de transferência, em comparação com o uso de exemplos mais semelhantes e menos variados. Presume-se que a exposição a uma maior variabilidade ajude no aprendizado dos estudantes, ao distinguir entre características relevantes e irrelevantes dos exemplos resolvidos. Ao trabalhar com exemplos diversos, os estudantes podem abstrair esquemas que são transferidos para a memória

de longo prazo, incorporando o conhecimento dos conceitos e aprendendo quando aplicá-los (Sweller *et al.*, 2011).

Por exemplo, observe os problemas apresentados a seguir: o item a mostra um exemplo resolvido do cálculo da distância entre dois pontos; o item b representa um caso de baixa variabilidade, pois apenas os números foram modificados e a fórmula é aplicada da mesma forma; em contraste, o item c apresenta um exemplo de alta variabilidade, no qual a fórmula precisa ser aplicada e, em seguida, manipulada para determinar o valor desconhecido de x, conforme indicado na solução. Esse problema exige um raciocínio mais elaborado, incluindo a aplicação de conceitos algébricos (Adaptado de Sweller *et al.* (2011)):

a) Se P é (1, 1) e Q é (4, 5), encontre o tamanho de PQ.

Resposta:

$$\begin{aligned}PQ &= \sqrt{(4 - 1)^2 + (5 - 1)^2} \\&= \sqrt{(3)^2 + (4)^2} \\&= \sqrt{25} = 5\end{aligned}$$

b) Se P é (2, 3) e Q é (8, 11), encontre o tamanho de PQ.

Resposta:

$$\begin{aligned}PQ &= \sqrt{(8 - 2)^2 + (11 - 3)^2} \\&= \sqrt{(6)^2 + (8)^2} \\&= \sqrt{100} = 10\end{aligned}$$

c) Se P é (1, 1) e Q é (x, 13), e o tamanho de PQ é 13, calcule x.

Resposta:

$$\begin{aligned}PQ &= \sqrt{(x - 1)^2 + (13 - 1)^2} \\(x - 1)^2 + (12)^2 &= 13^2 \\(x - 1)^2 &= 13^2 - (12)^2 \\(x - 1)^2 &= 25 \\(x - 1) &= 5\end{aligned}$$

Quando a variabilidade é modificada, a própria natureza da tarefa também se transforma, ocasionando mudanças na carga cognitiva intrínseca. Em situações de baixa variabilidade, os estudantes precisam apenas aprender a resolver problemas com uma estrutura específica, podendo desconsiderar elementos relacionados a variações mais profundas, já que essas permanecem relativamente constantes. À medida que a variabilidade aumenta, os estudantes precisam considerar um número maior de elementos associados às diferentes estruturas presentes nos problemas e aprender a lidar com eles (Sweller *et al.*, 2011).

Com o aumento da variabilidade, cresce também a interatividade entre os elementos e, conseqüentemente, a carga cognitiva intrínseca, exigindo mais recursos da memória de trabalho para processar essas novas demandas de forma eficaz. Na prática, toda vez que a variabilidade muda, a natureza da tarefa se altera, acompanhada de uma variação na interatividade dos elementos e na carga cognitiva intrínseca (Sweller *et al.*, 2011).

Aprender a lidar com uma variedade maior de problemas amplia o repertório de conhecimento, o que pode melhorar o desempenho em tarefas novas, já que aumenta a probabilidade de a nova situação se assemelhar a uma já enfrentada. Da mesma forma, ao aumentar a variabilidade dos exemplos, a interatividade dos elementos e a carga cognitiva intrínseca podem ser otimizadas, utilizando-se a capacidade da memória de trabalho em sua extensão máxima (Sweller *et al.*, 2011).

REFERÊNCIAS

Alves, M. V. C., Modesto, J. G., Rossetti, D. L., Lanini, J. e Bueno, O. F. A. (2017). **As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental**. Revista Brasileira de Psicologia, 4(1).

de Souza, N. P. C. (2010). **Teoria da carga cognitiva**: origem, desenvolvimento e diretrizes aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas - Universidade Federal do Pará, Belém - PA. 175 pgs.

Huang, Y., Lin, K., Yu, X. e Hung, J. C. (2015). **Comparison of different approaches on example-based learning for novice and proficient learners**. Hum. Cent. Comput. Inf. Sci., páginas 5–29.

Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. M. e van Merriënboer, J. J. G. (2014). **Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load**. Learning and Instruction, (30):32–42.

Moreno, R. (2006). **When worked examples don't work**: Is cognitive load theory at an impasse? Learning and Instruction, (16):170–181.

Renkl, A., Atkinson, R. K. e Grobe, C. S. (2004). **How fading worked solution steps works – a cognitive load perspective**. Instructional Science, 32:59–82.

Orru, G. e Longo, L. (2019). **The evolution of cognitive load theory and the measurement of its intrinsic, extraneous and germane loads**: A review. International Symposium on Human Mental Workload: Models and Applications, página 23–48.

Sweller, J., Ayres, P. e Kalyuga, S. (2011). **Cognitive Load Theory**: Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies. LLC.

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. e Paas, F. G. W. C. (1998). **Cognitive architecture and instructional design**. Educational Psychology Review, 10(3):251–294.

van Merriënboer, J. J. G. e Sweller, J. (2005). **Cognitive load theory and complex learning**: Recent developments and future directions. Educational Psychology Review, 17(2):147–177.

PSICOMOTRICIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL NA CRIANÇA COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Eliana Gonçalves da Fonseca

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI)

Rejane Mary de Oliveira Lima

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI)

Expedito Renovato da Silva Júnior

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera (UNOPAR)

Érika Almeida Chaves

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI)

André Wilson de Oliveira Gil

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera (UNOPAR)

Jerônimo de Freitas Regis

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera (UNOPAR)

RESUMO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é caracterizado por alterações persistentes na comunicação e interação social, associadas a padrões restritos e repetitivos de comportamento, com ampla variabilidade clínica e funcional. Essa heterogeneidade exige avaliação funcional e planejamento interventivo individualizado, evitando estratégias padronizadas. Este capítulo discute implicações do TEA para o desenvolvimento integral, considerando que dificuldades motoras, embora não constituam critério diagnóstico, são frequentemente descritas e podem limitar exploração do ambiente, repertórios de brincadeira e oportunidades de interação. Abordam-se aspectos relacionados à prevalência, ao diagnóstico e à organização do cuidado, destacando a necessidade de acompanhamento longitudinal e atuação multiprofissional orientada por metas graduais e monitoramento de respostas. No campo educacional, analisa-se a inclusão escolar como processo dependente de apoios, adaptações e condições institucionais, uma vez que a presença em classe comum não assegura participação nem aprendizagem. A psicomotricidade é apresentada como abordagem que integra movimento, cognição, afetividade e relação, utilizando o corpo em ação como mediador de experiências e aprendizagem. São discutidos componentes da intervenção psicomotora e estratégias de estruturação, previsibilidade e progressão de tarefas para favorecer engajamento e autorregulação. Conclui-se que a psicomotricidade pode contribuir para metas de autonomia e participação quando articulada a contextos reais, com individualização e acompanhamento sistemático, embora a evidência disponível ainda apresente heterogeneidade metodológica.

Palavras-chave: Psicomotricidade; Transtorno do Espectro Autista; Desenvolvimento Infantil.

INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por alterações persistentes na comunicação e na interação social, associadas a padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). A categoria “espectro” expressa variabilidade importante nas manifestações clínicas, nos níveis de suporte e nas trajetórias de desenvolvimento (Lima; Fileni, 2019). Nesse contexto, o cuidado exige leitura singular do perfil funcional e planejamento que considere dimensões motoras, cognitivas, afetivas, sensoriais e sociais.

A produção científica recente tem indicado que a efetividade de intervenções se associa, entre outros fatores, à adequação do ambiente, à previsibilidade das tarefas e ao modo como as atividades são estruturadas ao longo das sessões (Hume *et al.*, 2021). Também são citados o vínculo, a responsividade do profissional e o alinhamento entre demandas da criança e objetivos do plano terapêutico (Vivanti *et al.*, 2022). Essas condições deslocam o debate do modelo exclusivamente clínico para um enfoque de participação e de acesso a oportunidades de aprendizagem.

Este capítulo discute o TEA e a psicomotricidade como abordagem de intervenção voltada à integração de componentes do desenvolvimento infantil, com ênfase na mediação pelo corpo em movimento. A psicomotricidade é tratada como referencial que organiza experiências corporais com objetivos funcionais e relacionais, em interface com a escola e com práticas de cuidado multiprofissional. A análise prioriza a articulação entre evidências, diretrizes e desafios de implementação, evitando tratar o desenvolvimento infantil como sequência linear ou homogênea.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O AUTISMO

Bases diagnósticas, heterogeneidade e implicações funcionais

A definição diagnóstica do TEA delimita dois eixos centrais: déficits persistentes em comunicação e interação social e padrões restritos e repetitivos de comportamento (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). A caracterização,

contudo, não descreve um perfil único de desenvolvimento. Há crianças com linguagem funcional preservada e dificuldades predominantes de pragmática social; outras apresentam linguagem limitada e maior dependência de suporte. Essa variabilidade interfere na escolha de estratégias pedagógicas e terapêuticas e na previsão de progressão de habilidades.

No campo diagnóstico, mudanças classificatórias recentes reforçaram a noção de continuidade e de gradação. O DSM-5 reuniu categorias anteriormente separadas (por exemplo, autismo infantil, síndrome de Asperger e transtorno desintegrativo) sob a denominação única de TEA, com a intenção de reduzir sobreposições, estabelecer critérios mais consistentes e enfatizar níveis de suporte (Lima; Fileni, 2019). Do ponto de vista prático, esse enquadramento amplia a necessidade de avaliação funcional, pois o diagnóstico, isoladamente, não orienta o planejamento de intervenção em termos de metas, progressão e suportes.

Apesar de dificuldades motoras não integrarem os critérios formais do TEA, revisões e estudos clínicos relatam atrasos motores com frequência relevante, incluindo hipotonia, alterações de equilíbrio, coordenação, planejamento motor e dificuldades de imitação (Frazão; Santos; Lebre, 2023; Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). A ocorrência desses atrasos pode limitar repertórios de brincadeira, reduzir oportunidades de interação e restringir a exploração do ambiente, com efeitos indiretos sobre comunicação e socialização.

Do ponto de vista analítico, a presença de alterações motoras sugere que a intervenção pode demandar objetivos que não se esgotam na comunicação verbal. A ampliação de repertórios de ação, a organização postural e a coordenação podem produzir ganhos na participação em rotinas e em atividades coletivas, desde que as tarefas não se reduzam a treino motor descontextualizado (Silva *et al.*, 2025). Assim, a dimensão corporal compõe um eixo de intervenção que se integra a objetivos cognitivos e socioemocionais.

Prevalência, diagnóstico e organização do cuidado

Estimativas de prevalência têm aumentado em diferentes contextos, em parte por ampliação de critérios diagnósticos e por maior conscientização, o que amplia demanda por serviços e por formação profissional (Hume *et al.*, leitura de

prova 4 2021; Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). Mesmo quando os sinais iniciais podem ser observados por volta de 12 a 24 meses, parte das crianças recebe diagnóstico apenas em idade pré-escolar ou escolar (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). Esse atraso reduz a janela de intervenção organizada em fases precoces, em que repertórios de aprendizagem estão em expansão.

A etiologia do TEA é descrita como multifatorial, envolvendo componentes genéticos e ambientais, com ocorrência em diferentes grupos socioeconômicos e étnicos, e maior frequência em meninos (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). São relatadas comorbidades psiquiátricas, como transtorno de déficit de atenção/hiperatividade, ansiedade e depressão, além de condições médicas como epilepsia e síndromes genéticas. Esse cenário reforça a inadequação de abordagens generalistas e sustenta a necessidade de avaliação clínica e funcional continuada.

A literatura indica que não há tratamento único capaz de “eliminar” o TEA, e que intervenções são organizadas para ampliar repertórios de comunicação, participação e autonomia, com ênfase em individualização e continuidade do cuidado (Hume *et al.*, 2021; Souza; Nogueira, 2021). Programas comportamentais, métodos educacionais estruturados e terapias de comunicação figuram entre abordagens reportadas como efetivas em diferentes perfis. Ainda assim, variações interindividuais e limitações metodológicas de parte dos estudos exigem cautela na generalização de resultados.

A organização do cuidado tende a ser multiprofissional (Lima *et al.*, 2017) incluindo aqueles com transtornos do espectro do autismo (TEA, envolvendo psicologia, fonoaudiologia, terapia ocupacional, educação física e psicomotricidade, com articulação entre serviços e acompanhamento longitudinal. Nessa lógica, o planejamento terapêutico opera por metas graduais e por monitoramento de respostas, com ajustes conforme engajamento, tolerância a demandas e generalização de habilidades em outros contextos.

Inclusão escolar, direitos e desenvolvimento integral

A inclusão escolar de estudantes com TEA depende de apoios e de adaptações coerentes com o perfil funcional, pois matrícula em classe comum não

assegura participação nem aprendizagem (Vivanti *et al.*, 2022). Na literatura, há debate entre escolarização inclusiva e ambientes especializados, com resultados heterogêneos e ausência de um modelo universalmente superior. Alguns estudos sugerem benefícios em comunicação social em contextos inclusivos para crianças com maior interesse social e melhores habilidades cognitivas prévias, desde que haja qualidade de suporte e organização pedagógica (Vivanti *et al.*, 2022).

No Brasil, o arcabouço normativo recente reforça a educação em sistema inclusivo e prevê apoios, Atendimento Educacional Especializado (AEE), tecnologias assistivas e formação docente (Brasil, 2025). As diretrizes enfatizam igualdade de oportunidades, vedação de discriminação e articulação inter-setorial. Do ponto de vista operacional, essas previsões exigem que escolas disponham de recursos e de planejamento pedagógico, além de práticas de gestão que reduzam barreiras atitudinais e organizacionais.

A literatura também aponta que a inclusão pode repercutir sobre oportunidades de estímulo motor e de interação em diferentes rotinas escolares. Em comparação entre crianças autistas em escola regular e em escola especial Lima e Fileni (2019) observaram desempenho motor superior no grupo incluído na escola regular (sem diferença estatística entre os grupos) e discutiram possíveis relações com oferta de estímulos e convivência. Resultados desse tipo devem ser interpretados com cautela, pois dependem de qualidade de mediação, de características de cada escola e do suporte disponível.

A compreensão de desenvolvimento integral exige evitar leitura do TEA como soma de déficits e situar autonomia como expansão de repertórios funcionais e de participação social. Nessa direção, as características associadas ao transtorno não devem sustentar redução de expectativas pessoais, educacionais ou profissionais, mas orientar a construção de condições de suporte que favoreçam o desenvolvimento cognitivo, afetivo, social e motor (Ferreira; Corrêa, 2019).

Quando a equidade é compreendida como provisão de apoios ajustados às necessidades, a intervenção tende a se organizar por metas verificáveis e contextualizadas, envolvendo comunicação, autorregulação, mobilidade, coordenação e interação em situações reais. Nessa perspectiva, a psicomotricidade pode ser mobilizada como estratégia para articular corpo, aprendizagem e relação, de modo compatível com rotinas escolares e terapêuticas.

PSICOMOTRICIDADE E O DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DA CRIANÇA AUTISTA

Fundamentos da psicomotricidade e mediação pelo corpo em movimento

A psicomotricidade é descrita como campo que toma o sujeito em sua totalidade, articulando movimento, cognição, afetividade e relação com o ambiente (Silva *et al.*, 2025). Ao assumir que o corpo em ação organiza experiências perceptivas, emocionais e comunicacionais, esse referencial sustenta intervenções que visam ampliar repertórios motores enquanto criam condições para regulação, atenção compartilhada e interação.

Na primeira infância, o corpo é meio primário de exploração e comunicação. Experiências motoras, como deslocamentos, manipulação de objetos, jogos e brincadeiras, operam como base para construção de esquemas corporais e espaciais, com desdobramentos sobre aprendizagem e vínculo social (Ferreira; Corrêa, 2019). Essa ideia não implica determinismo motor, mas sugere que tarefas corporais bem mediadas podem contribuir para organizar participação em rotinas e para sustentar exigências escolares, como turnos, regras e cooperação.

No TEA, dificuldades de imitação, de coordenação e de planejamento motor podem reduzir acesso espontâneo a essas experiências e limitar oportunidades de interação por brincadeira. Nesse cenário, uma intervenção psicomotora bem estruturada pode funcionar como ambiente protegido de experimentação, com tarefas graduadas, previsibilidade e reforço de engajamento (Hume *et al.*, 2021). A mediação do profissional torna-se componente central, pois define a função da tarefa no plano de intervenção e regula o nível de desafio para manter permanência em atividade.

A literatura também tem sinalizado associação entre habilidades motoras e indicadores de participação, especialmente no contexto escolar, em que déficits motores podem restringir envolvimento em atividades coletivas e aumentar esquivas (ElGarhy; Liu, 2016). Esses achados sugerem que metas psicomotoras podem se articular a objetivos sociais e comunicacionais, desde que exista alinhamento entre tarefa e generalização em contextos cotidianos.

Para sustentar essa integração, é pertinente recuperar a definição de (Ferreira; Corrêa, 2019, p. 9), que descrevem o alcance da intervenção

psicomotora em termos de observação, identificação de necessidades e planejamento de estratégias:

A Psicomotricidade é a ciência que trabalha com diferentes perspectivas, isto é, na educação, reeducação e na terapia psicomotora. Por isso, a função da Psicomotricidade é interagir com a criança e identificar suas dificuldades e habilidades para obter estratégias que contribuam para o desenvolvimento motor, cognitivo e sócio afetivo, pois ao receber os estímulos, por meio da sensação ou sentimentos sobre objetos ou movimentos, o corpo estará ampliando experiências e melhorando o cognitivo, sendo um fator de grande relevância para a vida de uma criança TEA, visto que, é por meio da psicomotricidade que ela tem a percepção do seu corpo e do espaço em que está [...]

Essa passagem indica um modelo de intervenção baseado em avaliação e adaptação contínuas, no qual estímulos corporais são organizados para produzir efeitos para além da performance motora imediata. Analiticamente, essa proposta exige definir indicadores de progresso e estabelecer critérios de progressão e de generalização, evitando protocolos rígidos que não respondem à variabilidade do TEA.

Intervenção psicomotora no TEA: componentes e estratégias de organização

A intervenção psicomotora, quando dirigida ao TEA, tende a operar em dimensões motoras e também em capacidades que sustentam interação e autorregulação. Ferreira e Corrêa (2019) descrevem o trabalho psicomotor envolvendo dimensões motoras, cognitivas e afetivas, articuladas no contexto da relação. Esse enquadramento permite planejar tarefas em que equilíbrio, coordenação e orientação espacial estejam vinculados a objetivos funcionais, como tolerância a transições, atenção a comandos e participação em turnos.

Componentes frequentemente abordados incluem consciência corporal, lateralidade, tonicidade, equilíbrio, coordenação global e fina, orientação espacial e temporal e praxias. Em termos práticos, esses conteúdos podem ser trabalhados com circuitos motores, jogos com regras simples, atividades de manipulação e sequenciação e brincadeiras simbólicas mediadas, com ajustes

de complexidade conforme engajamento e estabilidade comportamental (Frazão; Santos; Lebre, 2023; Silva *et al.*, 2025).

Parte das dificuldades observadas em crianças com TEA envolve rigidez comportamental, sensibilidade sensorial, baixa tolerância a mudanças e desafios na comunicação (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2019). Intervenções com maior previsibilidade, estruturação de rotinas, organização do espaço e clareza de objetivos tendem a favorecer permanência em tarefa e reduzir evasão (Hume *et al.*, 2021). Nessa direção, a mediação psicomotora pode utilizar interesses específicos como ponto de entrada para engajamento, convertendo repertórios repetitivos em situações de aprendizagem, desde que haja planejamento e controle de estímulos (Souza; Nogueira, 2021).

A operacionalização da intervenção demanda também registro sistemático de resposta às atividades e de indicadores de progresso. Entre esses indicadores podem figurar tempo de permanência, número de comandos necessário, transições com menor resistência, participação em turnos e execução de sequências motoras. A depender do objetivo, medidas complementares podem incluir observação de brincadeira funcional, repertório de ações com pares e autorregulação em contextos coletivos.

Assim, metas psicomotoras tendem a se beneficiar de desenho gradual, com tarefas de baixa exigência no início, reforço de previsibilidade e ampliação progressiva da complexidade, preservando engajamento e segurança. Além disso, o uso do corpo como mediador exige compreender o componente afetivo-relacional. Em muitos casos, o desafio inicial não é executar a tarefa, mas tolerar proximidade, compartilhar atenção e aceitar mediação. Desse modo,

Estimular o desenvolvimento do psicomotor da criança, através da psicomotricidade é fundamental para que haja consciência dos movimentos corporais integrados com sua emoção, pois para a criança são de grande importância as experiências iniciais, elas criam a base para o desenvolvimento de sua independência e autonomia corporal e sua maturidade sócio emocional [...] (Santos, 2019, p. 3)

A passagem reforça que a intervenção psicomotora pode ser analisada como trabalho sobre organização de ação, regulação emocional e relação, e

não apenas como aprimoramento técnico de habilidades motoras. Do ponto de vista conceitual, isso orienta a construção de tarefas em que sucesso não é apenas execução correta, mas participação sustentada e progressão de autonomia em contextos de vida.

Evidências disponíveis, interface educacional e metas de participação

Revisões e estudos empíricos têm descrito mudanças em habilidades motoras e em aspectos de participação após intervenções psicomotoras, com resultados variáveis conforme perfil da criança, desenho de estudo e tipo de protocolo. Em revisão de escopo, Frazão, Santos e Lebre (2023) mapearam práticas psicomotoras para crianças pré-escolares com TEA e relataram mudanças em domínios psicomotores e sociais, incluindo participação em brincadeiras e interação com pares, destacando a necessidade de individualização e de ambiente previsível.

Em estudos de intervenção, ElGarhy e Liu (2016) avaliaram um programa psicomotor e relataram efeitos em diferentes domínios funcionais, sugerindo associação entre desenvolvimento motor e participação escolar. No contexto brasileiro, (Silva *et al.*, 2025) sintetizaram evidências baseadas principalmente em estudos de caso e amostras reduzidas, o que limita inferências causais. Ainda assim, os achados indicam possibilidades de aplicação da intervenção psicomotora na Educação Física adaptada e em protocolos combinados com abordagens comportamentais.

A relação com o contexto escolar é recorrente na literatura, pois a Educação Física pode operar como espaço curricular para adaptações metodológicas, sobretudo quando há rotinas previsíveis, objetivos definidos e flexibilização de materiais (Souza; Nogueira, 2021). Esse arranjo favorece a generalização de habilidades ao inserir a criança em situações sociais estruturadas por regras, turnos e cooperação, desde que a mediação pedagógica reduza barreiras e evite experiências repetidas de fracassos.

A efetividade de intervenções psicomotoras em ambientes educacionais depende de condições institucionais e de formação. Diretrizes normativas de educação inclusiva ampliam a demanda por organização sistêmica e por articulação

intersetorial (Brasil, 2025). Do ponto de vista prático, isso implica diálogo entre profissionais, definição de objetivos compatíveis com o currículo e adaptação de instrumentos de avaliação para monitorar participação e aprendizagem.

No TEA, metas de autonomia podem ser formuladas como ampliação de repertórios funcionais em atividades de vida diária, de regulação em rotinas e de participação em situações sociais. A psicomotricidade contribui quando integra componentes motores a objetivos comunicacionais e relacionais, com progressão de tarefas e registro de resposta. O desafio analítico consiste em evitar tanto a leitura deficitária quanto a idealização de resultados, mantendo coerência entre evidência disponível, singularidade do caso e condições reais de implementação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão do TEA, quando articulada a dimensões motoras, comunicacionais e socioemocionais, sustenta a necessidade de intervenção organizada por avaliação funcional e por metas graduais. O diagnóstico, por si, não define estratégias, pois a variabilidade do espectro implica diferenças expressivas em perfil de habilidades, responsividade e necessidades de suporte. O cuidado tende a demandar articulação multiprofissional e continuidade, com atenção ao engajamento e à generalização em contextos cotidianos.

A psicomotricidade, ao tomar o corpo em movimento como mediador de aprendizagem e de relação, apresenta um referencial compatível com objetivos de participação e de autonomia. A evidência disponível indica possíveis efeitos sobre habilidades motoras e aspectos funcionais associados, mas permanece marcada por heterogeneidade de protocolos e limitações de delineamento em parte dos estudos. Em termos de prática, a intervenção psicomotora exige individualização, previsibilidade, progressão de tarefas e articulação com suportes educacionais, para que a atividade corporal se converta em situação de desenvolvimento integral e de ampliação de repertórios.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Decreto nº 12.686, de 20 de outubro de 2025.** Institui a Política Nacional de Educação Especial Inclusiva e a Rede Nacional de Educação Especial Inclusiva. Brasília, DF, 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/D12686.htm. Acesso em: 17 jan. 2026.
- ELGARHY, S.; LIU, T. Effects of psychomotor intervention program on students with autism spectrum disorder. **School Psychology Quarterly**, v. 31, n. 4, p. 491–506, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1037/spq0000164>.
- FERREIRA, A. C. S.; CORRÊA, J. C. da S. A importância da psicomotricidade no processo de desenvolvimento motor, cognitivo e sócio afetivo da criança com transtorno do espectro autista (TEA). *In: Anais do VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*. Campina Grande, PB: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/58446>. Acesso em: 17 jan. 2026.
- FRAZÃO, A.; SANTOS, S.; LEBRE, P. Psychomotor intervention practices for children with autism spectrum disorder: a scoping review. **Review Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 10, n. 2, p. 319–336, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40489-021-00295-2>.
- HUME, K. *et al.* Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism: third generation review. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 51, n. 11, p. 4013–4032, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04844-2>.
- LIMA, L. H. M. D.; FILENI, C. H. P. Avaliação motora de crianças com transtorno do espectro autista de escola regular e escola especial. **Revista da Associação Brasileira de Atividade Motora Adaptada**, v. 20, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.36311/2674-8681.2019.v20n2.01.p3>. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/sobama/article/view/9007>. Acesso em: 18 jan. 2026.
- LIMA, R. C. *et al.* Atenção psicossocial a crianças e adolescentes com autismo nos CAPSi da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Saúde e Sociedade**, v. 26, p. 196–207, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902017168443>.
- SANTOS, A. da S. D. A contribuição da psicomotricidade no desenvolvimento de crianças com transtorno do espectro autista. *In: Anais do VI Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*. Campina Grande, PB: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/79640>. Acesso em: 17 jan. 2026.
- SILVA, L. W. de L. *et al.* Intervenção psicomotora e transtorno do espectro autista (TEA): uma revisão da produção científica brasileira. **Revista Educação Especial**, p. e48/1–19, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X91436>.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Transtorno do espectro do autismo**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria, [s. d.]. (Manual de Orientação). Disponível em: https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/Ped._Desenvolvimento_-_21775b-MO_-_Transtorno_do_Espectro_do_Autismo.pdf. Acesso em: 17 jan. 2025.
- SOUZA, A. S. de; NOGUEIRA, S. A. Estratégias de ensino-aprendizagem e adaptações metodológicas utilizadas pelos professores nas aulas de educação física para alunos com TEA. **Cenas Educacionais**, v. 4, p. e11755, 2021.
- VIVANTI, G. *et al.* Characteristics of children on the autism spectrum who benefit the most from receiving intervention in inclusive versus specialised early childhood education settings. **Autism Research**, v. 15, n. 11, p. 2200–2209, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.2815>.

NEUROCIÊNCIAS, MEMÓRIA E APRENDIZAGEM: O PAPEL DAS ILUSTRAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ismael Barros Esmero

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Priscila Leticia Vejar da Silva

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Nicolas Ribeiro Saadi

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Oclaris Lopes Munhoz

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

RESUMO

Este capítulo consiste em uma revisão narrativa da literatura que investiga a profunda intersecção entre a neurociência cognitiva e as estratégias pedagógicas contemporâneas, voltando sua análise especificamente para o papel das ilustrações didáticas no ensino de Biologia. O trabalho fundamenta-se no conceito de plasticidade cerebral, descrevendo como o aprendizado se manifesta por meio da criação e do fortalecimento de redes neurais associativas. Para sustentar essa premissa, foram detalhados os sistemas de memória humana, diferenciando a memória sensorial, a memória de trabalho e a memória de longo prazo. No campo das Ciências Biológicas, onde os conceitos costumam ser abstratos e complexos, as ilustrações emergem como andaimes cognitivos fundamentais para a transposição didática. A fundamentação teórica baseia-se na Teoria da Dupla Codificação de Paivio, que defende que o cérebro processa informações verbais e visuais de forma simultânea e complementar, e na Teoria da Carga Cognitiva de Sweller, que alerta sobre a importância de evitar a poluição visual para não sobrecarregar o sistema cognitivo do estudante. As conclusões da revisão indicam que o uso estratégico de figuras, como micrografias e esquemas, promove um aprendizado mais significativo e duradouro. Ressalta-se, contudo, que tais recursos devem ser planejados com clareza, proximidade ao texto correspondente e legendas precisas, sugerindo que a incorporação de recursos multimídia e animações pode potencializar ainda mais a compreensão de processos biológicos dinâmicos que as imagens estáticas não conseguem representar plenamente.

Palavras-chave: Neurociência Cognitiva; Ilustrações; Memória; Dupla Codificação; Práticas Pedagógicas.

INTRODUÇÃO

Evidências contemporâneas no campo da neurociência cognitiva demonstram que o cérebro humano possui uma plasticidade notável, permitindo a codificação, o armazenamento e a posterior recuperação de informações a partir de complexas redes neurais associativas de conhecimento. Segundo Gazzaniga e colaboradores (2019) a perspectivas atuais sobre a Potenciação de Longa Duração (LTP), é otimizada quando a exposição repetitiva a estímulos, sendo ancorada à relevância semântica e emocional, condições determinantes não apenas para a consolidação dos traços de memórias, mas também para a otimização da latência de evocação.

Esse fenômeno decorre do fortalecimento das conexões sinápticas; à medida que a informação percorre repetidamente circuitos neurais específicos, ocorre uma redução na resistência sináptica, tornando a evocação mais eficiente e o acesso à informação mais célere e preciso (Gazzaniga *et al.*, 2019).

Sobre essa ótica, os recursos iconográficos compreendendo micrografias, fotografias macroscópicas e esquemas didáticos se configuram como dispositivos cognitivos essenciais para a retenção e a recuperação sistêmica de informações, dada a sua densidade informacional e riqueza de detalhes semióticos (Mayer, 2022). No domínio do ensino de ciências biológicas que fazem uso deste recurso, disciplina intrinsecamente pautada pela observação morfológica e pela memorização de estruturas complexas, o contato com o aporte visual atua como um catalisador do aprendizado significativo. Fundamentado na Teoria da Dupla Codificação de Paivio, o encéfalo processa simultaneamente estímulos verbais e imagéticos, utilizando as ilustrações didáticas como andaimes para a consolidação de traços mnemônicos no neocórtex (Paivio. 2014).

Essa integração multimodal facilita a conversão de dados voláteis em memória de longo prazo, concretizando a arquitetura da aprendizagem por meio do reforço das redes neurais associativas. Dessa forma, considerando que as figuras didáticas e o uso da microscopia são grandes fontes de informações durante a formação do acadêmico de ciências biológicas, torna-se relevante investigar acerca das contribuições das figuras didáticas para a aprendizagem, tomando como embasamento a seguinte questão: o uso de figuras didáticas no processo de construção do conhecimento em ciências humanas é positivo?

METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão narrativa, que ocupa um lugar de destaque histórico, sendo amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento. Possui uma flexibilidade metodológica que permite criar uma análise interpretativa e crítica da produção científica, contextualizando teorias, conceitos e achados de pesquisa de forma sintética (Soares, 2025).

Para a realização desta obra, foram feitas pesquisas sobre o tema publicados em formatos de artigos, revistas, documentos eletrônicos, livros e publicações acadêmicas. Sendo assim, sobre o material eletrônico, os conteúdos foram pesquisados através do Google Acadêmico, PubMed e Scielo. As palavras-chaves utilizadas para a busca de material são: Figuras biológicas; memória; aprendizagem; práticas pedagógicas.

A seleção do material científico foi realizada através da busca por trabalho com títulos relacionados ao tema desta obra. Não houve delimitação idiomática e nem do ano de postagem dos artigos científicos, livros e materiais eletrônicos. Desta maneira, pôde ser pesquisado e debatido com ampla variedade de publicações sobre a temática deste trabalho, proporcionando maior riqueza de informações.

DESENVOLVIMENTO

Cérebro e aprendizagem

O processo cognitivo é caracterizado por um sistema de filtragem contínua de inferência e perceptiva, mecanismos essenciais para a atribuição de coerência aos estímulos ambientais. Sob a perspectiva da economia cognitiva, o armazenamento indiscriminado de informações visuais seria energeticamente oneroso e funcionalmente ineficiente, podendo resultar em fenômenos de interferência mnemônica e no comprometimento de memórias consolidadas na memória de longo prazo (Sweller, 2011).

Essa seletividade é ativada pela discrepância entre a amplitude da percepção sensorial e a capacidade limitada da memória de trabalho (Cowan, 2001). O fato de o observador reter apenas uma fração de estímulos apesar

da sensação de uma percepção panorâmica, corrobora a existência de um limite estrutural no processamento de informações, fenômeno frequentemente associado ao gargalo atencional. Assim, a memória de curta duração não atua apenas como um repositório temporário, mas como um filtro estratégico que prioriza dados relevantes para a estruturação de novas redes e novos arranjos de conhecimento (Gazzaniga; Heatherton, 2007).

Para fins de estudos, a memória pode ser dividida em três seguimentos, memória de trabalho, memória de curto prazo e por última memória de longo prazo. Pode-se afirmar que o sistema cognitivo humano é dotado de uma memória sensorial icônica, cujos traços mnemônicos possuem uma persistência efêmera, limitada a frações de segundo. Este estágio inicial de processamento precede a memória de trabalho, sistema este que, conforme postula Izquierdo (2006, p. 19), é responsável pela manutenção temporária de informações por breve tempo concomitantemente são submetidas a operações de processamento e gerenciamento ativo do contexto imediato.

Estruturalmente, a neuropsicologia contemporânea segmenta a memória em três domínios funcionais para fins de análise: a memória de trabalho (operacional), a memória de curto prazo e, por fim, a memória de longo prazo. Enquanto as primeiras lidam com a retenção volátil e a manipulação de dados em tempo real, a última constitui o repositório duradouro de conhecimentos e experiências consolidadas (Kandel, *et al.*, 2023).

Sob a perspectiva de Coll (2005), a memória de trabalho é concebida como um subsistema de armazenamento temporário dedicado à manutenção de volumes restritos de informação. Contudo, a definição de Izquierdo (2006) amplia essa visão ao caracterizá-la como um mecanismo de gestão da realidade, responsável por contextualizar eventos e fenômenos em tempo real. Este sistema atua como um regulador homeostático da cognição, determinando a relevância dos estímulos para a possível consolidação em traços memória de longa duração ou identificando informações já presentes.

Tal processo de filtragem é fundamental para a economia cognitiva, uma vez que a memória de trabalho decide se o dispêndio energético necessário para a formação de uma nova sinapse é justificável frente ao significado do novo dado. No entendimento para Gazzaniga e Heatherton, (2007) essa memória

representa um armazenamento de capacidade limitada de reter informações por um curto período de tempo e de realizar operações mentais com o conteúdo armazenado. Ainda está envolvida em processos percepção e compreensão.

De acordo com Mora (2004), a observação das informações repetidas vezes, agregada a importância do seu significado, permite não só a consolidação da informação processada na memória, mas também colabora para a rapidez na evocação dessa informação. O resgate da memória é consequência de uma longa sequência de sinapses cerebrais atuantes durante o processo de aprendizado, a informação percorre trilhas de neurônios e a cada repetição deste caminho, as informações se tornam mais claras e a evocação mais rápida (Brandão, 2004). Assim, as ilustrações, imagens e fotos, sejam elas microscópicas ou macroscópicas são ferramentas de estudo que podem contribuir significativamente para a retenção e evocação destas informações, pois trazem consigo uma grande concentração de detalhes e vasta informações (Brandão, 2004).

No que tange ao ensino de ciências biológicas demais ciências humanas, visto que são áreas de visualização e memorização de muitas estruturas, o contato com as ilustrações pode se tornar um grande aliado no processo de aprendizado. O Cérebro usa das ilustrações didáticas como artifícios para transformar uma informação em memória de longa duração, concretizando a aprendizagem (Lima *et al.*, 2023).

A memória fotográfica, tecnicamente compreendida como uma interface entre a memória icônica e a capacidade eidética que envolve arquiteturas mentais complexas que culminam na consolidação de traços mnemônicos voláteis em unidades de armazenamento de longa duração. Este fenômeno de consolidação não é um evento isolado, mas o resultado de uma sinergia funcional entre múltiplas áreas corticais; estima-se que mais de trinta regiões cerebrais distintas se dediquem exclusivamente ao processamento da visão. Essas redes operam em paralelo para decodificar atributos como forma, cor e movimento, integrando-os de maneira holística para que a percepção visual se transforme em uma representação cognitiva inteligível e duradoura (Lima *et al.*, 2023).

No que tange ao processamento de informações visuais, é principalmente no córtex que teremos análises e interpretações das informações, em relação à cor, profundidade, contraste e até mesmo, textura (Takemura, 2023). Para

tal, distintas áreas cerebrais organizam e manipulam a informação segundo os seguintes aspectos: a) proximidade: Quando observada uma imagem, o cérebro a divide em conjuntos de imagens mais próximas, facilitando a memorização, pois na maioria das ilustrações existe uma grande quantidade de informações úteis e outras sem grande importância, o que pode interferir na atenção focal; b) similaridade ou semelhança: O cérebro faz uma associação com cores, formas mais semelhantes que estão armazenadas na memória, com isso nosso campo de memorização faz ligações que são facilmente identificadas como um grupo, tornando deste modo a imagem compartimentada e seu uso otimizado; c) fechamento: Durante processos de raciocínio a memória faz associação e preenche espaço que faltam graças a lembranças de fatos similares já existentes. Exemplificando, na ausência de um dos lados do quadrado, o cérebro preenche este dado utilizando informações e associações já adquiridas em experiência anterior (Contier *et al.*, 2024; Sternberg, 2017; Kandel *et al.*, 2014; Dondis, 2015).

A memória de natureza visual apresenta uma lateralização funcional predominante no hemisfério direito, embora dependa de uma integração inter-hemisférica complexa para o seu processamento total (Hedger *et al.*, 2026). No âmbito da neurobiologia da aprendizagem, o hipocampo desempenha um papel mediador essencial, direcionando os estímulos ao neocórtex para a efetiva consolidação sistêmica. Este processo não se limita a uma única região, mas envolve uma ativação distribuída em diversas áreas corticais. Conforme postulado por Khalsa e Stauth (1997), a codificação mnemônica não ocorre de forma literal ou isolada; em vez disso, as informações são integradas em novas arquiteturas sinápticas que se acoplam a redes neurais pré-existentes, fundamentadas na relevância semântica e em associações prévias com o mesmo domínio de conhecimento.

Desta forma, durante o processo de aprendizado, a informação percorre redes neurais, isto é, trilhas de neurônios, e a cada repetição deste caminho, as informações se tornam mais claras e a evocação mais rápida. Mecanismos de ligações, auxiliados por neurotransmissores, entram em ação na consolidação da informação, culminando na (re) construção de conhecimentos. Conforme Khalsa e Stauth (1997), a lembrança de algo é consequência de uma longa sequência de sinapses cerebrais e não de uma única célula nervosa.

Diante do exposto, o recurso à memória visual favorece o fortalecimento das conexões entre novas informações e conhecimentos previamente consolidados, contribuindo de modo significativo para a melhoria dos processos de aprendizagem. Ao observar uma ilustração didática, o discente passa a perceber cores, formas, padrões e outros elementos visuais que podem ser associados a imagens mentais e informações já armazenadas na memória de longa duração, potencializando a construção do conhecimento (Contier *et al.*, 2024).

Nesse sentido, ilustrações, imagens e fotografias sejam de natureza microscópica ou macroscópica configuram-se como importantes ferramentas pedagógicas, capazes de auxiliar na aquisição, retenção e evocação das informações. Entretanto, o uso de recursos visuais no ensino exige intencionalidade e critério por parte do docente (Goodsell; Jenkinson,, 2018), a apresentação de conteúdos por meio de ilustrações excessivamente complexas ou visualmente poluídas pode comprometer a atenção e a consolidação da memória, dificultando o aprendizado. Essa preocupação dialoga com os pressupostos da Teoria da Carga Cognitiva, segundo a qual estímulos visuais irrelevantes ou excessivos podem sobrecarregar a memória de trabalho e prejudicar a aprendizagem significativa (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2019).

Corroborando essa perspectiva, Coll (2006, p. 126) afirma que “a visão nos dá acesso extraordinariamente amplo ao mundo. Porém, a visão também estreita o que observamos”, uma vez que atua como um sistema de seleção e filtragem das informações disponíveis, preservando apenas aquelas consideradas mais relevantes. Assim, o sistema visual, em articulação com os processos cognitivos cerebrais, opera por meio de simplificações da realidade, organizando e estruturando os estímulos percebidos. Paradoxalmente, é essa simplificação que torna possível um aprendizado mais rápido, eficiente e articulado, sobretudo quando os recursos visuais são planejados de forma clara, objetiva e pedagogicamente orientada (Mayer, 2022; Paivio, 2014).

Ilustrações didáticas como auxiliar na aprendizagem

Os recursos didáticos envolvem uma diversidade de elementos utilizados com a finalidade de facilitar a mediação docente, aprimorando a relação entre

professor aluno e conteúdo. Neste sentido, as ilustrações são suporte para transposição didática no ensino de ciências e suas áreas afins.

Entretanto, inicialmente, faz-se necessário neste momento uma diferenciação no que tange as diferenças entre figuras e ilustrações. Gráficos, gravuras, fotos, mapas, esquemas, desenhos, tabelas, quadro, fórmulas e modelos constituem ilustrações. (França e Vasconcellos, 2004).

A partir dessa perspectiva, compreende-se que fotografias macroscópicas ou microscópicas, bem como desenhos, esquemas ilustrativos e modelos que reproduzem, de forma fiel, estruturas ou formas biológicas, parciais ou completas, configuram-se como figuras ou ilustrações biológicas. Em contrapartida, gráficos, tabelas e quadros empregados com a finalidade de elucidar fenômenos ou eventos biológicos não representam diretamente estruturas ou organismos, sendo, portanto, classificados apenas como recursos ilustrativos de apoio à interpretação dos dados (Goodsell; Jenkinson, 2018). O uso de ilustrações ou figuras biológicas constitui, há décadas, um recurso pedagógico amplamente empregado como ferramenta auxiliar na construção do conhecimento científico. Esses recursos ampliam os mecanismos de elucidação dos conteúdos, na medida em que permitem a representação visual do funcionamento de sistemas de diferentes naturezas, tais como ecológicos, anatômicos, fisiológicos, patológicos e histológicos (Oliveira *et al.*, 2024).

As figuras e ilustrações biológicas encontram-se em grande quantidade em livros didáticos e em websites educacionais, com o propósito de esclarecer, complementar ou exemplificar textos densos e conceitualmente complexos, nos quais se desenvolvem explicações de processos frequentemente marcados por elevado grau de abstração (Cardoso; & Silva, 2021). Ademais Morato *et al.* (2010), acrescenta que o campo da ilustração científica emerge a partir de um conjunto articulado de decisões pedagógicas, conceituais, estéticas e técnicas, voltadas à definição do tratamento da informação visual. No âmbito das ciências naturais, o valor da ilustração científica reside em sua capacidade de agregar clareza ao texto escrito, possibilitando, inclusive, sua concisão, ao favorecer o reconhecimento imediato de estruturas morfológicas, organismos e microrganismos, bem como de outras formas biológicas, por meio de elementos visuais como cor, forma e organização espacial.

Segundo Oliveira *et al.*, (2024), tradicionalmente tabelas, quadros, fotos, desenhos e gráficos são utilizados como ilustrações para facilitar a compreensão de estudos teóricos, e na atualidade muitos livros procuram com as ilustrações contextualizar ou vincular a prática a conhecimentos teóricos. Para Coll, (2010, p.232) “A representação visual ajuda os participantes a lembrarem das ideias elaboradas previamente e os estimula a reelaborá-las”.

As contribuições da linguagem visual no processo de construção do conhecimento dialogam diretamente com o referencial clássico proposto por Dondis (2007), segundo o qual a mensagem visual, quando adequadamente estruturada, é apreendida de forma imediata pelo cérebro, dispensando processos conscientes de codificação ou tradução. Essa concepção permanece atual e encontra respaldo em estudos contemporâneos que destacam o papel da visualização científica como mediadora cognitiva no ensino de ciências.

Pesquisas recentes indicam que imagens, esquemas e ilustrações biológicas favorecem a compreensão de conteúdos complexos ao integrar múltiplas informações perceptivas, como cor, forma e organização espacial, potencializando a aprendizagem significativa (Cardoso; Silva, 2021; Nascimento; Soares, 2023). Nesse sentido, a ilustração científica não se limita a um recurso estético ou complementar, mas configura-se como elemento estruturante do processo didático, articulando princípios clássicos da percepção visual com abordagens atuais da aprendizagem multimodal e da visualização do conhecimento científico.

A interpretação de uma ilustração científica exige a observância de critérios técnicos específicos e de convenções próprias da linguagem visual, uma vez que os elementos ilustrativos não se constituem como mera representação estética, mas como um sistema estruturado de comunicação. Conforme destaca Cardoso; Silva (2021) as imagens podem configurar-se como importantes recursos facilitadores da aprendizagem, desde que o leitor compreenda a relação estabelecida entre o texto escrito e as figuras, as quais frequentemente assumem caráter científico e informativo. Nesse sentido, estudos contemporâneos reforçam que a eficácia das ilustrações depende da articulação entre elementos visuais e verbais, favorecendo a construção de significados e a redução da carga cognitiva durante o processo de aprendizagem (Cardoso; Silva, 2021; Nascimento; Soares, 2023).

Entretanto, ilustrações que apresentam excesso de informações visuais podem comprometer a compreensão do conteúdo, dificultando a identificação dos elementos centrais do objeto de estudo. Assim, a ilustração científica deve priorizar a representação das características essenciais do fenômeno ou estrutura analisada, permitindo ao estudante distinguir o que é relevante do que é acessório. Dondis (2007, p. 185) reforça essa premissa ao afirmar que “deve-se buscar um equilíbrio ideal: nem uma simplificação exagerada, que exclua detalhes importantes, nem a complexidade que introduza detalhes desnecessários”. Tal princípio permanece atual e encontra respaldo em abordagens recentes da visualização científica, que defendem o uso criterioso de elementos gráficos como estratégia para ampliar e consolidar a compreensão conceitual em contextos educacionais complexos.

Para uma assimilação adequada dos conteúdos, as ilustrações didáticas devem obedecer a princípios técnicos e pedagógicos que favoreçam sua leitura e interpretação. De acordo com França e Vasconcellos (2004), recomenda-se que essas ilustrações sejam, preferencialmente, centralizadas na página e posicionadas o mais próximo possível do trecho textual ao qual se referem, devendo ser acompanhadas de identificação e legendas explicativas que orientem sua compreensão. Tais diretrizes permanecem relevantes e são reafirmadas por estudos recentes que destacam a importância da integração espacial e semântica entre texto e imagem como estratégia para potencializar a aprendizagem e reduzir ambiguidades interpretativas (Cardoso; Silva, 2021; Nascimento; Soares, 2023).

No que se refere à contribuição dessa ferramenta didática, reconhece-se que as ilustrações acompanharam os avanços tecnológicos, adquirindo maior clareza, precisão e objetividade na transmissão de informações, sobretudo no que diz respeito à fidelidade das representações em relação às estruturas originais. Nesse contexto, a multimídia ampliou significativamente as possibilidades de uso da linguagem visual, ao incorporar recursos como fotografia digital, desenho vetorial, animação e vídeo, além de permitir o controle refinado do tratamento gráfico das ilustrações, conforme já apontado por Morato *et al.* (2010).

Pesquisas contemporâneas indicam que tais recursos favorecem a aprendizagem ao integrar diferentes modos de representação, configurando

abordagens alinhadas aos princípios da aprendizagem multimodal e da visualização científica (Mayer, 2022; Oliveira *et al.*, 2024). Destaca-se, ainda, o papel do computador como ferramenta central nesse processo, uma vez que possibilita a inserção de movimento, interatividade e animação às ilustrações didáticas, ampliando suas potencialidades pedagógicas em relação às representações estáticas tradicionalmente utilizadas no contexto escolar. Ao permitir a visualização dinâmica de processos e estruturas complexas, os recursos digitais superam limitações das ilustrações convencionais, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada e integrada dos fenômenos estudados.

Do ponto de vista didático, as ilustrações ampliam as possibilidades de aprendizagem à medida que são incorporadas à memória declarativa, uma vez que, ao serem armazenadas, passam a funcionar como pistas cognitivas que favorecem a evocação de conteúdos previamente aprendidos. Conforme explicitam Squire e Kandel (2003, p. 82), “a memória declarativa envolve conhecimentos adquiridos ao longo da vida por meio da experiência e da aprendizagem, podendo ser explicitamente declarados, seja de forma verbal, seja como imagens mentais”. Essa concepção mantém-se atual e é corroborada por investigações recentes que indicam que representações visuais bem estruturadas fortalecem a codificação e a recuperação da informação, especialmente quando associadas a conteúdos conceitualmente complexos (Mayer, 2022; Cardoso; Silva, 2021).

Contudo, os efeitos das representações visuais sobre a compreensão e o raciocínio não são homogêneos, variando conforme as características cognitivas e os conhecimentos prévios de cada estudante. Nesse sentido, a aprendizagem ativa e significativa pressupõe processos individuais de seleção das informações relevantes, organização em representações mentais coerentes e integração do novo conteúdo aos esquemas cognitivos já existentes. Estudos contemporâneos destacam que a eficácia das ilustrações depende não apenas de sua presença, mas da forma como são cognitivamente processadas, reforçando a necessidade de um uso pedagógico intencional e alinhado aos princípios da aprendizagem multimodal e da teoria da carga cognitiva (Mayer, 2022; Nascimento; Soares, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão de novos conteúdos envolve, de modo geral, a associação da informação recém-apresentada a conhecimentos previamente consolidados, favorecendo a construção de novas conexões neurais e a reorganização dos esquemas cognitivos. Entretanto, o cérebro humano não aprende de maneira homogênea nem por um único canal, o que reforça a necessidade de empregar diferentes estratégias e ferramentas didáticas capazes de contribuir para a reconstrução do conhecimento e para a qualificação do processo de aprendizagem.

Cabe destacar, contudo, que a eficácia pedagógica das ilustrações biológicas está diretamente relacionada a aspectos como sua seleção, localização, formatação e à explicação que as acompanha. Tais elementos mostram-se decisivos para a compreensão, a memorização e a posterior evocação dos conhecimentos científicos, evidenciando que o recurso visual deve ser planejado e intencionalmente integrado ao conteúdo teórico.

Adicionalmente, os achados sugerem que o potencial pedagógico das ilustrações biológicas se amplia quando estas são utilizadas de forma integrada às práticas docentes, articulando observação, explicação conceitual e reflexão crítica. Do mesmo modo, ressalta-se a importância da formação pedagógica do professor para o uso consciente e intencional de recursos visuais, de modo a evitar a sobrecarga cognitiva e favorecer aprendizagens significativas.

Por fim, destaca-se que um ensino que articula os conteúdos teóricos às figuras biológicas, de maneira planejada e contextualizada, tende a favorecer um aprendizado mais consistente, duradouro e eficiente, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos fenômenos biológicos.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, H. C.; SILVA, T. Visualization in science education: a perspective for the integration of experimental activities. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e49510111981, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11981>. Acesso em: 10 mar. 2026.

COLL, C. *et al.* **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

- DONDIS, Donis A. **Sintaxe da linguagem visual**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- FRANÇA, J. R.; VASCONCELLOS, M. M. **Ilustração científica e ensino**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2004.
- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.
- GOODSELL, David S.; JENKINSON, Jodie. Molecular illustration in research and education: past, present, and future. **Journal of Molecular Biology**, v. 430, n. 21, p. 3969–3981, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022283618303693>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- HEDGER, Nicholas *et al.* Vicarious body maps bridge vision and touch in the human brain. **Nature**, v. 650, n. 8100, p. 173–181, 5 fev. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09796-0>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- IZQUIERDO, I. **Memória**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.
- KANDEL, E. R. **Em busca da memória: o nascimento de uma nova ciência da mente**. Rio de Janeiro: Record, 2009.
- KANDEL, E. R. *et al.* **Princípios de neurociências**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2023.
- LIMA, Bruss *et al.* Cortical maps as a fundamental neural substrate for visual representation. **Progress in Neurobiology**, v. 224, p. 102424, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2023.102424>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- MAYER, R. E.; FIORELLA, L. Principles for managing essential processing in multimedia learning. *In*: MAYER, R. E. (org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781108894333.025>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- MORATO, E. M. *et al.* **Ilustração científica: fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.
- NASCIMENTO, P. H. S.; SOARES, L. C. Aprendizagem significativa: utilização de imagens em livros didáticos de Biologia. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 18, n. 41, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20500/rce.v18i41.50588>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- OLIVEIRA, A. N. de *et al.* O ensino das ciências da natureza e o uso de tecnologias. **Revista Ilustração**, v. 5, n. 7, p. 3–10, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.46550/ilustracao.v5i7.343>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- PAIVIO, A. **Mind and its evolution: a dual coding theoretical approach**. New York: Routledge, 2014.
- SOARES, Ana Karine de Araújo. Revisões da literatura: diferenças, métodos e aplicações. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 7, n. 11, p. 982–1005, 2025. Disponível em: <https://bjih.emnuvens.com.br/bjih/article/view/6626>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- SQUIRE, L. R.; KANDEL, E. R. **Memória: da mente às moléculas**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- STERNBERG, R. J.; STERNBERG, K. **Psicologia cognitiva**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.
- TAKEMURA, Hiromasa. Investigating human visual cortex variability. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 24, n. 5, p. 270–270, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41583-023-00686-w>. Acesso em: 10 mar. 2026.

SOBRE O ORGANIZADOR

Walmir Fernandes Pereira

Doutor em Ciências da Educação pela Faculté Libre des Sciences de L'Homme et de L'Environnement de Paris, França (2024). Mestre em Tecnologias Emergentes em Educação pela Miami University of Science and Technology (MUST UNIVERSITY - Estados Unidos), com título reconhecido no Brasil. Professor universitário (Graduação e Pós-graduação Lato Sensu e Stricto Sensu) e da educação básica (Ensino Fundamental e Ensino Médio). Gestor Escolar na rede pública Estadual do Rio de Janeiro. Tem formação como: Pedagogo, Psicopedagogo, Neuropsicopedagogo e Musicoterapeuta. Especializações (Lato Sensu) nas áreas da Educação, Línguas Estrangeiras Modernas e Tradução, Saúde e Gestão. Possui graduação em Letras, em Pedagogia, em Artes Visuais, em Educação Especial, em História e também em Filosofia.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8916022554187684>

SOBRE OS ORGANIZADORES

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aprendizagem: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 44, 46, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57

C

Ciência Cognitiva: 9

D

Desenvolvimento Infantil: 32, 33

Dupla Codificação: 45, 46

I

Ilustrações: 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

M

Memória: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 55, 57

N

Neurociência Cognitiva: 45, 46, 57

P

Práticas Pedagógicas: 45, 47

Psicomotricidade: 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42

T

Teoria da Carga Cognitiva: 8, 9, 10, 11, 13, 18, 19, 20, 29, 45, 51, 55

Transtorno do Espectro Autista: 31, 32, 33, 42



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

