

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E NEUROCIÊNCIA COGNITIVA: INTERFACES REVELADAS PELOS PESQUISADORES DO LABORATÓRIO CANADENSE ENGRAMMETRON (EDUCATIONAL NEUROSCIENCE AND MIXED RESEARCH LABORATORY)

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.027-006>

Joelma Iamac Nomura
Doutora em Educação Matemática
Universidade Federal do ABC

RESUMO

Este estudo tem como proposta evidenciar as interfaces entre a Educação Matemática e a Neurociência Cognitiva revelada pelo grupo de pesquisa canadense do laboratório ENGRAMMETRON (*Educational Neuroscience and mixed research laboratory*) da *Simon Fraser University* a partir de alguns aspectos e resultados alcançados pelo grupo. De acordo com o grupo canadense, a Neurociência Cognitiva busca evidenciar o papel dos mecanismos neurofisiológicos subjacentes às funções cognitivas e identificar os mecanismos mente-cérebro que nos possibilitem a elaboração de novas estratégias de ensino e de aprendizagem. Dessa maneira, busco destacar as principais ideias apontadas pelo grupo no contexto da Educação Matemática e da Neurociência Cognitiva. Saliento que o enfoque será dado, prioritariamente, na perspectiva do educador matemático e, num segundo enfoque, na do neurocientista, valorizando o contexto interdisciplinar e multidisciplinar de ensino e de aprendizagem.

Palavras-chave: Educação Matemática. Neurociência Educacional. Neurociência Cognitiva. Relação Mente-Cérebro-Comportamento. ENGRAMMETRON.



1 INTRODUÇÃO

A proposta deste estudo é destacar os principais aspectos e resultados evidenciados pelo grupo de trabalho do laboratório ENGRAMMETRON da *Simon Fraser University* coordenado pelo pesquisador Stephen R. Campbell a respeito da Neurociência Educacional e, mais especificamente, aos fenômenos pertinentes à Educação Matemática alinhados à perspectiva da Neurociência Cognitiva. A escolha deste tema é justificada pela proposta de aprofundamento e extensão dos estudos que interfaceiam a Neurociência Cognitiva e a Educação Matemática, os aspectos cognitivos e neurobiológicos associados à mente matemática do indivíduo.

Dessa maneira, faz parte deste trabalho adentrar no sistema multiprocessável, ativo e participante que corresponde ao cérebro humano, de maneira a evidenciar algumas possíveis contribuições de atuais pesquisas e relações que se estabelecem num contexto interdisciplinar e multidisciplinar entre Neurociência e Educação Matemática, além de apontar quais possíveis perspectivas futuras se relacionam ao tema. Para tanto, apoiando-me nas ideias e resultados das pesquisas coordenadas por Stephen R. Campbell, destaco neste estudo as possíveis contribuições da Neurociência Cognitiva na Educação Matemática segundo a perspectiva do grupo canadense.

A seguir, apresento a perspectiva dos pesquisadores sobre a Educação Matemática do ponto de vista da Neurociência Cognitiva, assim como um pouco da história da formação do laboratório ENGRAMMETRON.

2 A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA DO PONTO DE VISTA DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E ALGUMAS IDEIAS RETRATADAS PELO GRUPO DE ESTUDOS DO ENGRAMMETRON

De acordo com as ideias retratadas em Campbell (2010), os fenômenos pertinentes à Educação Matemática têm sido estudados a partir de perspectivas alinhadas à Neurociência Cognitiva, e têm promovido uma nova era de investigação e novas oportunidades para as pesquisas educacionais. Em seu trabalho, o autor afirma que os resultados divulgados em sua pesquisa ainda são sugestivos, ilustrativos e ainda incipientes e não podem ser considerados definitivos ou abrangentes. O termo Educação Neurocientífica ou Neurociência Educacional torna-se constante durante a apresentação de seus trabalhos e revela o que os pesquisadores canadenses intitulam o movimento conhecido como “educação baseada no cérebro” (CAMPBELL, 2010, p. 310). Conforme salienta o autor, parece surgir uma enorme lacuna entre o estudo de estruturas fisiológicas e seus mecanismos relacionados ao aprendizado, seja por desinteresse ou desinformação das áreas de pesquisa que relacionam os processos de cognição matemática e aprendizagem como, a psicologia cognitiva, a neurociência cognitiva e a neurogenética (CAMPBELL, 2010). A partir desse contexto, o autor aponta para uma questão que parece ser inevitável frente a esse cenário: por que se importar em preencher esta enorme lacuna?



Em sua descrição, o estudo das funções mentais, das estruturas cerebrais e do comportamento fisiológico tem avançado em decorrência da dedicação de psicólogos cognitivistas, cientistas da computação, neurocientistas, além de psicofisiologistas e geneticistas. Ainda, segundo Campbell (2010), estudos interdisciplinares relacionados à 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 ampliam a visão e o estudo de sua estrutura fisiológica e comportamental. Assim, o autor descreve que recentes avanços no estudo da imagem-cerebral têm acarretado um interesse maior por parte dos pesquisadores em conhecer o papel da Neurociência atrelado à Educação e vice-versa. Além disso, o pesquisador descreve que determinadas técnicas de imagem têm aberto novas janelas para o estudo da estrutura e do comportamento do cérebro, correlacionando sua anatomia, comportamento e função mental a partir da identificação de oscilações cerebrais no córtex humano em decorrência do pensamento matemático que podem variar de um *insight* profundo a uma aversão profunda.

Portanto, conforme destaca o pesquisador canadense, iniciativas têm buscado estabelecer a relação entre as áreas de pesquisa, envolvendo partes da Psicologia Cognitiva e da Neurociência Cognitiva, além da Educação Matemática. A essa união o autor denomina de Neurociência Educacional Matemática e identifica nesta o potencial de aprofundar a compreensão da cognição matemática e da aprendizagem, além de se tornar um importante, se não, revolucionária área de pesquisa na Educação Matemática.

É percebido que em todo o trabalho do grupo canadense fica evidente a relevância da Neurociência na Psicologia e na Educação e a existência de diferentes respostas às mesmas questões, em decorrência de diferentes níveis de análise realizada sobre estas. Isso fica notório quando as respostas são dadas a partir da análise concedida por físicos, fisiologistas ou psicólogos em temas comuns às suas respectivas áreas. Contudo, é perceptível que os pesquisadores em educação relutam em reduzir as questões psicológicas às visões fisiológicas, e muito menos, às visões relacionadas à Biologia, Química ou Física. É importante relatar que há interfaces entre esses diferentes níveis de análise e, especialmente, entre a Psicologia e a Fisiologia que devem ser inter-relacionadas de maneira coerente.

Campbell (2010) descreve que as emoções podem ser percebidas a partir da ansiedade que está relacionada aos 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 a partir de aspectos objetivamente observáveis. Portanto, o pressuposto fundamental da Neurociência



Educacional considerada por Campbell (2010) é que a cognição humana está também incorporada aos aspectos fisiológicos humanos.

Assim, o pesquisador descreve que

Toda sensação subjetiva, memória, pensamento, e emoção – qualquer coisa que qualquer ser humano pode sempre experimentar – é, em princípio, decretado de maneira objetiva, observável como um comportamento incorporado. Embora, todos os comportamentos incorporados sejam “parte integrante” do fluxo subjetivo em curso da experiência vivida, além do estudo empírico de comportamento evidente, uma visão mais profunda da cognição e da aprendizagem garante medidas, análises e interpretações de mudanças fisiológicas (CAMPBELL, 2010, p. 313).

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

Dentre os problemas educacionais apontados pelo autor estão os relacionados à ansiedade que determinados estudantes têm em relação à sua aprendizagem, destacando para a eminente necessidade de estudarmos que tipos e em que medida as emoções positivas e negativas promovem ou impedem vários aspectos do envolvimento, raciocínio e desempenho na resolução de problemas matemáticos.

Já em Campbell e Patten (2011), os autores trazem um compilado de pesquisas do grupo que relacionam a Neurociência Educacional a motivações, objetivos, teorias, métodos, técnicas de investigação e perspectivas futuras. A pesquisa destes mesmos autores direciona a uma ampla gama de iniciativas e questionamentos e evidencia a necessidade de que seja estabelecida uma linguagem comum entre todas as áreas de conhecimento envolvidas.

Conforme os pesquisadores explicam, do ponto de vista científico, 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 novos fenômenos e fatores significativos associados ao desenvolvimento cognitivo e social de vários aspectos de ensino e aprendizagem, de maneira a elevar e melhor identificar nossa compreensão da condição humana.

Ainda segundo a pesquisa dos mesmos 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. Porém, eles evidenciam que 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. Por consequência, as mudanças

fisiológicas, vistas e analisadas por imagens cerebrais podem revelar flutuações no estado cerebral e que estão relacionadas a aspectos afetivos e funções cognitivas.

Campbell e Patten (2011) expõem, de maneira positiva, que o ponto focal da Neurociência Educacional está em seres humanos vivos, e não se limitam exclusivamente aos mecanismos fisiológicos e biológicos subjacentes a eles e que, em geral, são evidenciados numa perspectiva materialista a partir de efeitos causais que são manifestados como mudanças objetivas no corpo, cérebro e comportamento.

Os autores supracitados acrescentam que o termo mente-cérebro deve sempre ser considerado de maneira única e integrada e jamais separadamente e que a validade, confiança e relevância de teorias de ensino e aprendizagem em pesquisas de Educação poderão ser variavelmente corroboradas, refinadas, ou refutadas a partir de estudos neurocientíficos e/ou com o uso de métodos que testem hipóteses de uma teoria em particular.

Cabem, portanto, algumas questões específicas observadas pelos mesmos autores: em que medida a ansiedade relacionada com a matemática pode impedir sua compreensão? e, em que medida podemos controlar tal a ansiedade? Outras questões mais específicas são: quais tipos e em que medida as emoções positivas e negativas promovem ou impedem aspectos de engajamento, raciocínio e desempenho na resolução de atividades matemáticas? Dessa maneira, relacionar emoções ao comportamento fisiológico, permite o esclarecimento, ao menos parcial, de questões como as anteriormente apontadas.

Campbell e Patten (2011) declaram que as respostas às questões anteriores poderão levar muitos anos de estudo, talvez décadas e defendem que o objetivo da Educação Matemática Neurocientífica é ajudar na investigação e no estabelecimento dessas conexões a partir do fornecimento de evidências retratadas em métodos como, por exemplo, a resposta das pupilas, eletroencefalograma, resposta da pele e taxas respiratórias. Dessa maneira, aspectos da percepção, solução e compreensão poderão ser evidenciados, permitindo que validemos ou refutemos hipóteses anteriormente traçadas poderão, além de proverem uma profunda e melhor compreensão dos aspectos inerentes ao ensino e aprendizagem da matemática

A Educação Matemática Neurocientífica corresponde, portanto, a uma ponte que explicitará a interdisciplinaridade entre as áreas, identificando os neuro-mecanismos subjacentes às funções cognitivas e de comportamento e que vem para testar e refinar os modelos, questões, problemas e estudos mais tradicionais, cultivando a matemática como centro da problemática.

Tais aspectos interdisciplinares refletem as experiências de vida que são manifestadas no cérebro, no corpo e no comportamento de algum modo, e trazem preocupações metodológicas compartilhadas entre físicos, engenheiros, matemáticos e educadores.



Os comentários supracitados a respeito das manifestações incorporadas de experiências vividas têm oferecido um espírito provocador de mudanças e que as pesquisas educacionais não podem renunciar a tais orientações humanísticas.

Frente a essa nova perspectiva inerente de estudos, nasce em 2005/2006, o laboratório ENGRAMMETRON, coordenado pelo professor Stephen R. Campbell. Intitulando-se como engenheiro do conhecimento, Campbell encontrou sistemas tecnológicos que definissem boas regras e bons objetos, refletindo o problema fisiológico clássico de reconciliar percepção e intelecto e apontar para a importância da geração e reconhecimento de padrões. Dentre as perguntas evidenciadas por Campbell (2007), encontra-se: mas como desenvolver uma rede neural capaz de tratar tanto a percepção como a inferência lógica? Seu objetivo está em compreender como os humanos são capazes de fazer e aprender as tarefas, e estabelecer a relação entre percepção e intelecto em decorrência deste desafio. Ainda, diante dessa perspectiva, Campbell (2007) se depara com outra importante questão: como aprendemos a reconhecer e gerar padrões, ou seja, padrões matemáticos?

Em Campbell (2007), o pesquisador descreve que a percepção matemática e a cognição podem ser evidenciadas em experimentos descritos por modelos de cognição e de aprendizagem baseados em imagens cerebrais e de seu comportamento. Com a proposta de aprofundar estes estudos, foi vislumbrada pelo grupo de pesquisadores, a criação do laboratório ENGRAMMETRON. A seguir, discorro sobre sua história e funcionamento.

3 O LABORATÓRIO DE NEUROCIÊNCIA EDUCACIONAL - ENGRAMMETRON

Criado em 2005/2006 na Faculdade de Educação da *Simon Fraser University* (Canadá), o ENGRAMMETRON corresponde a um laboratório de Neurociência Educacional desenvolvido com o apoio da Fundação Canadense para a Inovação (CFI – *Canada Foundation for Innovation*) e do Fundo de Desenvolvimento do Conhecimento da *British Columbia* e *Simon Fraser University* (SFU).

Hoje o ENGRAMMETRON corresponde a uma unidade de pesquisa educacional na análise de dados comportamentais, psicométricos e psicofisiológicos, incluindo estudos que abrangem a análise de áudio, visão, movimento dos olhos, ondas cerebrais, frequência cardíaca, além da condutância de pele e temperatura.

A iniciativa na criação deste laboratório de pesquisa teve como proposta justificar este novo ramo de estudo a partir da exploração de suas teorias, métodos e práticas. Campbell (2007) acrescenta que a iniciativa em sua criação remete ao seu interesse no estudo, ainda na graduação, sobre a natureza da consciência relacionada a práticas educacionais e que, no futuro, o levou a se tornar um neurocientista. Assim, conforme relata o pesquisador, durante seus estudos, ele se encantou com os aspectos fisiológicos e matemáticos relacionados à mente que o levaram a compreender com profundidade os modelos matemáticos e suas aplicações. É possível afirmar que tais modelos e

aplicações permitiram que ele relacionasse e discutisse como as imagens sísmicas associadas a outras imagens cerebrais, podem estar associadas a construções sociais de novos sentidos da percepção. O mesmo autor cita que a evolução da matemática computacional possibilitou um novo sentido de percepção e que esteve alinhada ao desenvolvimento da inteligência artificial (AI) e das implicações do uso da lógica para modelar funções cognitivas de alto nível.

Embora tenha em seu nome o tema Educação Matemática (ENGRAM/ME – *Educational Neuroscience Group for Research in Affect and Mentation in Mathematics Education*), o laboratório não se limita unicamente ao estudo de matemática, mas sim às demais áreas educacionais como Psicologia, Cinesiologia, Engenharia Biomédica, Psicometria, Psicofisiologia, Análise de Sinais, Neuropedagogia e Cognição Incorporada da *Simon Fraser University* juntamente em parceria com outras universidades, associações, profissionais e indústrias do Canadá e de outros países. Dentre as áreas trabalhadas, Campbell (2007) descreve que a psicometria permite que seja investigado o nível de ansiedade que um estudante tem em relação à matemática que, muitas vezes, é ocasionado pela deficiência do raciocínio indutivo, tomada lenta de decisão, processamento de profundidade superficial, memória e desempenho reduzidos e atenção limitada. Conforme ele aponta, a psicometria é considerada um braço da psicologia que lida com a concepção de instrumentos, administração de experimentos, interpretação de dados quantitativos a partir da medição, identificação e classificação de aspectos psicológicos referentes às habilidades e traços de personalidade dos alunos, de maneira a prover orientação para a interpretação e análise de dados psicofisiológicos.

Dessa maneira, neste laboratório são identificadas possíveis correlações da cognição e aprendizagem entre corpo e mente, funcionando como uma incubadora para a troca de experiências, conhecimentos e informações entre pesquisadores e diversas instituições.

Assim, torna-se possível identificar as atividades executadas pelos pesquisadores do grupo, que correspondem a: (a) avaliar e aperfeiçoar a interface homem-máquina e o desenho instrucional para a aprendizagem; (b) investigar fatores metacognitivos associados à aprendizagem; (c) determinar o papel do sono e da fadiga no desempenho; (d) entender a extensão e a aplicação dos métodos e resultados da neurociência educativa em contextos de sala de aula.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, busquei identificar os principais aspectos e resultados evidenciados pelo grupo de trabalho liderado por Stephen R. Campbell a respeito da Neurociência Educacional e, mais especificamente, aos fenômenos pertinentes à Educação Matemática alinhados à perspectiva da Neurociência Cognitiva. Destaco que, como educadores matemáticos, devemos enfatizar os aspectos humanistas voltados à compreensão da real experiência vivida pelo aluno que não são limitados, unicamente, aos processos neurofisiológicos. Dessa maneira, seguindo as ideias de Campbell (2010),



a Neurociência Educacional prioriza a aprendizagem e busca identificar os mecanismos neurais subjacentes ao comportamento cognitivo. Conforme apontam as pesquisas do grupo canadense há a necessidade de maior interação entre educadores matemáticos e neurocientistas, em uma linguagem interdisciplinar que relacionem diversas áreas de conhecimento como, por exemplo, modelagem matemática, processamento de sinais, modelos psicológicos e sociológicos, análise espectral e estrutura cerebral. Diante desse contexto, é possível afirmar que a Neurociência Cognitiva foca vários aspectos do comportamento do cérebro, alinhando termos da estrutura neural, mecanismos, processos e funções aos aspectos humanísticos e às experiências vividas dos aprendizes.

Evidencio neste estudo que a Neurociência Educacional Matemática corresponde a uma nova área de investigação e, conseqüentemente, considera novas oportunidades em Educação Matemática.

Ressalto que ainda estou longe de encerrar esta discussão, mas deixo aqui novas possibilidades e aprofundamentos de estudos que poderão nortear e aprimorar esta linha de pesquisa.



REFERÊNCIAS

CAMPBELL, S. R.; BIGDELI, S.; HANDSCOMB, K.; KANEHARA, S.; MACALLISTER, K.; PATTEN, K. E.; ROBB, A.; SHIPULINA, O.; SIDDO, R. A.; STONE, J. The Engrammetron: Establishing an Educational Neuroscience Laboratory. *SFU Educational Review*, [S. l.], v. 1, 2007. DOI: 10.21810/sfuer.v1i.330. Disponível em: <https://journals.lib.sfu.ca/index.php/sfuer/article/view/330>. Acesso em: 28 feb. 2023.

CAMPBELL, S. R.; BIGDELI, S.; HANDSCOMB, K.; KANEHARA, S.; MACALLISTER, K.; PATTEN, K. E.; ROBB, A.; SHIPULINA, O.; SIDDO, R. A.; STONE, J. The Engrammetron: Establishing an Educational Neuroscience Laboratory. *SFU Educational Review*, [S. l.], v. 1, 2007. DOI: 10.21810/sfuer.v1i.330. Disponível em: <https://journals.lib.sfu.ca/index.php/sfuer/article/view/330>. Acesso em: 28 feb. 2023.

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. p. 309–331.

CAMPBELL, S. R., PATTEN, K. Introduction: Educational Neuroscience. In: *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2011. p. 1–8.