

# NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

## *COGNITIVE NEUROSCIENCE AND MATHEMATICAL EDUCATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Beatriz Moreira Pereira

Elizangela Tonelli

**RESUMO:** Este estudo apresenta uma revisão sistemática dos estudos que abordam as relações entre a neurociência cognitiva e educação matemática. A busca, sem recorte temporal, foi feita nas bases Scopus, ERIC, Web of Science e Scielo. Recuperou-se 10 artigos, sendo 5 de revisão e 5 de pesquisa aplicada. O Brasil se destacou com 3 publicações, juntamente com os Estados Unidos. O foco dos estudos científicos abordou as atividades cerebrais ligadas à aplicação de conteúdos matemáticos como, contagem, representações numéricas, resolução de problemas, divisão de números racionais, cálculo aritmético e frações. Também se encontrou estudos relacionados a dificuldades de aprendizagem relacionadas à discalculia e à ansiedade matemática. No que se refere às pesquisas aplicadas, os sujeitos foram crianças, alunos de ensino fundamental, licenciandos e professores. Embora a revisão tenha apontado um crescente interesse pela temática ao longo dos anos, notou-se que há uma escassez no número de publicações e de estudos voltados para o ensino de matemática no contexto de sala de aula.

**Palavras-chave:** Neurociência cognitiva. Educação Matemática. Revisão Sistemática.

### **ABSTRACT:**

This study presents a systematic review of studies that address the relationships between cognitive neuroscience and mathematics education. The search, without a time frame, was carried out in the Scopus, ERIC, Web of Science and Scielo databases. 10 articles were selected, being 5 reviews and 5 applied research. Brazil was at the top of publications with 3 articles, along with the USA. The focus of scientific studies addressed brain activities related to the application of mathematical content such as counting, numerical representations, problem solving, division of rational numbers, arithmetic calculation and fractions. Studies related to learning difficulties related to dyscalculia and mathematical anxiety were also found. The participants of applied research were children, elementary education' students, undergraduates and teachers. Although the review has pointed to a growing interest in the subject over the years, it was noted that there is a shortage in the number of publications and studies focused on teaching mathematics in the classroom context.

**Keywords:** Cognitive neuroscience. Mathematical Education. Systematic Review

## INTRODUÇÃO

A neurociência cognitiva estuda o funcionamento das capacidades mentais do indivíduo, incluindo a memória, a linguagem, as percepções, emoções entre outras. De acordo com Barros *et al.* (2004) as pesquisas desenvolvidas nesse campo utilizam-se da combinação de estratégias experimentais da psicologia, em termos comportamentais, e de outras técnicas, como a neuroimagem, para analisar como ocorrem as atividades cerebrais e os aspectos de normalidade e de alteração de memória, como atenção, linguagem, motivação, emoção e consciência. Isso significa que os sinais de atividades na estrutura cerebral podem ser interpretados, ligando-as às mudanças no comportamento. O estudo sobre as experiências sensoriais é o que permite entender como o corpo reage ao entrar em contato com as novas informações, uma vez que, o cérebro trabalha dentro de uma lógica própria, na qual as informações são processadas a partir de sua importância para as demandas de sobrevivência do indivíduo.

Cruz (2016) explica que o cérebro humano possui, em média, 86 bilhões de neurônios, que são células nervosas altamente excitáveis que se comunicam entre si ou com outras células por meio de um processo eletroquímico, para que possamos aprender aquilo que é relevante para vida. Nessa direção a aplicação da neurociência na aprendizagem busca entender como os neurônios se conectam no momento da aprendizagem, e de que forma os estímulos externos e internos chegam ao cérebro, como as memórias se constroem e como ocorre o acesso às informações que foram armazenadas, ou seja, o conhecimento produzido.

Para a neurociência a aprendizagem é definida como um processo constante de reações do cérebro aos estímulos do ambiente, que ativam as sinapses, que são ligações entre os neurônios por onde passam os estímulos. A cada novo estímulo ou repetição de um comportamento que se deseja consolidar, novos circuitos são ativados para o processamento das informações. Na medida em que aprendemos, mais modificações ocorrem no cérebro, criando memórias significativas de longa duração (CONSENSA, GUERRA, 2011; FLOR; CARVALHO, 2011).

É no cérebro que ocorre os principais eventos responsáveis pela capacidade compreender e assimilar as informações que nos são apresentadas. Cosenza e Guerra (2011) reforça que é por meio das informações sensoriais, conduzidas por circuitos específicos, que tomamos conhecimento do que está acontecendo no ambiente ao nosso redor. A partir desses apontamentos

vê-se a importância de se estimular a aprendizagem por diversos canais sensoriais (auditivo, visual e tátil) de forma a facilitar a aquisição dos saberes almejados pelo aprendiz e mudar seu comportamento frente às possibilidades e estratégias de aprendizagem.

Em termos de ensino, Relvas (2010) destaca que as conexões neurais podem ser fortalecidas conforme a qualidade da intervenção pedagógica. Isso significa que essas conexões vão se tornando mais organizadas e mais complexas, à medida que o aprendiz interage com o meio interno e externo. É nessa direção que a neurociência aplicada à Educação, tem auxiliado os educadores a entender como o cérebro se comporta ao entrar em contato com novas informações.

De acordo com Rozal, Souza e Santos (2017), a relação entre a neurociência e a educação matemática provém do interesse que os professores têm de entender e potencializar o ensino. Os autores explicam que, para que a Neurociência conquiste seu espaço na área educacional é preciso que sejam desenvolvidas pesquisas práticas de sala de aula com experiências e estudos baseados nos princípios básicos da neurociência. Em outras palavras, torna-se importante que os docentes tenham conhecimento acerca das descobertas da neurociência sobre como as atividades cerebrais manipulam as informações recebidas. No entanto, muitos destes conhecimentos ainda precisam ser divulgados para que haja consistência e aplicabilidade nos processos educacionais, em especial, fortalecer a aprendizagem matemática.

No que se refere às relações entre a Neurociência e a educação matemática, Toledo e Lopes (2020), por meio de uma revisão bibliográfica, traçaram um diálogo acerca das possíveis contribuições da Neurociência para aprendizagem matemática. As autoras também trazem evidências de estudos contemporâneos sobre a temática, ao revisar as edições especiais de trabalhos publicados na revista *ZDM Mathematics Education*, em 2010 e 2016, que lançam um olhar sobre o percurso de investigações que legitimam as áreas da neurociência cognitiva e da educação matemática. Dentre os artigos revisados, as autoras encontraram estudos focados nas modificações das habilidades aritméticas, considerando a idade do aprendiz e os tipos de atividades utilizadas, problemas de aprendizagem relacionados à discalculia e mapeamento da atividade cerebral do pensamento algébrico.

Embora esses achados sejam de suma importância para os rumos de pesquisas futuras sobre a temática, Toledo e Lopes (2020) alertam que os estudos neurocientíficos existentes investigaram

o desempenho matemático sem se aproximar do contexto educacional, o que possivelmente pode influenciar nos resultados e contribuir para um maior entendimento sobre a aplicabilidade dos estudos da neurociência na prática docente.

Tendo em vista a relevância da temática para a educação Matemática, o presente estudo objetivou buscar em outras bases de dados produções científicas que possam ampliar o *corpus* estudos que evidenciam às contribuições da neurociência para a aprendizagem matemática. Para atender os objetivos pretendidos, utilizou-se os protocolos da revisão sistemática da literatura, conforme será apresentado na metodologia e na discussão e análise dos resultados.

## METODOLOGIA

Este estudo se orientou pelos procedimentos da revisão sistemática de literatura, que segundo Camilo e Garrido (p. 253, 2019) é caracterizada “pela utilização de critérios explícitos, rigorosos e transparentes que permitem identificar, sintetizar e avaliar criticamente toda a literatura sobre um tópico específico para responder a uma questão de investigação”. Dessa forma, as etapas foram: 1) Formulação da questão de pesquisa; 2) Escolha das bases de dados e seleção das palavras-chave; 3) Seleção dos dados conforme critérios de inclusão e exclusão, 4) Leitura e revisão dos resumos; 5) Extração dos dados; 6) Avaliação dos artigos e 7) Síntese e interpretação dos dados.

A questão de pesquisa buscou saber o que se tem publicado acerca da temática neurociência cognitiva e educação matemática. A partir do acesso institucional ao Portal de Periódicos da Capes elegeram-se quatro bases para a busca dos dados: Scopus, ERIC, Web of Science e Scielo. Essas bases foram escolhidas porque abarcam um número considerável de periódicos acadêmicos da área de educação e educação matemática com possibilidade de acesso gratuito aos textos completos. A busca foi orientada pelos descritores *cognitive neuroscience*, associado pelo operador booleano AND aos termos *Mathematics education*, e outras variáveis como: *Mathematics teaching*, *Mathematics learning* e *mathematical thinking*. Para ampliar os resultados, a mesma busca foi feita também em português. Sendo assim orientada pelos descritores “neurociência cognitiva”, associado pelo operador booleano E aos termos “educação matemática”, e outras variáveis como: “ensino de matemática”, “aprendizagem matemática” e “pensamento matemático”. Foram utilizados os campos título, palavra-chave

e resumo, considerando todos os anos de publicação, isto é, sem recorte temporal. A pesquisa foi realizada no período de março a julho de 2022.

A busca inicial resultou na identificação de 176 documentos (Figura 1), incluindo livros, capítulos de livros, entrevistas, conferências, artigos de revisão e pesquisas aplicadas. Assim, para o direcionamento da seleção e elegibilidade dos artigos elaborou-se critérios de inclusão e exclusão conforme descrito no quadro 1. Para aplicar os critérios de inclusão, utilizaram-se os recursos de filtros disponíveis nas bases. Já os critérios de exclusão necessitaram da leitura fluente dos resumos e dos textos completos.

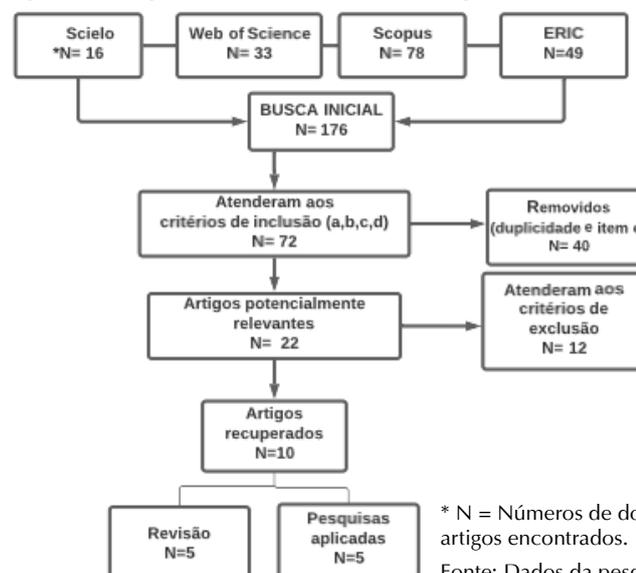
Quadro 1: Critérios de inclusão e exclusão utilizados na revisão sistemática

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
a) Tipo de documento: artigo	a) Artigos que não se tratava de Revisão e de Pesquisa aplicada.
b) Acesso: texto completo	b) Estudos que não retratavam as relações entre a neurociência cognitiva e a educação matemática.
c) Língua: Português, e inglês	
d) Período: qualquer ano.	
e) Conter no título ou nas palavras-chaves os descritores “neurociência” e “Matemática” (em português ou inglês).	

Fonte: dados da pesquisa (2022)

Após aplicar os critérios de inclusão obteve-se, inicialmente, um banco de dados com 72 artigos. No entanto, após a leitura dos títulos eliminou-se 40 artigos, por se tratar de duplicidade ou que traziam apenas um dos descritores (item e). Assim, dentro dos critérios apontados 22 artigos foram considerados relevantes para a leitura dos resumos. Finalmente, ao aplicar os critérios de exclusão, por meio da leitura dos textos na íntegra, obteve-se um número de 10 artigos considerados significativos para a análise e discussão dos resultados, sendo 5 de revisão e 5 de pesquisa aplicada. O processo de busca, inclusão e exclusão e o número de artigos encontrados e recuperados podem ser visualizados na figura 1.

Figura 1: Fluxograma de busca e seleção dos artigos



\* N = Números de documentos/ artigos encontrados.

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Para viabilizar a revisão sistemática dos artigos selecionados, construiu-se um quadro de itens sob os quais foram analisados os aspectos que caracterizam as 10 produções científicas, considerando: tipo de artigo, título, autoria, ano, nacionalidade, foco de estudo, aspectos metodológicos e, por fim, sujeitos (no caso das pesquisas aplicadas), conforme descrito no quadro 2.

Quadro 2: Categorização dos artigos recuperados na revisão sistemática

Tipo de artigo	Título	Autoria	País	Ano	Foco de estudo	Aspectos metodológicos	Sujeitos
<b>Revisão (N=5)</b>	<i>Dyscalculia: neuroscience and education</i>	KAUFMAN	Áustria	2008	Contagem	Técnicas de Revisão da literatura	Não há
	<i>Das representações numéricas inatas à matemática</i>	ANDRADE, MESQUITA FILHO & CARMO	Brasil	2015	Representações numéricas	Técnicas de Revisão da literatura	Não há
	<i>Bases neurais da ansiedade matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem</i>	MOURA-SILVA, TORRES NETO & GONÇALVES	Brasil	2020	Ansiedade matemática	Técnicas de Revisão da literatura	Não há
	<i>The challenge of modeling the acquisition of mathematical concepts: frontiers in human neuroscience</i>	TESTOLIN	Itália	2020	Contagem: Números simbólicos e não simbólicos	Técnicas Revisão da literatura	Não há
	<i>Emerging neurodevelopmental perspectives on mathematical learning</i>	MENON & CHANG	USA	2021	Resolução de problemas	Técnicas Revisão da literatura	Não há
<b>Pesquisa aplicada (N=5)</b>	<i>Learning and understanding division: a study in Educational neuroscience</i>	CAMPBELL, CIMEN & HANDSCOMB	Canadá	2009	Divisão de números racionais	Atividades matemáticas e Eletroencefalograma.	Alunos de licenciatura
	<i>Possibilidades de aprendizagem: reflexões sobre neurociência do aprendizado, motricidade e dificuldades de aprendizagem em cálculo em escolares entre 7 e 12 anos</i>	FERNANDES et al	Brasil	2015	Cálculo aritmético	Intervenção pedagógica	Alunos do EF
	<i>Using cognitive training studies to unravel the mechanisms by which the approximate number system supports symbolic math ability</i>	BUGDEN, WIND & BRANNON	USA	2016	Representações simbólicas	Técnicas da neuroimagem	Crianças
	<i>Achieving elusive teacher change through challenging myths about learning: a blended Approach</i>	ANDERSON, BOELE & DIECKMANN	USA	2018	Ensino de matemática	Métodos mistos e intervenção pedagógica	Professores
	<i>Development cognitive neuroscience based learning to use lesson study for learning community to increase mathematical literacy</i>	SHODIQ & ROKHMAWATI	Indonésia	2021	Frações	Métodos mistos	Alunos do EF

Legenda: EF = Ensino Fundamental (ou equivalente)

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Atendendo ao objetivo desse estudo, no próximo tópico serão apresentados os resultados obtidos acerca do que se tem produzido sobre as relações entre a neurociência cognitiva e educação matemática, em termos de nacionalidade, periodicidade, foco de estudo, metodologia das pesquisas aplicadas e público-alvo de participantes,

## RESULTADOS

Em relação aos dados extraídos dos 10 artigos recuperados, quanto à nacionalidade das produções científicas, os países que mais publicaram foram os Estados Unidos com 3 artigos e o Brasil com 3 artigos. Os demais países contribuíram com apenas uma publicação cada.

No que diz respeito à periodicidade, considerando que não houve recorte temporal na busca, o artigo mais antigo foi publicado em 2008 e o mais recente em 2021. Não foi encontrado nenhuma publicação sobre a temática no ano de 2022, na ocasião da busca. Além da falta de publicação antes de 2008, evidenciou-se também uma lacuna entre 2010 e 2014. O interesse pelo tema retomou em 2015, especialmente no Brasil com 2 publicações. Em 2018 e 2019 encontrou-se 1 publicação em cada ano. Somente em 2020 e 2021 o número voltou a crescer, totalizando 2 publicações por ano.

As produções científicas abarcaram diversos focos de estudos, envolvendo a matemática como: contagem; representações numéricas; resolução de problemas; divisão de números racionais; cálculo aritmético e frações. Também se encontrou estudos direcionados à ansiedade dos estudantes com a matemática. Os resultados alcançados pelos pesquisadores serão apresentados no tópico de discussão.

Quanto aos aspectos metodológicos dos artigos que se trata de pesquisas aplicadas, identificou-se que a maioria dos pesquisadores utilizou métodos mistos, incluindo, técnicas de neuroimagem, eletroencefalograma e atividades matemáticas. Dois estudos trata-se de intervenção pedagógica. Quanto ao público alvo, os sujeitos das pesquisas foram: crianças, alunos de ensino fundamental, professores formados e professores em formação. Considerando que foram recuperados apenas 5 artigos de pesquisas aplicadas, a busca obtida nesta revisão corrobora com o levantamento de Toledo e Lopes (2020), tendo em vista que foram encontrados poucos estudos que aproximam a neurociência do contexto educacional.

Na sequência, serão apresentados os achados dos artigos recuperados nesta revisão e as considerações feitas pelos seus autores.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme traz a literatura especializada, a neurociência é um campo de estudo que pode explicar algumas dificuldades de aprendizagem da matemática. Em relação aos artigos revisados, fez-se uma breve síntese dos resultados alcançados pelos autores, primeiramente dos categorizados como artigos de revisão e depois dos que se tratam de pesquisas aplicadas. O objetivo é evidenciar as contribuições dos estudos neurocientíficos para o entendimento dos processos da aprendizagem matemática.

No que se refere à contagem dos números, o estudo de revisão de Kaufmann (2008) forneceu evidências de que o hábito de crianças de contar com os dedos tenha relações positivas com a formação de representações de números mentais e para a aquisição de habilidades de cálculo. A contagem nos dedos pode fortalecer as redes neurais responsáveis pela aritmética e para a aprendizagem dos conteúdos mais complexos. No entanto, reforça-se a importância de inserir outras atividades que favoreçam as habilidades de pensamento abstrato.

De forma semelhante, Testolin (2020) também buscou revisar estudos da neurociência relacionados a abstração dos números naturais, fomentando a importância da contagem nos dedos, do uso do ábaco e de outras atividades táteis que auxiliam na transição de números simbólicos para não simbólicos. Concluiu que a abstração dos números exatos não provém da mera associação entre palavras numéricas e magnitudes perceptivas, mas sim, por meio da aquisição de habilidades procedimentais no ambiente de aprendizagem que se mostrem mais eficazes para orientar o desenvolvimento numérico dos alunos.

Acerca das relações entre a neurociência e as representações numéricas, Andrade, Mesquita filho e Carmo (2015), revisou sobre as implicações e transtornos subjacentes à dislexia. Explicam que pode haver uma confluência entre dois sistemas cognitivos inatos: senso numérico e a linguagem, incluindo a contagem e o uso dos algoritmos no aprendizado da aritmética exata. No que se refere às áreas cerebrais, os autores ressaltam a importância do segmento horizontal do sulco intraparietal bilateral para a execução de atividades numéricas simbólicas, que por sua vez, é uma importante área de integração dos estímulos motores, visuais e auditivos no processamento matemático.

A revisão sistemática de Moura-Silva, Torres Neto e Gonçalves (2020) buscou identificar os correlatos neurais da ansiedade matemática e suas implicações para o processo de ensino e

aprendizagem. As pesquisas revisadas sugerem que as redes neurais de medo e dor tendem a ser estimuladas antes e durante tarefas numéricas em indivíduos com alta ansiedade matemática e isso os torna mais propensos a cometerem erros e a terem déficits de desempenho. Os resultados apontam ainda que, alunos com ansiedade matemática possuem uma menor ativação cortical já nos estágios iniciais do processamento de estímulos numéricos. Além disso, esses indivíduos têm percepções de representações de magnitude numérica menos precisa do que os menos ansiosos, e precisam utilizar mais recursos cognitivos para realizar uma tarefa. Como conclusão, sugere-se que o 'erro' seja trabalhado de forma positiva pela professores, de forma a romper o ciclo da ansiedade matemática.

Considerando que o processamento matemático depende da inter-relação de diversas redes neurais, Menon e Chang (2021) desenvolveram um estudo de revisão, objetivando buscar pesquisas emergentes relacionadas à neurociência e a aprendizagem matemática, com destaque para a arquitetura que suporta esses processos e as fontes de heterogeneidade na aquisição de habilidade matemática. Os seus achados apontaram que redes interativas são acionadas por conjunto de regiões cerebrais para resolver situações ligadas às representações de quantidade, números simbólicos, memória e controle cognitivo e que o desenvolvimento das habilidades matemáticas depende de uma interação prolongada dessas redes neurais ao longo da vida. Além disso, destacam a importância do lobo temporal medial na aquisição de habilidades de resolução de problemas e do hipocampo na aprendizagem e consolidação de memórias.

No que se refere os artigos de pesquisas aplicadas, o estudo qualitativo de Campbell, Cimen e Handscomb (2009), investigou os processos de aprendizagem dos conteúdos divisão de números racionais com licenciandos de matemática por meio um ambiente virtual de aprendizagem voltado para o aprimoramento da Matemática, atrelado ao monitoramento (encefalograma) das atividades cerebrais. A partir dos dados obtidos foi possível identificar as funções cognitivas relacionadas à percepção e reflexão acerca das ações de contar, calcular, estimar, e identificar diferentes alterações de comportamento entre cada uma delas. O estudo promoveu uma visão mais profunda sobre o entendimento, a motivação e as aversões dos futuros professores em relação à aprendizagem e compreensão da divisão envolvendo números racionais. Como conclusão, os autores defendem que a tecnologia integrada ao ensino pode tornar a matemática mais

excitante ao cérebro, uma vez que se percebeu uma atividade cerebral intensa durante a execução das atividades, devido aos estímulos do ambiente de ensino computadorizado.

Ao aplicar os estudos da neurociência nas relações entre motricidade e aprendizagem de cálculo, Fernandes, *et al.* (2015), realizaram um estudo longitudinal com 37 alunos do ensino fundamental, que apresentavam dificuldades de aprendizagem. O objetivo foi analisar o impacto de um programa pedagógico com atividades de cunho didático-manipulativo e de motricidade corporal no ensino de cálculo aritmético. Os resultados apontaram que o desempenho dos alunos aumentou ao longo dos dois meses. Isso demonstrou que usar o corpo e os estímulos ao sistema somatossensoriais pode auxiliar os alunos que possuem dificuldades de aprendizagem a direcionarem a atenção e melhorar sua compreensão acerca da matemática. Qualitativamente, os resultados alcançados foram manifestações de alegria, adesão ao trabalho, melhora da autoestima, auto segurança e senso de autoeficácia. A necessidade da repetição se mostrou como um fator importante a ser destacado, já que o estudo foi desenvolvido ao longo de dois meses, repetindo as atividades. Com isso, os conteúdos armazenados temporariamente na memória de trabalho passam a fazer parte da memória de longa duração.

No que se refere às relações entre as representações simbólicas e as atividades neurais, Bugden, Wind e Brannon (2016), realizaram uma pesquisa qualitativa com crianças, no intuito de identificar as relações neurais entre o sistema numérico aproximado e a matemática simbólica, por meio da combinação de técnicas comportamentais e de neuroimagem, com abordagens de treinamento cognitivo. No que se refere às redes neurais e o pensamento matemático, os autores observaram que o sulco interparietal bilateral é o responsável pelo processamento de quantidades simbólicas e não simbólicas. Essas áreas, ao serem estimuladas, promovem uma relação de proximidade entre o sistema de aproximação numérica e o desenvolvimento do pensamento matemático, que por sua vez, pode melhorar o interesse da criança em aprender matemática.

Quanto a conclusão do estudo, os autores apontam que a neurociência e as técnicas de monitoramento da atividade cerebral não invasiva, quando combinadas com processos de treinamento cognitivo, podem contribuir para a identificação de problemas de aprendizagem, uma vez que as áreas cerebrais ativadas durante as atividades matemáticas podem ser mapeadas e diversas estratégias de ensino podem ser traçadas a partir de então.

Anderson, Boaler e Dieckmann (2018), baseando-se na neurociência buscaram desmistificar e ressignificar as crenças dos professores no que refere à aprendizagem matemática, isto é, desconstruir o mito de que algumas pessoas já nascem predispostas para a área da matemática. De cunho qualitativo e formativo, a intervenção pedagógica foi aplicada por meio de cursos voltados para o entendimento sobre a ciência do cérebro e métodos no ensino de matemática. O objetivo foi conscientizar os professores de que as habilidades matemáticas se desenvolvem por meio do aprendizado e da prática. Os resultados apontaram efeitos positivos e significativos nas crenças, na prática instrucional do professor e nas notas dos testes de matemática. Como considerações destacou que os conhecimentos sobre a neurociência devem ser inseridos na formação continuada de professores, de forma a mudar suas crenças de que a predisposição do indivíduo para a matemática é algo inato. A intenção é que o professor possa intervir de forma positiva nas crenças dos alunos, na prática docente e, consequentemente, nos resultados avaliativos dos alunos.

Tendo como foco o ensino de frações no ensino fundamental, Shodiq e Rokhmawati (2021) realizaram uma pesquisa qualitativa com alunos, objetivando criar e testar um protótipo de modelo de aprendizagem que colaborasse com o processo de alfabetização matemática. Para o estudo foi desenvolvido um modelo 4D computadorizado (Definir, Desenhar, Desenvolver e Divulgar), para a resolução de problemas, envolvendo frações. O objetivo era atenuar o quadro de ansiedade que os alunos tinham em relação à resolução desses problemas, o que os levava a cometer muitos erros.

Após feito os testes em conjunto com especialistas em neurociência, concluíram que o melhor protótipo de resolução de problemas seria Identificação - Planejamento - Execução - Visualização. Após a aplicação e avaliação do modelo os autores concluíram que houve uma diminuição nos níveis de ansiedade. Embora tenha ocorrido um aumento da habilidade comunicativa dos alunos não se observou alterações na habilidade colaborativa. Em vista disso, a neurociência cognitiva se mostrou relevante para o planejamento de comandos que podem auxiliar os alunos a enfrentar a ansiedade matemática e melhorarem suas habilidades pessoais dentro de sala. Esses resultados se mostram como soluções para os problemas de ansiedade matemática, conforme levantamento feito por Moura-Silva, Torres Neto e Gonçalves (2020). Tais conhecimentos, se alinhados à perspectiva da educação matemática e formação inicial e continuada dos docentes, podem fornecer instrumentos de ensino mais eficazes para o processo de ensino e aprendizagem da matemática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere aos objetivos desse estudo, por meio da revisão sistemática foi possível identificar o que tem sido produzido cientificamente produzido sobre as relações da neurociência e a educação matemática e, assim entender como essas áreas interagem diretamente nos processos de ensino e aprendizagem.

As análises dos resultados dos artigos revisados reforçaram a comunicação entre as duas áreas, uma vez que, para entender como ocorre o processamento dos números simbólicos e não simbólicos, habilidade considerada essencial para o desenvolvimento e domínio de elementos mais complexos da matemática, é necessário entender como as redes neurais se comunicam. Isso significa que, possíveis falhas no sistema neuronal no que tange o processamento matemático, podem resultar em problemas de aprendizagem e dificultar o entendimento dos conteúdos de matemática e de outras áreas afins.

De acordo com os estudos e apontamentos dos autores percebe-se que há um clamor acerca da necessidade de inserir os fundamentos básicos da neurociência na formação inicial e continuada de professores, já que ao ter conhecimento sobre como o cérebro aprende, os professores poderão compreender a origem dos problemas de aprendizagem matemática e buscar estratégias que estimule os alunos a pensar e aprender de acordo com as regras do cérebro. Nessa direção, entende-se também que a neurociência pode contribuir para a criação de modelos educacionais que ajudem a potencializar o ensino de Matemática.

Por fim, embora os resultados tenham ampliado o corpus de estudos que respaldam a importância da temática para a práxis docente, observou-se que há uma escassez de estudos que aproximassem o conhecimento da neurociência ao contexto de sala de aula. Essas lacunas indicam que pesquisas focadas em intervenção pedagógica se mostram como um campo profícuo para o entendimento da aplicabilidade dos estudos da neurociência na prática docente.

Enquanto isso, para os educadores, reforça-se a importância de se debruçar sobre os estudos da neurociência cognitiva a fim de avaliarem sua prática para que os problemas de aprendizagem possam ser atenuados. A pretensão não é negar os métodos de ensino tradicionais, mas selecionar metodologias que favoreçam as estruturas biológicas do comportamento cerebral, de forma a reforçar as já conhecidas ou modificá-las.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. K.; BOALER, J.; DIECKMANN, J. Achieving Elusive Teacher Change through Challenging Myths about Learning: A Blended Approach. *Educ. Sci.* 2018, 8(3), 98, p. 1-33, jul. 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/8/3/98>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- ANDRADE, P. E. A.; PRADO, P. S. T.; CARMO, J. S. Das Representações Numéricas Inatas à Matemática Culturalmente Construída. *Trends in Psychology / Temas em Psicologia*. Vol. 23, nº 1, p. 225-242, fev. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/274634843\\_Das\\_Representacoes\\_Numericas\\_Inatas\\_a\\_Matematica\\_Culturalmente\\_Construida](https://www.researchgate.net/publication/274634843_Das_Representacoes_Numericas_Inatas_a_Matematica_Culturalmente_Construida) Acesso em: 17 abr. 2022.
- BARROS, C. E et al. O organismo como referência fundamental para a compreensão do desenvolvimento cognitivo. *Revista Neurociências*. São Paulo, v. 12, n. 14, p. 212-216, 2004. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/view/8853/6386>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- BUGDEN, S.; WIND, N.; BRANNON, E. Using cognitive training studies to unravel mechanisms by which the approximate number system supports symbolic math ability. *Curr Opin Behav Sci.* v. 10, p. 73-80, ago. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352154616300948>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- CRUZ, L. H. C. Bases Neuroanatômicas e Neurofisiológicas do Processo Ensino e Aprendizagem. In: III Curso de atualização de professores da educação infantil, ensino fundamental e médio – A neurociência e a educação: como nosso cérebro aprende? Ouro Preto: MG, 2016. Disponível em: [http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6744/1/PRODU%C3%87%C3%83OTECNICA\\_Neuroci%C3%AnciaEduca%C3%A7%C3%A3oCerebro.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/6744/1/PRODU%C3%87%C3%83OTECNICA_Neuroci%C3%AnciaEduca%C3%A7%C3%A3oCerebro.pdf) Acesso em 20 de março. 2022.
- CAMILO, C.; GARRIDO, M. V. A revisão sistemática de literatura em psicologia: Desafios e orientações. *Análise Psicológica*, 37(4), p. 535-552, 2019. Disponível em : <http://hdl.handle.net/10400.12/7468>. Acesso em: 29 abr. 2022.
- CAMPBELL, S.; CIMEN, A.; HANDSCOMB, K. Learning and Understanding Division: A Study in Educational Neuroscience. Aera 2009 paper presented to the brain, neuroscience, and education sig. [s. l.], 16 abr. 2009. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED505739>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- COSENZA, R.; GUERRA, L. *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- FERNANDES, C. T. et al. Possibilidades de aprendizagem: reflexões sobre neurociência do aprendizado, motricidade e dificuldades de aprendizagem em cálculo em escolares entre sete e 12 anos. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 21, p. 395-416, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/qptpqND53gn8ZPy5hR647nM/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 02 de jul. de 2022.
- FLOR, D.; CARVALHO, T. A. P. *Neurociência para educador: coletânea de subsídios para alfabetização neurocientífica*. São Paulo: Baraúna, 2011.
- KAUFMANN, L. Dyscalculia: neuroscience and education. *Educational Research*, 50:2, p.163-175, 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3024534/> acesso em 25 de jun. 2022.
- MENON, V.; CHANG, H. Emerging neurodevelopmental perspectives on mathematical learning. *Developmental Review*, Volume 60, 10096413, Jun. 2021, Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273229721000198> . Acesso em: 17 abr. 2022.
- MOURA-SILVA, M. G. ; TORRES NETO, J. B. ; GONÇALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. *Bolema: Boletim de Educação matemática*, v. 34, p. 246-267, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/jrVByXP6TWH5X6tt94HZq/?lang=pt> Acesso em 25 de mar. 2022.
- RELVAS, M. P. *Neurociência e educação: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula*. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Wak Ed., 2010.
- ROZAL, E. F.; SOUZA, S. R.; SANTOS, N. T. Aprendizagem em matemática, aprendizagem significativa e neurociência na educação dialogando aproximações teóricas. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, v. 5, n. 1, p. 143-163, 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5349>. Acesso em: 13 de fev. de 2022.
- SHODIQ, L. J.; ROKHMAWATI, A. Development cognitive neuroscience based learning to use lesson study for learning community to increase mathematical literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1839, 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1839/1/012022>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- TESTOLIN, A. The Challenge of Modeling the Acquisition of Mathematical Concepts. *Frontiers in Human Neuroscience*, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2020.00100/full>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- TOLEDO, R. V. F.; LOPES, C. E. Neurociência cognitiva e a aprendizagem de matemática: diálogos possíveis. *Revista de Estudos Aplicados em Educação*, v. 5, n.9, p. 221-232, jan/jun. 2020. Disponível em: [https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista\\_estudos\\_aplicados/article/view/6565/3065](https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_estudos_aplicados/article/view/6565/3065) Acesso em 20 de maio de 2022.

## DADOS DOS AUTORES

**Beatriz Moreira Pereira.** Licenciada em matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim. Email: [beatrizmoreirapereira@gmail.com](mailto:beatrizmoreirapereira@gmail.com)

**Elizangela Tonelli.** Doutora em Cognição e Linguagem (Uenf), professora do Instituto Federal do Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim. Email: [elizangelat@ifes.edu.br](mailto:elizangelat@ifes.edu.br)