



PERSPECTIVAS DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E SUAS INTERRELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

 <https://doi.org/10.56238/isevmjv3n5-014>

Recebimento dos originais: 15/09/2024

Aceitação para publicação: 15/10/2024

Joelma Iamac Nomura

Doutora em Educação Matemática
Universidade Federal do ABC (UFABC)

E-mail: joelma.iamac@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9227-8963

LATTES: 7274763794576305

RESUMO

Este artigo analisa a obra *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*, organizada por Katheryn E. Patten e Stephen R. Campbell, com foco nas interseções entre Neurociência e Educação Matemática. A pesquisa aborda como conceitos matemáticos, além de serem construídos pela comunidade, estão ligados a estruturas biológicas no cérebro, conforme defendido por Tall (2000). Também evidenciou os trabalhos de Fenna van Nes, Paul Howard-Jones, Anthony E. Kelly e Kerry Handscomb por suas contribuições à Educação Matemática sob a perspectiva da Neurociência Cognitiva. A integração de áreas como psicologia, fisiologia, ciência da computação e genética é vista como fundamental para reduzir a distância entre disciplinas e promover novas oportunidades para a pesquisa educacional. O objetivo é mostrar a partir dos trabalhos citados como essas interfaces podem enriquecer o entendimento dos processos de aprendizagem matemática e criar colaborações mais amplas entre as áreas do conhecimento a partir de uma melhor compreensão sobre as interrelações. Tais relações poderão possibilitar uma melhor elaboração de estratégias de ensino e de aprendizagem inerente a cada indivíduo, de maneira particularizada.

Palavras-chave: Neurociência Cognitiva. Educação Matemática. Conceitos Matemáticos. Estruturas Biológicas. Mente Matemática.



1 INTRODUÇÃO

A proposta deste artigo visa apresentar os principais aspectos destacados na obra *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues* organizados por Katheryn E. Patten e Stephen R. Campbell, diretor do laboratório Engrammetron (*Educational Neuroscience and Mixed Research Laboratory*). A escolha deste tema é justificada pela necessidade de aprofundamento da pesquisa, por mim realizada, sobre conceitos matemáticos inerentes à constituição da *mente matemática* de indivíduos. Nesse estudo, realizado em 2017, pude evidenciar que este termo está associado não só à estrutura matemática concebida pela comunidade, como à estrutura biológica mental (TALL, 2000). Portanto, é possível afirmar que estamos adentrando no sistema multiprocessável, ativo e participante que corresponde ao cérebro humano.

Assumindo que os conceitos matemáticos são concebidos a partir de tais associações, busquei nas obras organizadas por *Katheryn E. Patten e Stephen R. Campbell* e outros membros de seu grupo de pesquisa, as possíveis contribuições com este tema. Assim, apresento um breve resumo e as ideias principais que norteiam os trabalhos de Fenna van Nes, Paul Howard-Jones, Anthony E. Kelly e Kerry Handscomb.

Assim, de maneira a promover um aprofundamento sobre a temática, busquei nos trabalhos dos autores citados, tentar identificar como os fenômenos pertinentes à Educação Matemática têm sido estudados a partir de perspectivas alinhadas à Neurociência Cognitiva. Assuntos que relacionem a Educação Matemática alinhada à perspectiva da Neurociência Cognitiva poderão promover uma nova era de investigação que considere novas oportunidades para as pesquisas educacionais.

Dessa maneira, considero relevante expor algumas pesquisas que tratem do tema e que expõem essas interfaces entre diversas áreas do conhecimento como a Psicologia, a Educação, a Fisiologia, a Ciência da Computação ou a Genética, para que possamos reduzir o distanciamento e as barreiras interpostas por áreas ainda isoladas.

2 AS PRINCIPAIS IDEIAS RETRATADAS PELO GRUPO DE PESQUISA

A primeira pesquisa a ser retrata neste artigo, se refere ao estudo de Campbell (2010) sobre a “educação baseada no cérebro”¹(Campbell, 2010, p. 310). O autor supracitado refere-se ao termo Educação Neurocientífica ou Neurociência Educacional² e acrescenta que há uma enorme lacuna

¹ Tradução nossa: brain-based education.

² Tradução de Educational Neuroscience



entre o estudo de estruturas fisiológicas e seus mecanismos relacionados ao aprendizado, fazendo surgir uma questão que parece ser inevitável: por que se preocupar com essa enorme lacuna?

Segundo Campbell (2010), o estudo das funções mentais, das estruturas cerebrais e do comportamento fisiológico tem avançado em decorrência da dedicação de psicólogos cognitivistas, cientistas da computação e neurocientistas, psicofisiologistas e geneticistas. Tais esforços interdisciplinares na Neurociência Cognitiva têm sido alimentados por uma crescente base de conhecimento de estudos de lesões cerebrais e o seu comprometimento de funcionamento, além de avanços tecnológicos de imagens cerebrais que têm revelado sua estrutura fisiológica e comportamental.

Campbell (2010) admite que com os recentes avanços de imagem-cerebral há um grande interesse de pesquisadores em conhecer qual será o papel da Neurociência na área educacional e vice-versa. Prossegue afirmando que iniciativas buscam estabelecer a relação entre ambas as áreas de pesquisa, envolvendo partes da Psicologia Cognitiva e da Neurociência Cognitiva. O autor intitula essa união como Educação Matemática Neurocientífica e identifica nesta o potencial de se tornar uma importante, se não revolucionária área de pesquisa na Educação Matemática.

Segundo a pesquisa de Nes³ (2010), os pesquisadores em Educação Matemática estão se tornando mais conscientes dos benefícios da aplicação de métodos neurocientíficos direcionados à Educação. Ela identifica que as pesquisas neurocientíficas podem enriquecer tanto as pesquisas educacionais como as de sua própria área, no reconhecimento dos processos cognitivos que são reconhecidos a partir das relações dos circuitos-cerebrais, assim, permitindo que sejam percebidas as mudanças das atividades cerebrais como consequência da função de aprendizagem.

Em seu trabalho, a autora busca estabelecer uma relação entre educadores matemáticos e neurocientistas no reconhecimento dos mecanismos de aprendizagem que estão envolvidos no desenvolvimento do senso numérico e espacial das crianças, evidenciando o papel da capacidade de padronização e estruturação espacial e qual o seu efeito no desempenho matemático futuro. Assim, defende que o objetivo dos educadores matemáticos em seu projeto é identificar a constituição das estruturas espaciais e o seu papel no desenvolvimento de procedimentos numéricos mais sofisticados.

Campbell (2010) refere-se à relevância da Neurociência à Psicologia e à Educação e identifica que há diferentes níveis de análise que provêm diferentes respostas às mesmas questões. Ele ilustra esse argumento a partir de diferentes respostas que são concebidas por físicos, fisiologistas e psicólogos ao assistir um jogo de baseball. Com base na questão: *Por que o*

³ Fenna van Nes completou o doutorado no Instituto de Ciências e Educação Matemática em Utrecht (Holanda).



*arremessador atira uma bola curva?*⁴, apresentada ao grupo torna-se evidente que os pesquisadores em educação relutam em reduzir as questões psicológicas às visões fisiológicas, e muito menos, a visões relacionadas à Biologia, Química ou Física. Há, no entanto, interfaces entre esses diferentes níveis de análise e, especialmente, entre a Psicologia e a Fisiologia em particular que devem ser interrelacionadas de maneira coerente. Nesse sentido, Campbell (2010) considera que muito pouco é conhecido a respeito do funcionamento do cérebro sob esse ponto de vista, e que a *ciência do cérebro*⁵(p. 312) está em tal fluxo.

Prossegue com a afirmação de que as alterações incorporadas que envolvam emoções como, por exemplo, a ansiedade, são rapidamente evidenciadas em órgãos do corpo ligados ao cérebro a partir do sistema nervoso periférico, como pele, coração e pulmões. Assim, as respostas emocionais cognitivas correspondem a alterações do sistema cerebral associadas a uma variedade de funções cognitivas, como percepção, memória, criatividade, raciocínio e outros, tornando evidentes as manifestações incorporadas da cognição humana.

Ressalta que a Neurociência Cognitiva não deve estar orientada cientificamente em termos de estruturas neurais, seus mecanismos biológicos, processos computacionais e suas funções. Por outro lado, deve enfatizar uma orientação humanística orientada à Neurociência Educacional, como uma nova área que acessará métodos da Neurociência Cognitiva, especialmente convocados para os propósitos das experiências vividas pelas práticas e problemas educacionais.

Em outro trabalho, Campbell e Patten (2011), do ponto de vista científico, ressaltam que a maior observação de perspectivas advindas do estudo do cérebro, do corpo e do comportamento poderá promover a criação de melhores oportunidades em mensurar, identificar e compreender o novo fenômeno e fatores significativos associados ao desenvolvimento cognitivo e social de vários aspectos de ensino e aprendizagem, elevando e identificando nossa compreensão da condição humana.

Para os autores, o pressuposto fundamental da Neurociência Educacional é que toda cognição humana, ou seja, toda sensação subjetiva, memória, pensamento, e emoção pode, a princípio, ser observada a partir do comportamento do organismo humano. Contudo, todo comportamento físico é apenas uma parcela ou parte do fluxo subjetivo de experiências vividas que são observadas, analisadas e interpretadas a partir de mudanças fisiológicas que poderão ser visualizadas por métodos e técnicas apropriadas. Tais imagens cerebrais podem revelar flutuações no estado cerebral e que estão relacionadas a aspectos afetivos e às funções cognitivas.

⁴ Tradução nossa: Why did [the pitcher] throw a curve ball?

⁵ Tradução nossa: brain science.



De maneira análoga às ideias de Campbell (2010) e Campbell e Patten (2011), Handscomb (2010) afirma que um dos pressupostos da Neurociência Educacional é que a experiência e o funcionamento cognitivo (como, por exemplo, o raciocínio matemático) são incorporados na atividade neural do cérebro. Em outras palavras, há uma relação entre o funcionamento cognitivo subjetivo e a atividade neural objetiva, de tal maneira que o conhecimento de um implica no conhecimento da outra.

Ainda de acordo com Campbell e Patten (2011), de maneira positiva, o ponto focal da Neurociência Educacional se relaciona aos seres humanos vivos e não unicamente nos mecanismos fisiológicos e biológicos subjacentes a eles. Existem, portanto, mudanças objetivas no corpo que são manifestadas após o exercício de processos mentais.

Assumem que existe uma correlação entre a experiência subjetiva e comportamento incorporado e acrescentam que o termo mente-cérebro não deve ser considerado de maneira separada ou isolada.

Nesses mesmos trabalhos, identifiquei referências aos métodos EEG, EKG e ET⁶ usados no estudo do comportamento do cérebro e do corpo humano em processos de aprendizagem, em uma iniciativa que vem sendo conhecida como Neurociência Educacional.

Dentre os métodos citados, o EEG corresponde a uma técnica não invasiva que permite que o pesquisador identifique a duração dos sinais cerebrais a partir de determinado estímulo e as reações motoras e perceptivas do indivíduo em condições experimentais distintas.

Os comentários supracitados a respeito das manifestações incorporadas de experiências vividas têm oferecido um espírito provocador de mudanças. Os autores acrescentam que as pesquisas educacionais não podem renunciar a tais orientações humanísticas e apontam para algumas questões: Quais tipos de manifestações psicofisiológicas são detectados, mensurados e gravados nas mentes e corpos dos estudantes durante a formação de determinado conceito matemático? Prosseguem, ainda: Quais mudanças nas atividades cerebrais podem ser observadas ou mensuradas durante a formação de determinado conceito, hipótese, ou momentos de *insight* que são evidenciados por métodos como o EEG? Da mesma maneira, é possível observar e mensurar as respostas obtidas a partir da prospecção de atividades ou reações de ansiedade ou afetividade, refletidas em métodos como o EKG ou GRS⁷?

⁶ EEG: electroencephalograph; EKG: electrocardiograph; ET: eye-tracking.

⁷ GSR: Galvanic Skin Response.



Para Campbell (2010) é importante que sejam identificados os vários sinais relacionados à cognição e afeto que são incorporados e manifestados durante o ensino e aprendizagem de determinado conceito.

Os autores defendem que o uso de métodos da Psicobiologia e Neurociência Cognitiva como EEG, EKG, ET e GSR em pesquisas educacionais são novas maneiras de operacionalizar os modelos educacionais baseados na Psicologia e Sociologia e que foram, tradicionalmente, desenvolvidos para interpretar os estados mentais dos organismos e suas interações sociais.

Dentre os membros do grupo de Educação Neurocientífica orientado pelo Professor Stephen R. Campbell, Kerry Handscomb pesquisa como diferentes imagens geométricas são percebidas pelo córtex cerebral e cerebelo, sugerindo que há implicações nas teorias da Educação Matemática que envolvam aspectos da abstração e da generalização. Em seu trabalho, ele assume a hipótese de que a descontextualização na aprendizagem de conceitos matemáticos pode representar um fator significativo no desenvolvimento da capacidade de percepção e inferência de objetos geométricos pelos alunos.

Para Handscomb (2010), a percepção direta da estrutura é uma função cognitiva indispensável à solução geométrica. Sua pesquisa está alinhada com determinados aspectos estruturais da percepção visual, referindo-se como percepção da estrutura ou percepção esquemática. Contudo, o autor relata que aspectos da percepção lógica de raciocínio também são inerentes a tais funções cognitivas.

Em sua análise, há a identificação de que o conceito de uma reta ou de um círculo está atrelado a um padrão específico de atividade neural. De acordo com o autor, há duas maneiras como as pessoas interagem com o mundo: pela ação e pela percepção. A sensação contribui para a percepção enquanto a ação movimenta o mundo. Há um ciclo contínuo entre percepção e ação: a ação lidera o movimento que altera a sensação e esta a percepção. Por consequência, temos uma nova ação. Segundo o autor, é dessa maneira que a partir deste movimento contínuo ocorrem as interações humanas.

Atendo-se de aspectos neurofisiológicos, o autor assume a hipótese de que o cerebelo está relacionado com a esquematização dos conceitos geométricos e com as funções cognitivas mais elevadas.

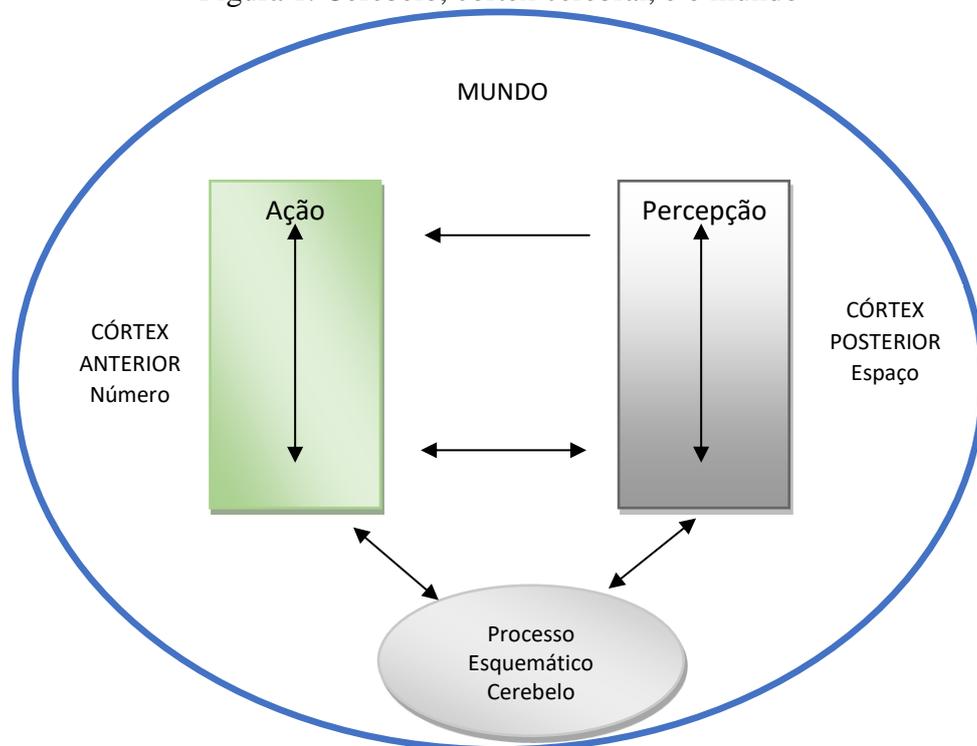
Prossegue com a afirmação de que há importantes consequências para a Educação Matemática decorrentes de teorias do córtex cerebral. De maneira geral, o córtex cerebral anterior está relacionado aos raciocínios aritmético e algébrico, basicamente orientados pelo raciocínio procedimental. Reciprocamente, o córtex cerebral posterior está associado ao raciocínio

geométrico, este orientado pela percepção. Ele acrescenta que suas interpretações da Neurociência Cognitiva assumem a perspectiva de um educador matemático.

Acrescenta que há evidências que teorias da Educação Matemática façam referência aos aspectos da Neurofisiologia, evidenciando os diferentes tipos de raciocínios concebidos pelo córtex cerebral frontal e posterior.

Particularmente, a esquematização de conceitos e percepções está relacionada ao processo de abstração, que por sua vez, tem sido o foco de intensa discussão entre educadores matemáticos.

Figura 1. Cerebelo, córtex cerebral, e o mundo



Fonte: Adaptado de Handscomb, 2010

O autor solicita aos educadores matemáticos e neurocientistas cognitivistas que, quando lerem sua pesquisa, situem-se entre ambas as áreas, pois seu trabalho antes de tudo pertence à Neurociência Educacional. Esta busca integrar e sintetizar ambas as áreas de conhecimento, até então, separadas e divergentes.

Nesse momento, expomos um resumo do trabalho de outro membro do grupo de pesquisa liderado por Stephen R. Campbell, Anthony E. Kelly. À princípio, Kelly (2011) questiona: a Neurociência Cognitiva poderá se tornar uma ciência de aprendizagem?

Dentre suas perspectivas de estudo, o autor supracitado busca evidenciar o estudo da base neural do pensamento matemático e seus processos de codificação de leitura.

Reconhece que o “estado da arte” na pesquisa da Neurociência Cognitiva está ainda nos primeiros estágios e que irá levar décadas para amadurecer.

Dentre as análises de seu trabalho, identifica que a compreensão de conceitos concretos e abstratos, a atenção e memória estão relacionadas a sistemas específicos do cérebro.

Segundo a pesquisa de Kelly (2011), aspectos fundamentais da aprendizagem iniciam-se com a compreensão de termos de processos neurais e seus contextos biológicos. Tais descobertas, nestas e em outras áreas, estão influenciando nossa compreensão do ambiente, cognição e a natureza da aprendizagem humana.

Outra pesquisa que destaco neste artigo é a do autor Paul A. Howard-Jones.

Para Howard-Jones (2011) é possível identificar trajetórias em que cada pesquisa multidisciplinar se ancora na base biológica da aprendizagem humana que poderá alterar a prática educacional.

Ele acrescenta que a neurociência vista do ponto de vista educacional pode revelar experiência e conceitos em ambas as perspectivas (neurociência e educação), buscando evidenciar a importância do desenvolvimento humano, no contexto social e sua interpretação do significado. Para o autor, por enquanto, a neurociência está mais dedicada a controlar experimentos baseados em testes de hipóteses e na identificação de mecanismos de causa e efeito que podem ser geralmente aplicados, tornando ambas as perspectivas ainda isoladas.

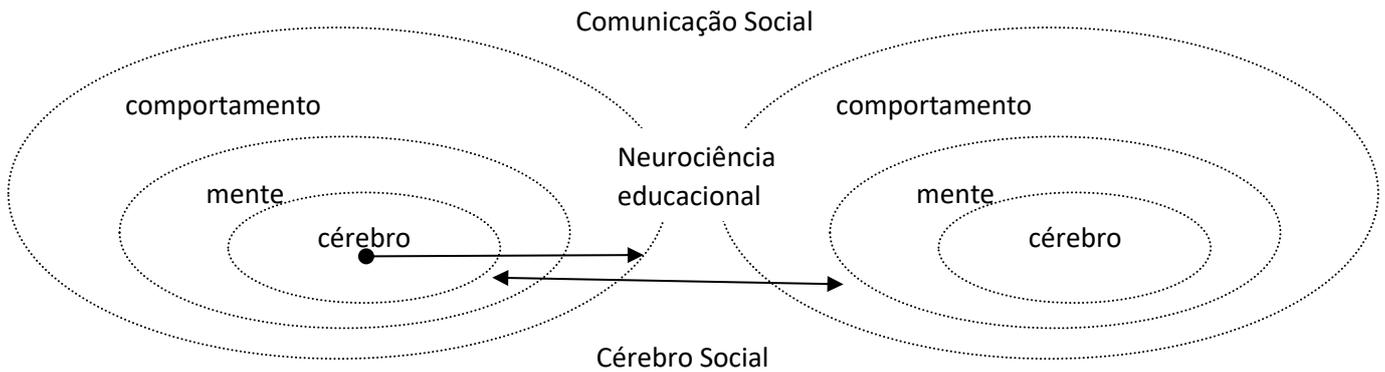
Descreve que na Neurociência Cognitiva, o termo *aprendizagem* relaciona-se ao nível de habilidades gerais de memorização do indivíduo. O autor se refere à memória declarativa como nossa habilidade de recordar explicitamente fatos, mas também aspectos não declarativos de memória como a aquisição de habilidade e hábitos condicionados às respostas emocionais e também o hábito a um estímulo repetido. Já os educadores descrevem a aprendizagem em termos de construções sociais, a partir de uma autêntica exploração, engajamento de atividades, e intuição ao trabalho de grupo.

Contudo, evidencia que é crescente o número de seminários que destaquem o crescimento de níveis de ação de modelos que tratem do estudo da complexa interrelação entre as diferentes filosofias de aprendizagem que são encontradas nesse campo emergente. Para o autor, há evidências de como diferentes metodologias associadas à pesquisa educacional e neurociência estão interrelacionadas em pesquisas neuroeducacionais.

Howard-Jones (2011) cita o modelo cérebro → mente → comportamento de Neurociência Cognitiva adotado por Morton e Frith (1995) e enfatizam os processos sociais.

A Figura 2 apresenta a interação entre dois indivíduos na construção do conhecimento. Podem ser o professor e o aluno ou, talvez dois alunos. A distância entre ambos é separada por um mar de representações humanas simbólicas em suas mais diversas formas.

Figura 2: Um enfoque multiperspectivo da pesquisa neuroeducacional



Fonte: Adaptado de Howard-Jones, 2011

Esta figura ilustra as linhas que separam cérebro, mente e comportamento. O autor ressalta que entre essas linhas existe um mar de símbolos que evidenciam a dificuldade em separar os conceitos envolvidos.

Para entender as questões apresentadas ao universo dos estudantes e identificar suas ações ou estratégias e as dos professores, inclui-se o uso de múltiplas linguagens, ambivalentes e transitórias. Contudo, a produção e a percepção da linguagem têm frutificado áreas baseadas em pesquisas científicas de laboratório e a interpretação de significado em contextos cotidianos.

Para Howard-Jones (2011), nem a ciência social ou natural, de maneira isolada, atualmente oferecem “tração” epistemológica⁸ suficiente para viajar por todos os níveis de descrição apresentadas na Figura 2.

A Neurociência Cognitiva evidencia a extensão do cérebro ao comportamento e reflete as dificuldades atuais em penetrar no significado baseado nas interações sociais. O autor acrescenta que o papel da Neurociência Cognitiva tem sido essencial para suportar uma consideração cuidadosa das relações individuais mente-cérebro com evidências biológicas e psicológicas, melhorando a compreensão de estratégias de ensino e aprendizagem nos diferentes níveis de ação (Figura 2).

Na seção de seu trabalho, intitulada de *Mudanças, Resultados e Implicações*, o autor ressalta que aqueles que procuram trabalhar na interface da neurociência e educação abrangerão

⁸ Tradução de epistemological traction.



filosofias bastante diferentes sobre a aprendizagem, cada um expondo um conjunto muito diferente de conceitos. Para tanto, cabe aos pesquisadores encarar tais mudanças no uso da linguagem e desenvolvimento de novos conceitos que residem, claramente, dentro dos limites do senso como interpretado por ambas as comunidades.

Salienta que dentre os perigos evidenciados nos extremos das relações mente-cérebro é que algumas questões podem ser consideradas inteiramente *medicalizada*⁹, sendo caracterizado unicamente por aspectos biológicos e assim removido do domínio de influência dos educadores.

No campo da Neurociência Cognitiva, pesquisadores defendem que mente e cérebro devem ser explicados em conjunto. A noção de mente é considerada como teórica, porém constitui um conceito essencial para explorar a emergente relação entre nosso cérebro e nosso comportamento, incluindo nossa aprendizagem.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fundamentando-me nas pesquisas do grupo coordenado pelo Professor Stephen R. Campbell, obtive os primeiros passos que compõem esta investigação. O grupo buscou identificar nas teorias e experimentos práticos a interrelação que se estabelece entre aspectos da Neurociência Cognitiva e da Educação, atribuindo ao nome Educação Neurocientífica o papel dos mecanismos neurofisiológicos subjacentes às funções cognitivas. Contudo, consideram que a Matemática deverá estar no centro da problematização, considerando experiências de vida, contextos sociais, ou seja, suas orientações humanísticas.

Conforme expôs Campbell e Patten (2011) o ponto focal da Neurociência Educacional está em seres humanos vivos e não apenas nos mecanismos fisiológicos e biológicos subjacentes a eles. Para eles, os efeitos causais, manifestados nas mentes do indivíduo são os responsáveis pelas mudanças que ocorrem em seu organismo, perpetuando uma visão materialista.

Contudo, não devemos desconsiderar que somos antes de qualquer coisa, Educadores Matemáticos, e devemos focar as interpretações da Neurociência Cognitiva com o enfoque desse educador. Portanto, é importante que nos atentemos a ambas as áreas, de maneira única e nunca separadamente.

Compreendendo a interrelação que se estabelece entre as áreas, é possível que identifiquemos o comportamento mente-cérebro que nos possibilite a elaboração de novas estratégias de ensino e de aprendizagem inerente a cada indivíduo, de maneira particularizada.

⁹ Tradução de medicalised.



Entendo, portanto, o aluno como um indivíduo repleto de experiências e significados, ancorado em uma base biológica única, porém não isolada.

Ressalto que as questões apontadas pelos autores que revelaram suas inquietações e as minhas a respeito deste tema não são definitivas e ainda se encontram em um momento inicial de investigação, porém em crescimento.



REFERÊNCIAS

CAMPBELL, S. R. *Embodied Minds and Dancing Brains: New Opportunities for Research in Mathematics Education*. In: *Theories of Mathematics Education – Seeking New Frontiers*. Bharath Sriraman e Lyn English. Berlin Heidelberg: Springer, 2010.

CAMPBELL, S. R., PATTEN, K. *Introduction: Educational Neuroscience*. In: *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2011.

HANDSCOMB, K. *On the Psychological and Physiological foundations of structure in Geometry: a study in Educational Neuroscience*. Tese de Doutorado em Filosofia defendida na Faculdade de Educação, Simon Fraser University, Burnaby, Canadá, 2010.

KELLY, A. E. *Can Cognitive Neuroscience ground a Science of Learning?* In: *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2011.

HOWARD-JONES, P.A. *A Multiperspective Approach to Neuroeducational Research*. In: *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2011.

NES, F.v. *Mathematics Education and Neurosciences: Towards interdisciplinary insights into the development of young children's mathematical abilities*. In: *Theories of Mathematics Education – Seeking New Frontiers*. Bharath Sriraman e Lyn English. Berlin: Springer, 2010.

TALL, D. *Biological Brain, Mathematical Mind & Computational Computers (how the computer can support mathematical thinking and learning)*. University of Warwick, UK, 2000.