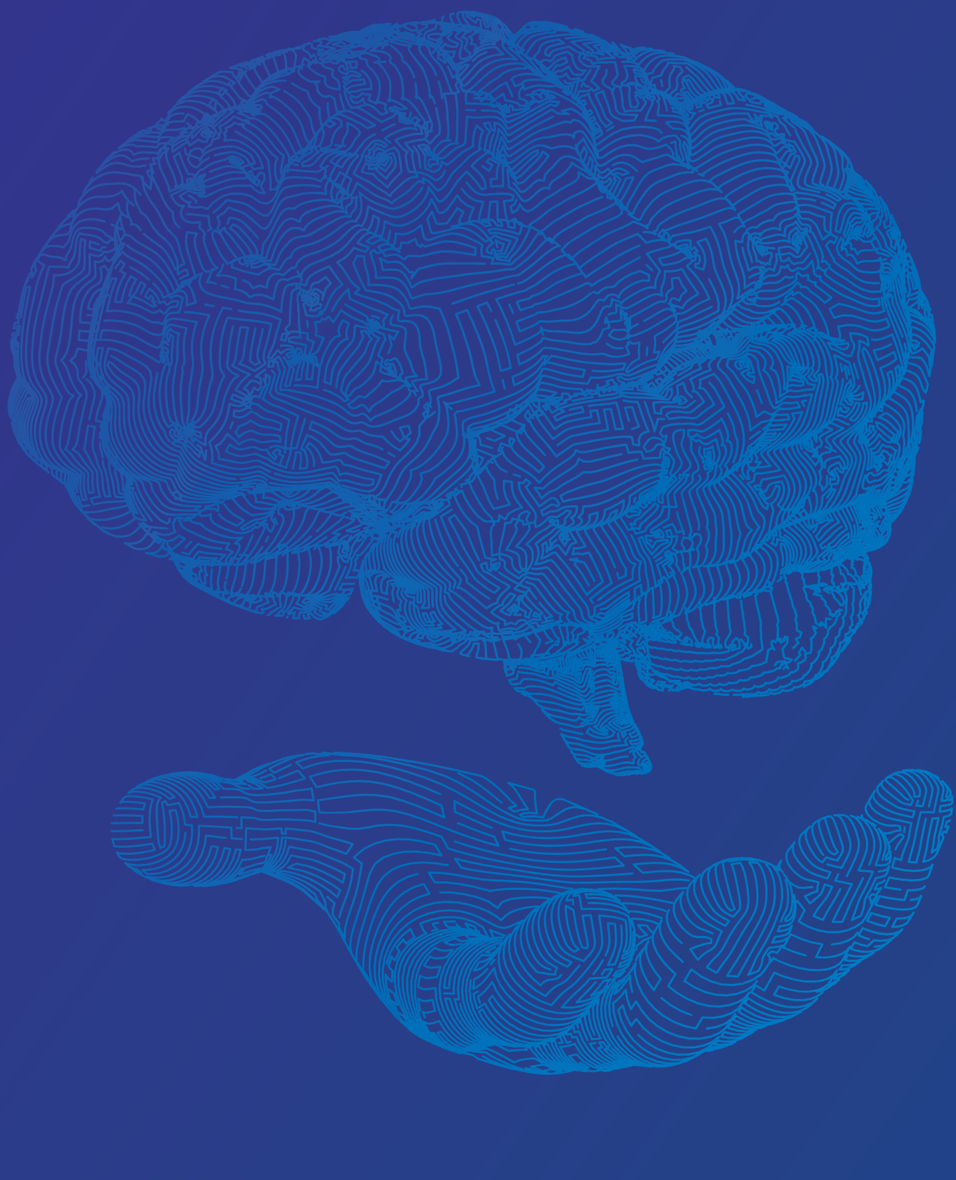
Caminhos da Educação Matemática em Revista

Ano XV, 2022 – Volume 1

Reflexões teórico-metodológicas do campo da neurociência cognitiva e didática: implicações para prática docente e compreensão dos processos de aprendizagem



EDITORA IFS

IFS
Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

Ministério da Educação

Instituto Federal de Educação, Ciência eTecnologia de Sergipe

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO
Victor Godoy Veiga

SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
Ariosto Antunes Culau

REITORA DO IFS
Ruth Sales Gama de Andrade

PRÓ-REITORA DE PESQUISA E EXTENSÃO
José Osman do Santos

INSTITUTO FEDERAL
Sergipe

Caminhos da Educação Matemática em Revista

Reflexões teórico-metodológicas do campo da neurociência cognitiva e didática: implicações para prática docente e compreensão dos processos de aprendizagem

PERIODICIDADE ANUAL

Ano XV, 2022 – Volume 1 ISSN 1983-7399

IFS
Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

EDITORA IFS

ISSN 1983-7399

Caminhos da Educação Matemática em Revista é uma publicação anual do GEPEM - Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática do IFS

INSTITUTO FEDERAL
Sergipe

Ficha Catalográfica

C183 Caminhos da Educação Matemática em Revista / Instituto Federal de Sergipe. V.1, (2022). – Aracaju : IFS, 2020.

Anual

ISSN 1983-7399

1. Matemática – Periódicos. 2. Ensino - matemática. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe.

CDU: 51(05)

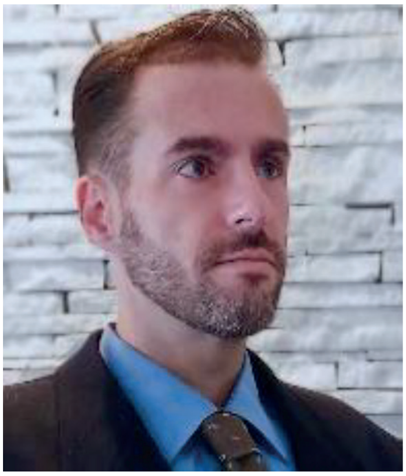
Ficha catalográfica elaborada por pela bibliotecária Kelly Cristina Barbosa CRB 5/1637

EDITORIAL

CEMeR – 2022

Reflexões teórico-metodológicas do campo da neurociência cognitiva e didática: implicações para prática docente e compreensão dos processos de aprendizagem

Prof. Dr. Laerte Fonseca, CCLM/IFS,
Editor Chefe e Coord. Geral da CEMeR



Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia
EACH/USP, Vice-Editor da CEMeR

Caro leitor,

Ano após ano, observa-se o quão dinâmico, complexo e sofisticado os processos de aprendizagem merecem a atenção das pesquisas. Sobretudo, por conta do avanço de tecnologias que tornam ainda mais possível a diminuição de espaços anteriormente impensáveis de serem preenchidos, como por exemplo, a identificação de regiões do cérebro responsáveis por executar tarefas indicadas pelo ensino formal de ciências e matemática na Educação Básica.

Para além dessa primeira reflexão, precisa-se pontuar elementos de bastidores que ainda são desconhecidos por uma considerável parte dos professores e dos formadores dos formadores: as consequências da ausência de conhecimento sobre o funcionamento do cérebro e de aspectos didáticos apropriados para um diálogo proveitoso entre essas duas áreas do conhecimento.

Mesmo com as últimas evidências científicas propaladas pela área da neurociência cognitiva, parece existir um abismo entre essa e o campo da didática, responsável pela introdução e proteção das atualizações do conhecimento no meio escolar formal.

Nesse sentido, a décima quarta edição da CEMeR (impressa), buscou reunir resultados de pesquisas que objetivam contribuir para aproximar os dois campos em tela e, mais ainda, mobilizar a atenção dos professore e formadores para repensarem suas opções metodológicas a partir de teorias atuais que tratam do ato de aprender ciências e matemática, especialmente.

O presente volume reuniu cinco artigos de pesquisadores interessados nas sutilezas que estão latentes durante a aprendizagem de noções escolares.

No **artigo de capa**, Fonseca e Gouveia convida a todos a refletirem sobre um dos principais motivos que desanimam os alunos a “gostarem” de matemática: a ansiedade. Em certa medida ela se faz necessário para garantir a sobrevivência da espécie humana. Porém, quando esse tipo de emoção ultrapassa os níveis neuroquímicos esperados, passa a gerar uma desagradável sensação de agitação mental e, caso não seja tratada, fisiológica também. Para melhor ser compreendida não deve ser interpretada como sentimentos de medo, apreensão, tensão ou antecipação de situações irreais de perigo. A bem da verdade, a ansiedade representa uma sensação de inquietação em relação a uma situação subjetivamente ameaçadora. Assim, é desenvolvida em algumas situações durante aulas de matemática ou, até mesmo, já "inculcadas" na mente dos alunos, antes mesmo de conhecerem o espaço escolar, seja pela força da cultura local, regional ou global.

Os referidos autores buscaram responder duas questões em relação a um tipo "novo" e particular de ansiedade: a ansiedade matemática – o que precisamos saber? O que revela a neurociência cognitiva? Os investigadores apontaram para causas externas e internas que, em sua maioria, são desconhecidas por pais e professores. Em termos iniciais, foi possível identificar que qualquer disfunção no sistema límbico (do cérebro humano), pode ser o gatilho para desenvolver a ansiedade matemática, tendo como alternativas revisitar o sistema de crenças quanto a realidade subjetiva pessoal e também institucional, onde se insere o ensino de matemática.

Na sequência, o **segundo artigo** refere-se aos conceitos portais, discutidos por Correia e Souza. Os autores relacionam as mudanças conceituais mais significativas com a assimilação dos conceitos portais, que produzem uma forma transformada de entender, interpretar ou ver algo sem o qual o aluno não pode progredir. Vale a pena destacar a analogia que os autores estabelecem entre o processo de aprendizagem e a escalada de montanhas, permitindo que o leitor compreenda com mais facilidade o papel mediador do professor, as perturbações que ocorrem enquanto aprendemos e a "ilusão do especialista", que não consegue perceber com precisão as dificuldades enfrentadas pelos alunos. A leitura deste artigo é recomendada para todos que desejam ampliar o entendimento do processo de ensino e aprendizagem, a partir dos conceitos portais.

As reflexões teórico-metodológicas relativas a área de matemática é ainda mais aprofundada no **artigo terceiro** quando os autores Carvalho, Oliveira e Fonseca, retratam os momentos de estudo no contexto dos números e operações, a noção teórica de momentos didáticos ou de estudos são discutidos a partir da análise de um protocolo de aula sobre expressões numéricas no Ensino Fundamental. Procurou-se destacar que a indissociabilidade entre o trabalho da técnica e o momento tecnológico-teórico apesar de necessária é algo ainda não alcançado nas práticas escolares, indicando para a necessidade de ressignificar as tarefas matemáticas propostas. Por fim, os autores concluíram em que do ponto de vista teórico-metodológico, os momentos de estudo pensados como ferramenta de análise de episódios de aula podem materializar os elementos da referida aula, e que adicionalmente servem de complemento ao método de observação em classe.

No **quarto artigo**, Lameu e Fonseca retomam as discussões embasadas no campo da neurociência cognitiva a partir da atenção seletiva ou habilidade atencional que para esses pesquisadores representa um dos pilares da aprendizagem. Para os professores é importante compreender isso porque o seu maior desafio é capturar a atenção dos alunos, sobremaneira os que utilizam tecnologias em demasia, de maneira que estes reconheçam no conteúdo a ser estudado, o que é importante, que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável.

Este trabalho retrata o fenômeno de aprendizagem do conceito de dualidade onda-partícula, no qual a luz apresenta a natureza ondulatória ou corpuscular. Para isso, destacam a discussão do funcionamento dos principais mecanismos atencionais, o bottom-up e o top-down, além das principais definições da atenção, assim como, as teorias da atenção, dos principais constructos da neurociência e de pesquisadores da área, tais como Sternberg (2010); Cosenza e Guerra (2011); Eysenck e Keane (2017). Também apresentam a construção e a análise de uma sequência de ensino teórica arraigada nos pilares dos principais estudiosos da atenção seletiva.

Como resultados preliminares da pesquisa do estágio de pós-doutorado do primeiro autor, observou-se que os mecanismos atencionais supracitados podem ser trabalhados de forma que o foco dos alunos possa ser ajustado ao foco do professor, no que está sendo apresentado, criando um vínculo e engajamento, no processo de aprendizagem. O uso plural de estímulos variados pode ativar tais mecanismos de forma a tornar o Ensino de Física mais interessante e assertivo.

Por fim, Oliveira, Fonseca e Farias abordaram em seu artigo um paralelo com elementos da Teoria Antropológica do Didático e da neurociência cognitiva, em especial, os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional top-down. Esse paralelo teve o objetivo de analisar como uma Atividade de Estudo e Pesquisa (AEP) pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno por meio de uma relação entre os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional top-down. O estudo revelou indícios que para mobilizar a atenção do estudante, é necessário que as tarefas matemáticas estejam relacionadas a situações que sejam do seu contexto real. Além disso, observou-se que a utilização de AEPs que permitam a ativação do mecanismo atencional top-down é um meio para favorecer o estudo das funções seno e cosseno.

Dessa forma, foi possível constatar que os pesquisadores destacados buscaram respostas a questões que ainda merecem a respeitada atenção dos leitores, sejam eles apreciadores do campo da educação, sejam, principalmente, professores das áreas de ciências e matemática.

Esperamos que as leituras sejam profícuas e que possam aguçar a curiosidade para mobilizar novas investigações nos arredores dos diferentes cenários de aprendizagem das áreas aqui tratadas.

Desejamos uma ótima leitura a todos!

Prof. Dr. Laerte Fonseca, Editor-Chefe[1]

Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia, Vice-Editor[2]

1 Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Maiami, Flórida/EUA); Doutor Honoris Causa (EBWU); Pós-Doutorado em Educación Lingüística y Literaria y de Didáctica de las CCEE y de la Matemática, Universidade de Barcelona/UB, Espanha; Pós-Doutorado em E-learning, Universidade Fernando de Pessoa/UFP, Porto/ Portugal; Pós-Doutorado em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutorado em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutor em Educação Matemática (ênfase em Neurociência Cognitiva) pela Universidade Anhanguera de São Paulo - UNIAN, com sandwiche na Université Claude Bernard Lyon 1 - FR/Bolsa CAPES); Doutorando em Psicologia Cognitiva, Universidad de Buenos Aires/AR; Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE), Licenciado em Matemática (UFS); Prof. Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe (IFS/Campus Aracaju) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe – UFS.

2 Livre Docente da Universidade de São Paulo. Pós-Doutor e Doutor em Química Analítica (UNICAMP e USP). Professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP), junto ao curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Universidade de São Paulo. Docente e pesquisador do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP (Área Temática: Ensino de Ciências e Matemática).

SUMÁRIO

Caminhos da Educação Matemática em Revista

2022 • Ano XV • V 1 • p. 15 – 26

ISSN 1983-7399

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

A ansiedade matemática na Educação Básica: o que precisamos saber? O que revela a neurociência cognitiva?

Mathematical anxiety in Basic Education: what do we need to know? What does cognitive neuroscience reveal?

Laerte Fonseca, IFS/PPGECIMA-UFS [1]

Luis Borges Gouveia, UFP/Porto-Portugal [2]

[1]Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Maiami, Flórida/EUA); Pós-Doutorado em Educación Lingüística y Literaria y de Didáctica de las CCEE y de la Matemática, Universidade de Barcelona/UB, Espanha; Pós-Doutorado em E-learning, Universidade Fernando de Pessoa/UFP, Porto/Portugal; Pós-Doutorado em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutorado em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutorando em Psicologia Cognitiva, Universidad de Buenos Aires/AR; Doutor em Educação Matemática (UNIAN/SP, UCB/Lyon 1- FR); Mestre em Educação (UFS); Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFS); Licenciado em Matemática (UFS); Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE); Neuropsicólogo (UNIFESP/SP); Terapeuta Cognitivo-Comportamental (PUC-RS); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

[2] Professor Catedrático/*Full Professor* Faculdade de Ciência e Tecnologia/ *Science and Technology Faculty* Universidade Fernando Pessoa (UFP). Agregado em Engenharia e Gestão Industrial, especialidade Gestão do Conhecimento, pela Universidade de Aveiro. Doutor em Ciências da Computação, Lancaster University (Reino Unido). Mestre em Engenharia Eletrônica e de Computadores, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Licenciado em Matemáticas Aplicadas / Informática, pela Universidade Portucalense. Coordenador do Programa Doutoral em Ciência da Informação, especialidade Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa.

Correspondência:

laerte.fonseca@ifs.edu.br

lmbg@ufp.edu.pt

Recebido em 21/06/2021

Aprovado em 21/01/2022

RESUMO

O objetivo principal deste artigo é descrever uma análise sobre a ansiedade matemática, buscando caracterizar sua definição, etiologia, tipos e níveis, bem como apresentar alguns exemplos de como contorná-la na sala de aula. Como motivação inicial foi enfocado o desenvolvimento da aprendizagem matemática. Verificou-se que as causas da ansiedade matemática podem ser externas ou internas ao meio escolar e que as consequências são, geralmente, mal interpretadas por professores e pais. No Brasil, ainda existem poucas pesquisas a respeito do tema, entretanto os trabalhos de Keow Ng (2012), Smith (2004), Mutawah (2015) e Marshall et al. (2017) impulsionaram a pesquisa bibliográfica a respeito do objeto em jogo. Como resultado inicial, atribuiu-se a uma disfunção do sistema límbico a natureza da ansiedade matemática, onde a substância química denominada noradrenalina é a principal representante desse fenômeno de desequilíbrio emocional. Alternativas foram elencadas para tentar dirimir esse desconforto na população de alunos que sofrem por conta de crenças ou de um ensino de matemática que promove aversão, resultando na precariedade da aprendizagem.

Palavras-chaves: Ansiedade Matemática, Emoção, Neurociência Cognitiva.

ABSTRACT

The main objective of this article is to describe an analysis of mathematical anxiety, aiming to characterize its definition, etiology, types and levels, as well as to present some examples of how to circumvent it in the classroom. The initial motivation was the development of mathematical learning. It has been found that the causes of mathematical anxiety may be external or internal to the school environment and that the consequences are often misinterpreted by teachers and parents. In Brazil, there is still little research on the subject, however the works of Keow Ng (2012), Smith (2004), Mutawah (2015) and Marshall et al. (2017) stimulated bibliographical research regarding the object at stake. As an initial result, a dysfunction of the limbic system was attributed to the nature of mathematical anxiety, where the chemical called noradrenaline is the main representative of this phenomenon of emotional imbalance. Alternatives have been listed to try to resolve this discomfort in the population of students who suffer from beliefs or a teaching of mathematics that promotes aversion, resulting in the precariousness of learning.

Keywords: Mathematical Anxiety, Emotion, Cognitive Neuroscience.

Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

1. Introdução

O objetivo principal desse artigo é descrever uma análise sobre a ansiedade matemática, buscando caracterizar sua definição, etiologia, tipos e níveis, bem como apresentar alguns exemplos de como contorná-la na sala de aula.

A motivação para levantar esse estudo está abrigada sob as preocupações dos autores quando refletem sobre o desenvolvimento da aprendizagem matemática escolarizada, sobretudo, enfatizando-se a importância de se considerar estudos recentes do campo da neurociência cognitiva para tentar esclarecer sobre como o cérebro aprende (FONSECA, 2015).

Essa ausência institucional é uma das contribuintes para potencializar a ansiedade matemática nos alunos, já que não há conhecimento e domínio das formas para rebaixar seus níveis. Geralmente, um estudante fica ansioso pelo simples fato de pensar que precisará assistir a uma aula de matemática ou ainda quando mantém em sua mente que não dominar matemática causa ansiedade, pois se sente excluído de grupos de colegas. Para Keow Ng (2012), o simples fato de evitar se envolver ou pensar em matemática se constitui em um sinal de ansiedade, o que pode funcionar como um obstáculo para a sua aprendizagem escolar.

Do ponto de vista neurobiológico, a ansiedade em geral ocorre por causa de uma descarga não esperada de adrenalina ou epinefrina no cérebro, especificamente, em subestruturas do sistema límbico, onde a amígdala é a responsável por avaliar se uma dada situação representa perigo preparando o corpo para movimentos de fuga, luta, apatia ou ansiedade. Quimicamente, esse neurotransmissor é representado pela fórmula $C_9H_{13}NO_3$ que é lembrado por situações geradoras de estresse, aumentando-se os batimentos cardíacos, perdendo o foco atencional, bloqueando a evocação de importantes memórias e, principalmente, impulsionando o surgimento de comportamentos disfuncionais causadores de prejuízos e sofrimentos, após serem avaliados.

Autores como Smith (2004), Lyons e Beilock (2012) caracterizam a ansiedade matemática como um sentimento emocional intenso que põe em cheque a capacidade de alguns alunos diante de tarefas que requisitem compreensão e realização de cálculos matemáticos. Smith (2004) atribui a baixa autoestima escolar de alguns alunos ao fato de se autoavaliarem como incapazes em realizar atividades matemáticas designadas pelos professores. Para ela, no nível mais elevado essa ansiedade pode ser denominada de fobia matemática.

Segundo Mutawah (2015), tal fenômeno de impacto negativo reflete diretamente na escolha de cursos universitários, em que cursos com pouco ou quase nada de matemática acabam sendo procurados. Segundo esse autor, algumas universidades precisaram desenvolver programas especiais de aconselhamento para auxiliar os alunos ansiosos em matemática. Tal como Smith (2004), Mutawah (2015) concorda que a ansiedade matemática representa um problema de ordem emocional e não intelectual, muito embora interfira diretamente na capacidade de raciocínio lógico e impacte nos desempenhos dos estudantes e, por conta disso, torna-se, também, um problema intelectual.

No presente estudo, foram abordadas possíveis etiologias dessa ansiedade. Keow Ng (2012) sinaliza que ela pode ser resultado de resíduos ou experiências culturais, onde pessoas mais velhas desabafam em seus ambientes que "matemática é uma disciplina difícil" ou, até mesmo, os pais falam para seus filhos que não eram "bons" em matemática. De certa forma, essas escutas são captadas e armazenadas podendo ser associadas em algum episódio de realização de tarefas em que o feedback seja negativo.

Nesse caso, o pesquisador destaca que a formação dessa ansiedade foi baseada em crenças e não em evidências que decorreriam do confronto do aluno com uma tarefa matemática, por exemplo. Outros mitos também podem ser considerados causadores de ansiedade matemática, tais como: homens são melhores que as mulheres em matemática; existe a melhor forma para resolver uma tarefa de matemática; há pessoas que nasceram com uma mente matemática; contar nos dedos é ruim e feio; bons são aqueles que resolvem problemas "de cabeça"; entre outros.

Por outro lado, afirma Mutawah (2015), esse tipo particular de ansiedade escolar também pode ser gerado a partir das formas e escolhas didáticas dos professores dessa área, sobretudo, quando negligenciam princípios teóricos de aprendizagem, apresentando os conteúdos de forma obsoleta, impositiva e congelada, utilizando-se da disciplina como instrumento de poder.

Dessa forma, buscou-se apresentar algumas alternativas para gerenciar, sempre que possível, os tipos e níveis de ansiedade matemática nas mais variadas instituições da Educação Básica. Marshall *et al.* (2017) elencam dez estratégias para que o aluno tente superar sua ansiedade matemática. Dentre elas, destacam-se: revisitar e buscar aprender os princípios básicos de aritmética, fonte de muitas dúvidas relacionadas ao sistema decimal; buscar utilizar o vocabulário matemático fora das aulas, pois ajuda a mente a relacioná-lo em diferentes necessidades; use jogos que ativem o raciocínio matemático, considerando que ao brincar os níveis de ansiedade são "esquecidos" cedendo lugar aos objetivos do jogo etc.

Diante desse cenário, o artigo em tela foi pensado em três etapas para discutir com mais profundidade alguns aspectos atrelados ao objeto em jogo. Inicialmente, tratou-se da epistemologia da ansiedade matemática, evidenciando suas diferentes perspectivas teóricas (definições), bem como suas etiologias, tipos e níveis para que se possa compreendê-la como um todo e poder intervir em favor de seu rebaixamento.

Posteriormente, foi apresentada a neuropsicofisiologia do sistema límbico responsável pelas emoções humanas. Nessa etapa, buscou-se situar a região ocupada pelo mesmo no cérebro, suas principais estruturas e funcionamento para ativações dos principais tipos de emoções, sobretudo, aquelas que contribuem para a ansiedade matemática.

Por fim, o último item aborda alternativas para tentar rebaixar esse tipo de ansiedade que prejudica o desenvolvimento da aprendizagem matemática, colabora para o fracasso e evasão escolar, sem que, muitas vezes, professores e pais nem desconfiem que esse fenômeno emocional esteja contagiando seus alunos/filhos. Mas, acusam os mesmos de preguiçosos ou incapazes de aprender matemática.

Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido sob o olhar da investigação bibliográfica, nesse primeiro momento, justificando essa escolha pelo fato de não haver ainda reflexões dessa natureza apresentadas pela área de Educação Matemática brasileira.

Finalizou-se destacando os principais pontos abordados e confrontando os resultados com os objetivos iniciais, arriscando, também, indicar alguns vieses para outra pesquisa que considere o empirismo das discussões aqui desenvolvidas.

2. Ansiedade matemática: definição, etiologias, tipos e níveis

Um desconforto comum entre alguns estudantes quando estão diante de problemas matemáticos, ou mesmo ao imaginar sua presença na aula de matemática. A ansiedade matemática existe mesmo, é o que conclui um grupo de investigadores de Stanford. Para além da crença de que existe, é necessário compreender seu conceito, tipos e níveis como forma de mitigar seus efeitos na aprendizagem matemática.

O indivíduo não nasce com ansiedade à matemática, e esta não tem uma relação direta com transtornos de aprendizagem como a discalculia ou a acalculia (CARMO; SIMIONATO, 2012). Uma das fontes dessa modalidade de ansiedade é a história de vida dos indivíduos, na escola. Até a década de 1970 ainda era chamada de ansiedade a números, mas em Tobias & Weissbrod (1980) substituiu-se por ansiedade à matemática, pois os relatos que se multiplicavam naquela época eram mais condizentes com o novo termo devido aos processos diversos de matematização.

A ansiedade matemática é um fenômeno que compreende reações emocionais negativas diante de situações que requisitam o uso de conhecimentos matemáticos (CARMO; SIMIONATO, 2012). Pode ser compreendida também como um comportamento aprendido (KEOW NG, 2012). Talvez essa seja uma das razões para se manifestar de forma efetiva, sendo enraizada na forma de estudar matemática e levada por todo percurso escolar.

Assim como nos quadros gerais de ansiedade, a ansiedade matemática, envolve reações fisiológicas (postura tensa, cansaço na expressão facial, dores de cabeça, distúrbios estomacais etc.), não sendo estas as causas do fenômeno, nem suas formas exclusivas de manifestação. Os componentes cognitivos e do comportamento têm sido os principais veículos da ansiedade, algo notadamente marcante nos casos em que se configuram tanto as reações fisiológicas quanto as comportamentais que podem restringir significativamente a atividade matemática[1] dos indivíduos.

Além de um fenômeno cognitivo comportamental, cabe ressaltarmos que a ansiedade matemática também tem vestígios de um fenômeno didático, no contexto escolar. Didático porque, no campo do comportamento culturalmente construído, difunde-se a ideia de que a Matemática, especialmente a escolar é particularmente para ser contemplada. Em outras palavras, podemos até arriscar uma associação do fenômeno em tela, com o do monumentalismo descrito por Chevallard (2013), que influencia significativamente a atividade matemática dos estudantes, restringindo-a, e impedindo a mediação dos objetos matemáticos.

No que concerne as suas causas, a ansiedade matemática goza dos mesmos fatores geradores do quadro geral de ansiedade e, desse modo, pode ser entendida como predisposição 'emocional' gerada por um estímulo aversivo condicionado (HOLLAND; SKINNER, 1992).

A esse respeito, Mazzo e Gongora (2007) apontam efeitos indesejáveis que o controle aversivo promove nos comportamentos dos estudantes, quando utilizados pelos professores. A ameaça de punição, a apresentação de estímulo aversivo contingente a uma dada resposta do aluno (punição) e a retirada de estímulo reforçador contingente, comumente associados às aulas de matemática, promovem respostas de fuga dos estudantes, na melhor das hipóteses, e alguns subprodutos emocionais como o medo e a ansiedade, nos casos mais graves.

As experiências de aprendizagem negativas com a matemática também são potencializadoras de emoções que bloqueiam o raciocínio (SPICER, 2004) e, portanto, um dos mais importantes preditores do mal desempenho dos estudantes. Uma situação aparentemente simples para o professor de matemática, que consiste em fazer perguntas sobre o conteúdo ensinado, pode ser para o estudante o estopim de uma série de sintomas e bloqueios quanto à matemática, dentre eles o medo de se expor e cometer erros.

Ao estudar matemática, segundo Marshal *et al*. (2017), um estudante pode sentir ansiedade de diferentes formas: pânico, configurado por um sentimento de desamparo; paranóia, um sentimento de incapacidade de fazer matemática; comportamento passivo, manifestando-se, por exemplo, com vontade de desistir de estudar a matemática; falta de confiança, acreditar que nunca sabe a resposta, não saber por onde começar (uma letargia na atividade matemática); e sintomas físicos, suor, irregularidade na respiração, batimentos cardíacos acelerados, incapacidade de pensar com clareza e náusea.

Ao ativar a ansiedade o cérebro do estudante terá seu poder reduzido, e poderá facilmente ter sua atividade matemática restrita, porque nesse caso a mediação dos objetos matemáticos é facilmente associada a processos dolorosos, como os descritos acima. Nesse processo, as regiões do cérebro associadas à dor são ativadas desde que o sujeito imagine estar diante de uma situação matemática, mas não necessariamente fazendo matemática (MARSHAL *et al.,* 2017).

O sentimento de aparente incapacidade que acompanha uma pessoa com ansiedade matemática nada mais é do que o medo manifestado da matemática, fruto das aprendizagens negativas ao longo do percurso formativo. Isso porque esse fenômeno comportamental e cognitivo afeta as partes do cérebro responsáveis pela compreensão da matemática (MARSHAL *et al*., 2017).

Para falar das causas da ansiedade matemática identificadas empiricamente, tomamos um estudo realizado por Keow Ng (2012), com estudantes de Cingapura. Dentre as causas apontadas no referido estudo, chama a atenção um aspecto do comportamento do professor de matemática que influencia os comportamentos dos estudantes: a preparação para avaliação em detrimento à compreensão dos saberes matemáticos estudados, principalmente quando encontram problemas não convencionais ou quando os tópicos estudados são mais avançados. Acrescentamos que não perceber a razão de ser desses objetos do saber estudados também tem sua parcela de contribuição para o quadro de ansiedade matemática.

Outro aspecto relevante que desponta como causa do fenômeno ansiedade nas aulas de mate-

1 A atividade matemática integra o conjunto de atividades humanas, e é vista como sistema de praxeologias matemáticas. Nesse sentido o conhecimento matemático é compreendido como o produto dessa atividade com a intenção de resolver *tarefas,* que foram problemáticas para uma determinada comunidade, em um dado momento histórico (ANDRADE, GUERRA, 2014).

mática é a transmissão do medo, que pode vir da família ou do professor, caso este não tenha uma boa relação pessoal com os saberes matemáticos os quais tem que lecionar.

Apesar dos impactos dos métodos de ensino, no contexto dessa investigação com estudantes asiáticos, terem sido inconclusivos, em virtude da identificação de desconfortos dos estudantes tanto no método mais tradicional, quanto naqueles mais construtivistas, podemos inferir a partir dos resultados dessa investigação que olhar apenas para o método é insuficiente para compreender as causas da ansiedade matemática.

Em síntese, as principais causas da ansiedade matemática são avaliações, fatores pessoais, natureza e percepção da matemática, experiências negativas (em especial de aprendizagem), ambiente de aprendizagem e transmissão dos efeitos familiares.

Este não é resultado de uma simples relação de causa e efeito, por esse motivo, não é tão fácil determinar os fatores que o fazem surgir entre os estudantes diante da matemática. No entanto, parece consenso que ainda que essa determinação de causas da ansiedade matemática não seja uma questão fechada, pode-se constatar o quanto ela é prejudicial à mente dos estudantes, o que tem sido mostrado em alguns testes em que as pessoas são colocadas em situação de resolução de problemas matemáticos, e os resultados apontam para dificuldades na resolução desses problemas dentre os indivíduos que apresentam algumas características de ansiedade matemática.

Conforme será discutido na seção posterior, por mais que os avanços da neurociência sejam visíveis e tragam algumas respostas às questões relativas aos segredos do cérebro, existem lacunas quanto à compreensão da relação entre estrutura do cérebro e o comportamento, o que demonstra que pesquisas no nível neurobiológico sobre a ansiedade matemática são promissoras e tendem a desvelar caminhos para a sua redução.

3. Emoção e ansiedade matemática: o que dizem alguns achados da neurociência cognitiva?

Em novembro de 2017, durante uma conferência do TED Talks, a cientista cognitiva Sian Beilock (2017) mencionou o fato de possivelmente falharmos numa atividade em que temos consciência de que estamos sendo avaliados. Não por não sabermos desempenhá-la bem, mas porque as preocupações que passam a tomar lugar nos nossos cérebros excedem a nossa capacidade de processamento da informação.

Por exemplo, ao saber que está sendo julgado por um professor, o aluno que tenta resolver uma tarefa matemática pode se sentir pressionado a expor não só a resposta correta, mas também os movimentos físicos e habilidades cognitivas esperadas pelo observador. Como resultado, funções cognitivas são comprometidas levando a falhas no processo de resolução da tarefa.

O caso citado anteriormente é um exemplo de antecipação de descargas emocionais negativas associadas a algum tipo de ameaça, de modo que o sujeito teme demonstrar incompatibilidade com um protótipo socialmente construído. Enquanto geradora de reações aversivas, a ansiedade matemática se comporta de modo similar, trazendo sofrimento e deficiência de aprendizagem. Isso ocorre porque o cérebro de alunos com esse tipo de ansiedade experiência, antecipadamente, eventos estressantes e ativam regiões cerebrais como o córtex insular, responsável pelo sentimento de ameaça e sensação de dor (LYONS; BEILOCK, 2012).

Segundo Lent (2008, p. 254), *"a emoção pode ser definida como um conjunto de reações químicas e neurais subjacentes à organização de certas respostas comportamentais básicas e necessárias à sobrevivência dos animais"*. A noção de emoção é importante no contexto desta pesquisa porque a ansiedade matemática desencadeia respostas emocionais associadas à matemática. Dessa forma, os alunos precisam lidar com esses sentimentos, o que pode resultar em sobrecarga da memória de trabalho e indisponibilidade de recursos suficientes para a resolução da tarefa matemática (RUBINSTEN; TANNOCK, 2010).

Para entendermos as implicações da ansiedade matemática na aprendizagem é importante destacar que a aquisição e retenção de informações na memória de longo prazo dependem do bom funcionamento de funções cognitivas como a atenção e memória. Além disso, a emoção desempenha papel primordial devido a sua capacidade de estabelecer conexões neuronais em regiões do sistema límbico, mais especificamente entre a amígdala e o hipocampo, responsáveis principalmente pela regulação emocional e formação de memórias explícitas, respectivamente.

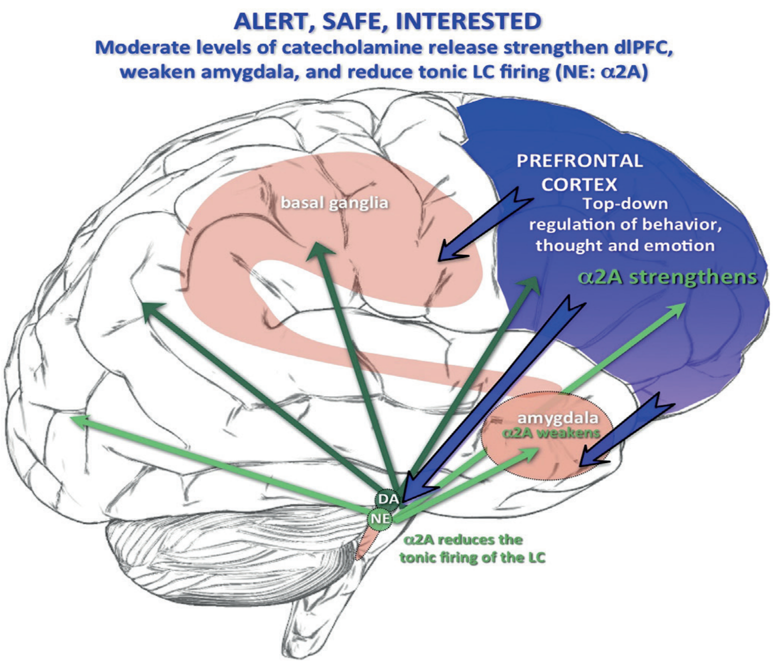
Nesse sentido, as respostas emocionais têm relações diretas com algum tipo de aprendizagem. De acordo com Ledoux (2001), um estímulo emocional ativa a amígdala, desencadeando reações emocionais. *"A amígdala é responsável pela avaliação do significado emocional. É aí que estímulos-gatilho disparam seus efeitos"* (LEDOUX, 2001, p. 154).

Isso sugere que a ansiedade prepara o cérebro e o corpo através da produção de neurotransmissores que propiciam decisões, geralmente involuntárias, de luta ou fuga. É que o nosso sistema nervoso é evolutivamente adaptado às condições ambientais respondendo mais ou menos adequadamente aos estímulos para garantir a nossa sobrevivência. Assim, a insuficiência de controle do funcionamento da amígdala pode comprometer as funções cognitivas essenciais para a aprendizagem (atenção e memória), pois o elevado estado de alerta do corpo contra uma ameaça iminente pode bloquear decisões lógicas.

Estudos revelam que a amígdala recebe informações pelas vias: principal, quando os estímulos são primeiramente processados pelo córtex sensorial; e secundária, uma forma da informação chegar à amígdala mais rapidamente, fazendo-a avaliar e reagir a estímulos mesmo antes de tomarmos consciência (LEDOUX, 2001). No entanto, o problema da ansiedade reside na impossibilidade de realização de atividades importantes para o sujeito, levando-o a frustração.

Mas, por que isso ocorre? A Figura 1 representa o funcionamento cerebral em seu estado normal, de homeostase (alerta, segurança e interesse). Arnsten *et al.* (2014) ressaltam que, nesse estado, o córtex pré-frontal regula eficazmente atividades neuronais relativas ao comportamento, pensamento e emoção, de modo que consegue suprimir respostas negativas produzidas pela amígdala. Isso se dá devido à liberação moderada de neurotransmissores pertencentes ao grupo das catecolaminas, e principalmente devido à interação de sistemas noradrenérgicos com receptores alpha-2A, responsáveis pela recaptação de noradrenalina.

Figura 1. Representação das conexões neuronais entre os sistemas de regulação das ações conscientes e das emoções. DA e NE referem-se aos sistemas dopaminérgicos e noradrenérgicos, respectivamente. LC refere-se ao Lócus Cœruleus.



Fonte. Arnsten *et al.* (2014, p. 90).

Como consequência, a regulação desses sistemas permite maior controle do córtex pré-frontal sobre as demais áreas cerebrais. O descompasso desse funcionamento leva o cérebro a um estado de estresse e todas as funções cognitivas podem estar comprometidas, uma vez que o córtex pré-frontal, responsável pela expressão do comportamento, deixa de ter suas funções ativadas em potencial, cedendo espaço para feedbacks negativos provocados pela amígdala.

Com efeito, a ansiedade matemática está atrelada a alterações neurofisiológicas na amígdala. Segundo Artemenko, Daroczy e Nuerk (2015), a necessidade de regulação emocional em alunos com ansiedade matemática faz com que estruturas associadas à emoção respondam imediatamente aos estímulos. Acontece que, muitas vezes, o aluno ansioso foca nas suas preocupações relacionadas à matemática e não na resolução da tarefa em si.

Cabe salientar os esforços dos pesquisadores Lyons e Beilock (2011) que se debruçaram sobre a questão da ansiedade matemática e como ela pode ser minimizada. Para os autores, uma das alternativas é auxiliar o aluno na regulação de suas emoções negativas relacionadas à matemática. Em seu estudo, alunos com alto nível de ansiedade matemática que anteciparam suas emoções negativas, antes mesmo de resolver tarefas matemáticas, tiveram mais motivação e, consequentemente, maior engajamento nas tarefas do que alunos com baixo nível de ansiedade.

Na próxima seção serão apresentadas algumas pesquisas que mobilizaram alternativas para investigar e tentar contornar a ansiedade matemática.

Alternativas para rebaixar os níveis de ansiedade matemática: situação nacional e internacional, exemplos de estratégias e metodologias

Conforme discutido em seções anteriores, a ansiedade matemática é descrita como o sentimento de desconforto e distúrbio que alguns indivíduos experimentam quando estão diante de problemas matemáticos (MUTAWAH, 2015). Carmo e Simionato (2011, p. 319) afirmam que esse tipo de ansiedade é comum entre os estudantes do ensino básico por *"terem maior contato com a disciplina durante o percurso escolar"*. A ansiedade matemática nesse caso é inversamente proporcional ao desempenho satisfatório das Tarefas[2] dentro da sala de aula.

Com isso, os trabalhos investigados nessa seção estão pautados na apresentação de alternativas para diminuir os problemas causados pela ansiedade matemática no que se refere às questões de aprendizagem.

Esta seção traz alguns trabalhos que discutem a ansiedade matemática, bem como se essas pesquisas relacionam estratégias e/ou metodologias de ensino que amenizam esse fenômeno. Os crivos utilizados nos buscadores basearam-se em trabalhos acadêmicos de qualquer natureza, com as palavras-chave "Educação Matemática" e "Ansiedade Matemática", no âmbito nacional e internacional. Recorreu-seu à base Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), considerando-se intervalo temporal indeterminado

Foram selecionados 09 trabalhos nacionais e 08 internacionais, onde a análise está indexada na temática central do trabalho e as estratégias apresentadas. O Quadro 1 mostra os trabalhos selecionados em caráter nacional:

2 Escrita com caixa alta para relacionar com o conceito de Tarefa na Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard (ver Almouloud, 2005).

Quadro 1. Trabalhos nacionais sobre Ansiedade Matemática

Nome	Autor	Ano	Estratégia ou Metodologia apresentada
Ansiedade relacionada à matemática e diferenças de gênero: uma análise da literatura	Carmo e Ferraz	2012	Revisão bibliográfica
Reversão de Ansiedade à Matemática: alguns dados da literatura.	Carmo e Simionato	2012	Rearranjos no ambiente de estudo, procedimento de ensino individualizado (bases comportamentais)
Intervenção neuropsicológica para manejo da ansiedade matemática e desenvolvimento de estratégias metacognitivas	Barbosa	2015	Técnicas Cognitivo-comportamentais (habilidades linguísticas, visuoespaciais e numéricas)
Heterogeneidade cognitiva nas dificuldades de aprendizagem da matemática: mecanismos específicos e gerais	Salvador	2015	Categorizar perfis de alunos no que tange habilidades visuoespaciais, memória de trabalho e habilidades numéricas, relacionando com a ansiedade matemática.
Um estudo sobre sentimentos aversivos no campo da Educação Matemática	Travassos	2018	Apenas investigação com questionários sobre a Ansiedade Matemática
Contribuição de mutações expansivas no gene FMR1 e de polimorfismos nos genes COMT e DAT1 para Memória de Trabalho, Dificuldade de aprendizagem da Matemática e ansiedade matemática	Martins	2018	Estudo sobre genes e a Ansiedade Matemática, comparando a ausência de determinados genes e a Síndrome do X-frágil (SXF)
Aprendizagem da Matemática e suas dificuldades: mecanismos genético-moleculares e cognitivos subjacentes	Costa	2018	Estudo comparativo entre pessoas do sexo masculino e feminino e as questões genéticas (ausência ou presença) e cognitivas.
Implicações do Polimorfismo VAL-158MET da CATECOL-O-METIL-TRANSFERASE em diferentes aspectos da cognição numérica	Costa	2014	Estudo comparativo entre ausência e presença de genes envolvendo a Ansiedade Matemática e grupos de controle.
Efeitos de um treinamento adaptativo da memória operacional em crianças da rede pública de ensino da cidade de São Paulo	Piovezana-Dias	2018	Utilização de programa computacional em tarefas matemáticas e estudo comparativo de grupo de controle.

Fonte. Os autores (2022).

Os trabalhos de Martins (2018) e Costa (2014; 2018) possuem uma peculiaridade interessante, pois são pesquisas apresentadas na área da genética. A importância de apresentar tais trabalhos se justifica no que diz respeito ao alcance e consequência da ansiedade matemática em outras áreas do conhecimento. Justifica-se, também, pelo caráter empírico dessas investigações, com estratégias de estudos comparativos com grupos de controle.

As demais pesquisas são das áreas de neurociências, psicologia cognitiva e comportamental. Destaca-se que apenas um trabalho (dissertação), de Travassos (2018), relaciona-se à área do Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Este último não traz em seu bojo metodologias ou estratégias para a amenização da ansiedade matemática, porém, é um trabalho relevante por se tratar de uma investigação in loco sobre alunos que possuem sentimentos aversivos quanto à aprendizagem.

Piovezana-Dias (2018) tem como método intervencionista um software de treinamento de tarefas matemáticas, mais precisamente envolvendo questões de memória operacional. Os grupos receberam diferentes atividades com escalas de ansiedade matemática e estresse infantil. Já no trabalho de Barbosa (2015), as atividades de intervenção foram pautadas em técnicas cognitivo-comportamentais, como percepção visuoespacial, habilidades linguísticas e numéricas.

A pesquisa de Salvador (2015) comunga com essa supracitada anteriormente, por se tratar de categorização de perfis de alunos em relação às habilidades visuoespaciais e numéricas, relacionando ainda com memória de trabalho e ansiedade matemática. Além disso, a pesquisadora usou escores para traçar perfis neuropsicológicos relacionados à Dificuldade de Aprendizagem Matemática (DAM), na resolução de clusters como protocolo diagnóstico.

Os trabalhos de Carmo e Ferraz (2012) e Carmo e Simionato (2012) direcionaram esforços para buscar na literatura, nacional e internacional, trabalhos que falam sobre a temática em questão, trazendo também alternativas metodológicas no ensino, como programas e/ou sequências didáticas, diagnosticando e traçando objetivos para a prevenção e redução da ansiedade matemática.

Nesse momento, faz-se necessário pôr em xeque os trabalhos pesquisados no âmbito internacional. O buscador ou descritor principal da pesquisa foi o termo "math anxiety", com tempo indeterminado. O Quadro 2 mostra as características das pesquisas selecionadas:

Quadro 2. Trabalhos internacionais sobre ansiedade matemática

Nome	Autor	Ano	Estratégia ou metodologia apresentada
Math Anxiety: Personal, Educational and Cognitive Consequences	Ashcraft	2002	Etiologias e tipologias, além do estudo investigativo sobre as consequências da ansiedade matemática.
Strategies for Reducing Math Anxiety in Post-Secondary Students	Iossi	2007	Revisão bibliográfica sobre as estratégias como re-testes, ensino individualizado, educação à distância e classes do mesmo sexo, cursos sobre o tema, dentre outros.
Aspects of Children's mathematics anxiety	Newstead	1998	A autora traz propostas de abordagens dos professores, quando às suas metodologias e posturas diante da classe, bem como questionários aos alunos sobre a Ansiedade Matemática.
Predictors of Math Anxiety and Its Influence on Young Adolescents' Course Enrollment Intentions and Performance in Mathematics	Meece, Wigfield e Eccles	1990	Questionários diagnósticos sobre a Ansiedade Matemática.
Mathematics Anxiety in Secondary School Students	Keow Ng	2012	Estudo investigativo sobre a Ansiedade Matemática, trazendo três questões norteadoras.
Math Anxiety: Causes, Effects, and Preventative Measures	Smith	2004	Traz alternativas como a percepção do professor sobre as respostas corretas, a questão do controle e autoridade, além da avaliação.
The Influence of Mathematics Anxiety in Middle and High School Students Math Achievement.	Mutawah	2015	Questionário acerca da Ansiedade Matemática, trazendo pesquisa bibliográfica sobre a etiologia e tipologia
Learning and teaching toolkit: Maths anxiety	Marshall, Mann, Wilson e Staddon	2017	Os autores trazem uma discussão acerca dos efeitos da Ansiedade Matemática na aprendizagem, do ponto de vista cerebral e em zonas de aprendizagem.

Fonte. Os autores (2022).

Todos os trabalhos selecionados trazem em seus arcabouços questionários do tipo Likert para avaliar escores sobre a ansiedade matemática, com exceção do trabalho de Marshall *et al.* (2017). Vale salientar que este último traz contribuições consideráveis como o impacto da ansiedade matemática na aprendizagem, com as zonas de conforto, de crescimento e de ansiedade, além do ciclo de "evitar" a matemática, mostrando um modelo sobre possíveis causas desse fenômeno.

A pesquisa de Smith (2004) apresenta algumas propostas de abordagem do professor quanto ao ensino, como, por exemplo, a questão do erro (ou de respostas corretas). Como salienta a autora (2004, p. 14), "o professor não deve dizer 'esta é a melhor maneira de se resolver isso' e sim 'esta é apenas uma das maneiras de se resolver isso'". Essa abordagem se faz coerente no que tange a possiblidade de realizar melhor ou pior uma tarefa, sendo uma possível causa de ansiedade.

Do mesmo modo, Newstead (1998) e Iossi (2007) trazem além de questionários para avaliar os níveis de ansiedade dentro de escores pré-determinados, soluções dentro da postura do professor diante do conhecimento a ser ensinado, como a noção de testes reaplicados, que diminuem a ansiedade (IOSSI, 2007). Também há o intuito do ensino individualizado, que pode focar nas dificuldades de cada aluno, onde pode ser indicada a abordagem necessária para superar a ansiedade do discente em questão.

Os trabalhos de Ashcraft (2002) e Mutawah (2015) comentam acerca de etiologias e tipologias diversas da ansiedade matemática. Os questionários se baseiam em pressupostos teóricos iniciais encontrados na literatura. O primeiro traz ainda algumas consequências desse sentimento de aversão no ensino, dentro de questões cognitivas e o segundo faz uma pesquisa de acordo com resultados locais encontrados anteriormente.

Por fim, o trabalho de Keow Ng (2012, p. 1) tem como aporte três perguntas que direcionam o caminho da pesquisa, que são: "1 – Quão ansiosos em relação à matemática estão os alunos do ensino secundário? 2 – O quão significante é a relação entre os escores de realizações matemáticas e os escores de ansiedade matemática dos estudantes? 3 – Quais são algumas das causas da ansiedade matemática nos alunos das escolas secundárias?" Essas perguntas podem ser comungadas às demais investigações, mudando apenas o nível escolar, portanto são essenciais para a condução de tal pesquisa.

Em resumo, as inquirições acerca da ansiedade matemática apontam as estratégias em duas frentes: a postura ou o discurso do professor mediante o conhecimento e a didática que está envolvida com esse. Deve-se conhecer as peculiaridades do conteúdo e também do aluno, isto é, da aprendizagem, como citam Carmo e Ferraz (2012). Além disso, a didática posta em serviço da aprendizagem de forma não aversiva e não autoritária se faz presente nesse contexto.

4. Considerações finais

Em linhas finais, retoma-se que o objetivo principal desse artigo foi descrever uma análise sobre a ansiedade matemática, buscando caracterizar sua definição, etiologia, tipos e níveis, bem como apresentar alguns exemplos de como contorná-la na sala de aula.

Os Quadros 1 e 2 apontaram alguns trabalhos que possibilitam rebaixar os níveis da ansiedade matemática, mas, só na prática poder-se-ia confrontá-los e verificar sua eficácia, considerando o desenvolvimento do aluno e a cultura local.

Por fim, foi demonstrado, por meio da literatura, que tal fenômeno é pessoal e se desenvolve como uma disfunção do sistema límbico, responsável pelo controle de todos os tipos de emoções. Entretanto, os estudos da neurociência cognitiva revelam os bastidores desse descompasso que gera comportamentos não favoráveis à aprendizagem matemática, mas que ainda são poucos conhecidos pelos professores da área e, principalmente, pelos alunos das licenciaturas ainda em formação.

Os autores relacionados no artigo em tela são unânimes em considerar que esse objeto de estudo deve ser mais estudado, dados os prejuízos e sequelas que deixam nas pessoas durante e após suas jornadas acadêmicas.

Resulta igualmente, a importância do papel do professor, enquanto mediador das aprendizagens e influenciador nas atitudes tomadas pelo aluno, nos processos de ensino e aprendizagem. Por último, as estratégias didáticas tomadas constituem um aspecto que reforça ainda mais a importância do professor, não só nas suas práticas, como nas atitudes que apresenta, perante os seus discípulos e os conteúdos que ministra.

REFERÊNCIAS

ARNSTEN, A. F. T. et al. The effects of stress exposure on prefrontal cortex: Translating basic research into successful treatments for post-traumatic stress disorder, Neurobiology of Stress, 1, p. 89-99, 2015.

ARTEMENKO, C.; DAROCZY, G.; NUERK, H-C. Neural correlates of math anxiety – an overview and implications. Front. Psychol., v. 6, n. 1333, p. 1-8, 2015.

ASHCRAFT, M. H. Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. Current Directions in Psychological Science, v. 11, n. 5, p. 181-185, 2002.

BARBOSA, D. C. B. P. Intervenção neuropsicológica para manejo da ansiedade matemática e desenvolvimento de estratégias metacognitivas [manuscrito]. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2015.

BEILOCK, S. L. TEDMED, 2017. Why we choke under pressure - and how to avoid it. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OrB9JBEk1ds. Acesso em 25 de fevereiro de 2019.

CARMO, J. S.; FERRAZ, A. C. T. Ansiedade relacionada à matemática e diferenças de gênero: uma análise da literatura. Psicol. educ. [online], n. 35, p. 53-71, 2012.

CARMO, J. S.; SIMIONATO, A. M. Reversão de Ansiedade à Matemática: alguns dados da literatura. Psicologia em Estudo, Maringá, v. 17, n. 2, p. 317-327, 2012.

CHEVALLARD, Y. Journal du Seminaire TAD/IDD. Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement, 2013. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/journal-tad-idd-2012-2013-5.pdf.

COSTA, A. J. Aprendizagem da matemática e suas dificuldades: mecanismos genético-moleculares e cognitivos subjacentes. Tese (Doutorado em Neurociências) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

COSTA, A. J. Implicações do polimorfismos val-158met da catecol-o-metiltransferase em diferentes aspectos da cognição numérica. Dissertação (Mestrado em Neurociências) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

FONSECA, L. S. Desenvolvimento da Aprendizagem Matemática: relações neurobiológicas esperadas pelo Sistema Nervoso Central. Caminhos da Educação Matemática em Revista, v. 4, n. 1, p. 13-28, 2015.

HOLLAND, J. G.; SKINNER, B. F. A análise do comportamento. 1 ed. São Paulo: E.P.U., 1992.

IOSSI, L. Strategies for reducing math anxiety in postsecondary students. In S. M. Nielsen, M. S. Plakhotnik (Orgs.), Anais da Sixth Annual College of Education Research Conference: Urban and International Education Section (pp. 30-35). Miami: Florida International University, 2007.

KEOW NG, L. Mathematics Anxiety in Secondary School Students. In: J. Dindyal, L. P. Cheng & S. F. Ng (Eds.), Mathematics education: Expanding horizons (Proceedings of the 35th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia). Singapore: MERGA. Mathematics Education Research Group of Australasia, 2012.

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

LENT, R. Neurociência da Mente e do Comportamento. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. Cerebral Cortex, v. 22, n. 9, p. 2102-10, 2011.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. When math hurts: math anxiety predicts pain network activation in anticipation of doing math. PLoS One, v. 7, n. 10, e48076, 2012.

MARSHALL, E.; MANN, V.; WILSON, D.; STADDON, R. Learning and teaching toolkit: Maths anxiety, 2017. Disponível em: https://www.sheffield.ac.uk/polopoly_fs/1.753617!/file/What_is_maths_anxiety.pdf. Acesso em 25 de fevereiro de 2019.

MARTINS, A. A. S. Contribuição de mutações expansivas no gene FMR1 e polimorfismos nos genes COMT e DAT1 para Memória de Trabalho, Dificuldade de aprendizagem da Matemática e Ansiedade Matemática. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2018.

MAZZO, I. M. B.; GONGORA, M. A. N. Controle aversivo do comportamento: das definições operacionais aos subprodutos indesejáveis e desejáveis. In W. C. M. P. Silva (Org.), Sobre comportamento e cognição: reflexões teórico-conceituais e implicações para pesquisa (pp. 42-62). Santo André, SP: ESETec, 2007.

MEECE, J. L.; WIGFIELD, A.; ECCLES, J. S. Predictors of math anxiety and its influence on young adolescents' course enrollment intentions and performance in mathematics. Journal of Educational Psychology, v. 82, n. 1, p. 60-70, 1990.

MUTAWAH, M. A. A. The Influence of Mathematics Anxiety in Middle and High School Students Math Achievement. Published by Canadian Center of Science and Education. International Education Studies, v. 8, n. 11, p. 239-252, 2015.

NEWSTEAD, K. Aspects of children's mathematics anxiety. Educational Studies in Mathematics, v. 36, n. 1, p. 53-71, 1998.

PIOVEZANA-DIAS, A. L. R. P. Efeitos de um treinamento adaptativo da memória operacional em crianças da rede pública de ensino da cidade de São Paulo. Dissertação. (Mestrado em Psicologia do Desenvolvimento e Aprendizagem) - UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2018.

RUBINSTEN, O.; TANNOCK, R. Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. Behav. Brain Funct., v. 6, n. 46, p. 1-13, 2010.

SALVADOR, L. S. Heterogeneidade cognitiva nas dificuldades de aprendizagem de matemática: mecanismos específicos e gerais [manuscrito]. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2015.

SMITH, M. R. Math Anxiety: Causes, Effects, and Preventative Measures. This Senior Honors Thesis is accepted in partial fulfillment of the requirements for graduation from the Honors Program of Liberty University, 2004. Disponível em: https://digitalcommons.liberty.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1263&context=honors. Acesso em 25 de fevereiro de 2019.

SPICER, J. Resources to combat math anxiety. Eisenhower National Clearinghouse. Focus, v. 12, n. 12, 2004.

TOBIAS, S., WEISSBROD, C. Anxiety and mathematics: An update. Harvard Educational Review, 50, p. 63-70, 1980.

TRAVASSOS, C. D. C. Um estudo sobre sentimentos aversivos no campo da Educação Matemática. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba. 2018

27

Caminhos da Educação Matemática em Revista

2022 • Ano XV • V 1 • p. 27 – 35

ISSN 1983-7399

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

Paulo Rogério Miranda Correia, EACH-USP/GPMC[1]

Izabela de Souza, USP/GPMC[2]

Conceitos portais e o modelo da aprendizagem pontuada: um novo caminho para pensar o ensino de Ciências e Matemática

Threshold concepts and the punctuated model of learning: a new approach to think science and mathematics teaching

RESUMO

A percepção de que a aprendizagem é um processo incremental e constante é difundida e informa o planejamento pedagógico das atividades de ensino. Por outro lado, percebemos que os alunos não aprendem dessa forma tão previsível. Os breves momentos de saltos de entendimento são intercalados por longos períodos de estase conceitual, onde nada está aparentemente acontecendo. O obejtivo desse trabalho é introduzir os conceitos portais e o modelo da aprendizagem pontuada como uma forma mais precisa de descrever o processo de aprendizagem, expandindo a linguagem disponível para aprofundar as reflexões existentes sobre esse fenômeno. Uma analogia com a escalada de montanhas será utilizada para facilitar a compreensão dessas ideias teóricas, que revelam a importância do papel mediador do professor (ressonância pedagógica), a perturbação do estado de liminalidade e a "ilusão do especialista", que simplifica os obstáculos de aprendizagem a serem enfrentados pelos alunos. Três implicações pedagógicas principais são destacadas no final do artigo, para mostrar caminhos de aproximação entre a teoria e a prática docente.

Palavras-chaves: Conceitos Portais, Aprendizagem, Avaliação

ABSTRACT

The perception that learning is an incremental and constant process is disseminated and impacts the pedagogical planning of teaching activities. On the other hand, students in classrooms do not learn in a too predictable way. The brief moments of changes in understanding are interspersed with long periods of conceptual stasis, where nothing is apparently happening. This paper aims to introduce threshold concepts and the punctuated model of learning to describe the learning process more accurately, expanding the current language available to delve deeper into this phenomenon. An analogy with mountain climbing will be used to facilitate the understanding of the theoretical inputs, which highlight the critical mediating role of teachers (pedagogic resonance), the disturbance found during the liminal state, and the "expert's illusion" (teacher), who simplifies the learning obstacles to be faced by students. Three key pedagogical implications are presented at the end to show new paths to connect theory and practice.

Keywords: Threshold concepts, Learning, Assessment.

[1]Prof. Dr. da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

[2]Mestranda em Ensino de Ciências (PIEC, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo/USP).

Correspondência:

prmc@usp.br

souza.i@usp.br

Recebido em 21/06/2022

Aprovado em 21/07/2022

Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

1. Introdução

O ensino e a aprendizagem são atividades intimamente relacionadas. A percepção que o professor tem sobre a aprendizagem vai direcionar a forma pela qual ele organiza as atividades de ensino. Por exemplo, a valorização exagerada das avaliações padronizadas, para aferir o entendimento que os estudantes alcançam ao longo das etapas da educação básica, reforça a percepção de que a aprendizagem é um produto (HARLEN E JAMES, 1997; TARAS, 2005; RYAN, 2006). Nesse contexto, é razoável assumir que a avaliação da aprendizagem seja alocada num momento único, após a conclusão do período de ensino.

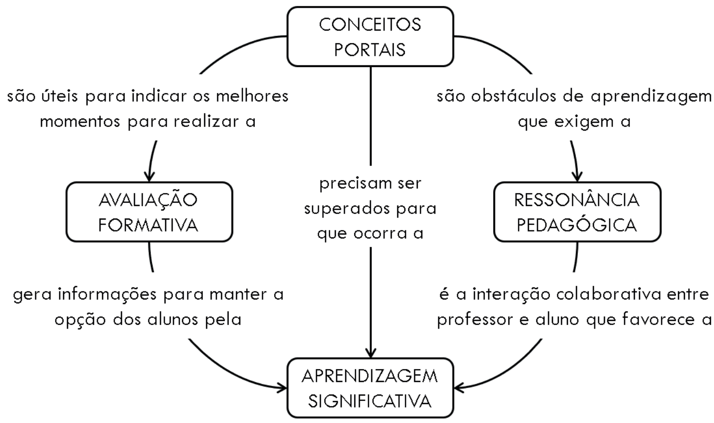
Uma possível explicação para esta percepção é a confusão que existe entre os objetivos das avaliações padronizadas e as atividades de avaliação desenvolvidas pelos professores. No primeiro caso, a avaliação gera subsídios para comparar o desempenho dos sistemas educacionais de estados e/ou países, como no caso do *Programme for International Student Assessment* – PISA (VOLANTE, 2018). No segundo caso, o foco da avaliação é o aluno que está construindo conhecimento durante o processo de ensino (JONASSEN, 1991; RYAN, 2006).

A compreensão de que a aprendizagem é um processo (e não um produto) é essencial para que os professores planejem suas atividades de ensino. Entre elas, devem ser previstos momentos para avaliar a aprendizagem, de forma a produzir informações que auxiliem o professor a identificar os avanços e as dificuldades dos alunos. A ocorrência da ressonância pedagógica, que pode ser considerada como uma "ponte" entre o conhecimento do professor e a aprendizagem do aluno (TRIGWELL E SHALE, 2004), é facilitada quando a avaliação é formativa. Tanto a ressonância pedagógica quanto a avaliação formativa estimulam a opção da aprendizagem significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica (KINCHIN, LYGO-BAKER E HAY, 2008; CORREIA, BALLEGO E NASCIMENTO, 2020).

A aprendizagem significativa pode ser considerada como um processo de construção de significados, por meio das interações entre professor e seus alunos, gerando mudanças nas estruturas de conhecimento que os alunos possuíam previamente (KINCHIN, LYGO-BAKER E HAY, 2008). Mas, nem todas as mudanças são iguais: algumas se destacam por sua intensidade e extensão, alterando a forma pela qual nós entendemos o objeto em estudo (KINCHIN E CORREIA, 2021). Isso acontece, por exemplo, quando nós assimilamos os conceitos portais (MEYER E LAND, 2006). Eles estão presentes em qualquer área do conhecimento e é importante identificar os conceitos portais que existem na matemática e nas disciplinas relacionadas com as ciências naturais.

O objetivo deste artigo é apresentar os conceitos portais para inclui-los na descrição do processo de aprendizagem, expandindo a linguagem disponível para aprofundar as reflexões existentes sobre esse fenômeno. Essa expansão melhora as condições para que os pesquisadores e professores considerem o planejamento do ensino, incluindo os momentos de avaliação da aprendizagem, explorando novas relações que podemos estabelecer a partir dos conceitos portais (Figura 1).

Figura 1. Por que os conceitos portais são importantes para ensinar ciências e matemática? Uma primeira aproximação a partir das principais relações conceituais que envolvem os conceitos portais.

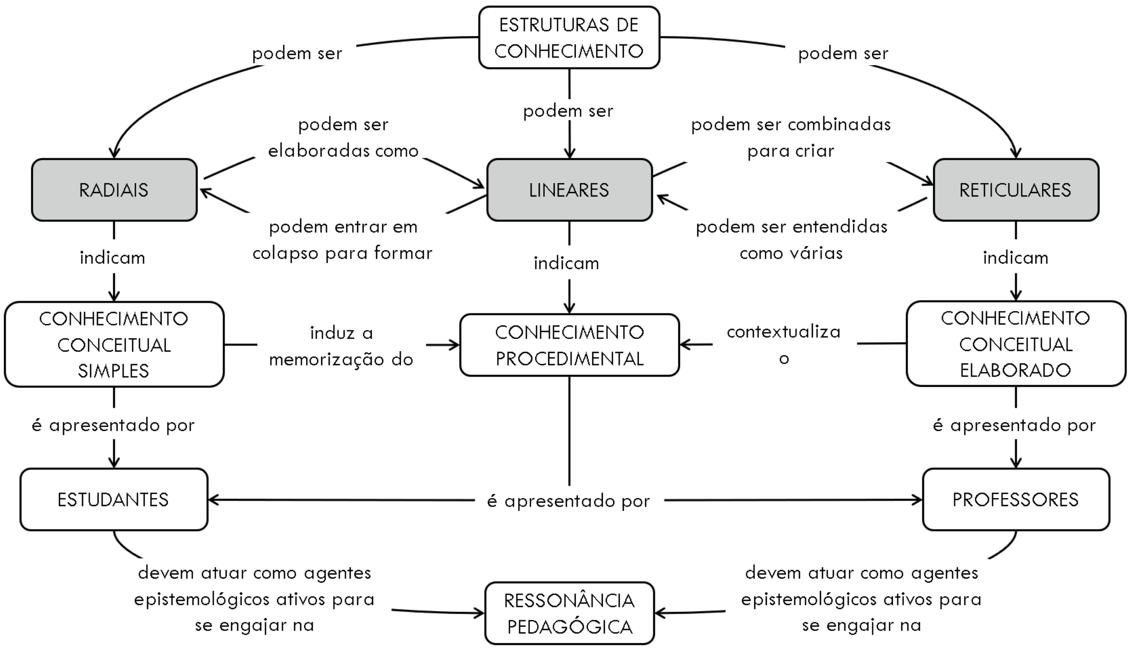


A próxima seção do texto discute as estruturas de conhecimento e as mudanças que podem ocorrer durante o processo de aprendizagem. Em seguida, apresentamos o modelo da aprendizagem pontuada e os conceitos portais para estabelecer uma relação com as profundas mudanças de entendimento sobre o tema em estudo. As implicações pedagógicas encerram o texto para mostrar como professores e pesquisadores da nossa área podem aplicar as ideias teóricas apresentadas envolvendo os conceitos portais.

2. As estruturas de conhecimento

Os conceitos são a matéria-prima para a construção de estruturas de conhecimento. As mudanças que ocorrem durante o processo de aprendizagem podem ser acompanhadas, por exemplo, através de mapas conceituais. Criados por Joseph Novak, os mapas conceituais são diagramas que representam a estrutura proposicional do conhecimento (NOVAK, 2010). Eles são úteis para externalizar e compartilhar o conhecimento na sala de aula, nos grupos de pesquisa e em ambientes corporativos (NOVAK, 2010; NOVAK ET AL., 2011; CORREIA, 2012). A Figura 2 apresenta um mapa conceitual que compara três estruturas de conhecimento. Elas estão associadas a diferentes níveis de compreensão sobre um assunto qualquer, sendo que as estruturas radiais são mais simples do que as estruturas reticulares (KINCHIN, LYGO-BAKER E HAY, 2008).

Figura 2. Mapa conceitual que compara três estruturas de conhecimento diferentes, destacando o papel da ressonância pedagógica entre professores e estudantes.



Ao considerarmos a aprendizagem como um processo de mudanças nas estruturas de conhecimento é necessário ter a ciência de que elas se diferenciam de acordo com o tipo de conhecimento envolvido e dos significados gerados entre os conceitos, podendo ser classificadas em estruturas lineares, radiais e reticulares. (KINCHIN, LYGO-BAKER E HAY 2008).

O conhecimento dos alunos sobre um assunto novo é limitado e superficial, caracterizando uma estrutura radial. Por outro lado, os professores que dominam o assunto possuem estruturas de conhecimento reticulares. Eles conseguem articular os conceitos relevantes de forma a gerar um conhecimento elaborado sobre o assunto, produzindo uma rede com várias interconexões. Comparativamente, a estrutura radial dos alunos não apresenta essas interconexões, justificando a necessidade do processo de ensino mediado pelo professor (KINCHIN E CORREIA, 2021).

As estruturas lineares estão relacionadas com o conhecimento procedimental, que é diferente do conhecimento conceitual. Neste caso, buscamos atingir um objetivo realizando uma sequência de ações ou procedimentos. As estruturas lineares são indicadoras de competência técnica, frequentemente associadas à resolução de exercícios por meio de algoritmos. Ainda que seja importante, o "saber fazer" (prática) não é garantia de aquisição do conhecimento conceitual (teoria). A desconexão entre teoria e prática gera uma lacuna, que é um grande desafio na área de ensino de ciências e matemática. Sua superação depende da aproximação de estruturas radiais/reticulares (conhecimento conceitual) e lineares (conhecimento procedimental), que ocorre por meio de "saltos de aprendizagem". Eles estão associados a alterações significativas do entendimento sobre o tema em estudo, sendo fundamentais para que os alunos desenvolvam estruturas de conhecimento reticulares parecidas com as dos especialistas. Vale a pena destacar que os especialistas conseguem contextualizar o conhecimento procedimental a partir do entendimento conceitual (Figura 2), viabilizando a seleção das melhores ações (algoritmos) para lidar com as necessidades específicas de um dado problema (KINCHIN, LYGO-BAKER E HAY, 2008; KINCHIN, 2010; KINCHIN ET AL., 2011). Já os estudantes enfrentam dificuldades em estabelecer relações entre teoria e prática, e as estruturas de conhecimento permanecem desconectadas.

A mediação do professor durante o processo de aprendizagem deve contribuir para a superação da lacuna existente entre a teoria e a prática (GREENWAY, BUTT E WALTHALL, 2019). Trigwell e Shale (2004) se referem à ressonância pedagógica mencionando a importância da criação colaborativa de significado e a natureza dinâmica do envolvimento do professor com os alunos:

> "É a consciência que é evocada na construção colaborativa de significado com os alunos que define a qualidade da resposta de um professor à situação de ensino. É esta consciência evocada – o envolvimento dinâmico, recíproco e fluido com os alunos – e as ações relacionadas que devemos buscar se quisermos realmente praticar o ensino centrado no aluno. Esta consciência/ação, evocadas e relacionais, é o que chamamos de ressonância pedagógica." (p. 532, tradução nossa)

Professores e alunos devem ser agentes epistemológicos ativos para se engajar na ressonância pedagógica. Essa interação dialógica potencializa a mediação do processo de aprendizagem a partir do conhecimento e experiência do professor, que identifica as melhores formas de apoiar os alunos na construção e reconstrução de significados. Esse processo aproxima os alunos do professor, especialista no tema em estudo, fomentando a construção de estruturas conceituais em rede, bem como a superação da lacuna entre a teoria e a prática (Figura 2).

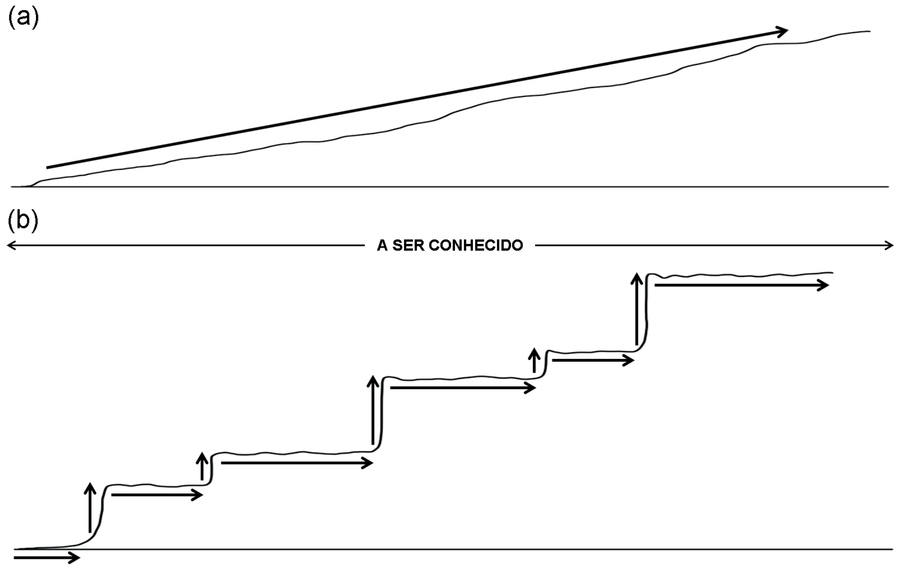
3. A aprendizagem como um processo pontuado

As estruturas de conhecimento se modificam ao longo do processo de aprendizagem e a ideia de que essas mudanças ocorrem de maneira gradual não condiz com o cotidiano observado na sala de aula. Embora faça parte do senso comum acreditar que a aprendizagem seja um processo que ocorre de forma incremental, com progresso contínuo no decorrer do tempo (Figura 3a), isso não condiz com a realidade. Por esse motivo, precisamos de uma outra forma de descrição do processo de aprendizagem.

O Modelo da Aprendizagem Pontuada (Figura 3b) oferece uma descrição alternativa, considerando que o processo de aprendizagem se desenvolve intercalando períodos de estagnação conceitual (estases) e avanços na forma de saltos conceituais. Essa descrição nos aproxima da experiência prática que os professores têm ao observar o progresso dos seus alunos. Tal modelo é útil para refletir como os obstáculos de aprendizagem se relacionam com os sucessivos momentos de estagnação e saltos conceituais (GOULD, 2002; CORREIA E KINCHIN, 2021).

A partir dessa ideia é possível compreender que o processo de aprendizagem não é "constante e tranquilo" como muitos podem imaginar. Esse cenário se torna ainda menos plausível quando os alunos estão empenhados em aprender significativamente, relacionando os novos conhecimentos às estruturas prévias já existentes nas suas estruturas cognitivas. Essa integração é um grande desafio que requer a superação de vários obstáculos antes de alcançar um salto de entendimento sobre o tema em estudo (CORREIA E KINCHIN, 2021).

Figura 3. Duas representações diferentes do processo de aprendizagem: (a) percurso incremental, sempre ascendente (senso comum) e (b) trajetória marcada por elevações abruptas intercaladas por períodos de alterações discretas (modelo da aprendizagem pontuada). Adaptado de Correia & Kinchin (2022).



Os períodos de estase conceitual geralmente ocorrem quando os alunos encontram um obstáculo de aprendizagem. Aparentemente, nenhum deles apresenta evolução no processo de aprendizagem, sugerindo que eles não estão interessados no tema e nas atividades propostas pelo professor. Por outro lado, é possível supor que os alunos estão lidando com os significados já construídos e que, momentaneamente, eles deixaram de fazer sentido. Em outras palavras, o obstáculo de aprendizagem pode gerar incertezas e desânimo, mesmo quando os alunos estão comprometidos com a aprendizagem significativa. Toda essa experiência está no percurso de quem deseja aprender, resultando numa estagnação conceitual que não implica necessariamente em falta de interesse. Embora a estase seja um momento desconfortável, os obstáculos de aprendizagem são oportunidades para a ocorrência de saltos de entendimento, ou seja, grandes e significantes mudanças nas estruturas de conhecimento (MEYER E LAND, 2006; KINCHIN E CORREIA, 2021). Os saltos de entendimento se relacionam como momentos de euforia, quando se percebe a conquista de uma compreensão mais profunda e ampliada do tema em estudo. Todo o desconforto da estase cognitiva é recompensado pelo salto conceitual.

Correia e Kinchin (2021) comparam o processo de aprendizagem a aventura que é uma expedição para escalar uma montanha. Os pontos de parada representam os platôs do processo de aprendizagem (estagnação conceitual), enquanto os avanços representados pelas setas verticais indicam o progresso em direção ao cume da montanha (Figura 3b). A expedição para escalar montanhas (processo de construção de conhecimento) exige:

1. o reconhecimento antecipado do relevo a ser enfrentado,
2. o apoio de guias experientes,
3. os equipamentos apropriados,
4. a segurança dos acampamentos base (pontos de parada) que preparam para a continuidade para a continuidade da subida, e
5. o conhecimento dos obstáculos que representarão os pontos mais altos dessa jornada.

Além de conhecer quais são os obstáculos que oferecem as oportunidades de maiores saltos (mudanças no entendimento), é necessário que o guia (professor) saiba escolher os trajetos mais adequados durante a escalada, selecionando os melhores equipamentos (planejamento do ensino) e compreendendo que os pontos de parada (estase conceitual) são imprescindíveis para que o aluno se prepare para a próxima subida.

Saber quais são os obstáculos de aprendizagem mais relevantes do conteúdo a ser ensinado dá ao professor melhores condições de planejar como o ensino deve ser feito, desde a definição da abordagem metodológica, passado pelas atividades de ensino, atividades de avaliação e mecanismos de mediação dialógica (ressonância pedagógica). É nesse contexto que os conceitos portais se tornam úteis para ampliar descrição do processo de aprendizagem, expandindo a linguagem existente para aprofundar as reflexões comumente feitas sobre esse fenômeno.

4. Os conceitos portais e os saltos de entendimento

Os conceitos portais estão presentes no conhecimento a ser ensinado, ainda que nós não percebamos isso. Eles são responsáveis pelos saltos de entendimento, comparáveis às montanhas mais elevadas da expedição mencionada na seção anterior (Figura 3b). Os conceitos portais apresentam um valor diferenciado em comparação aos demais conceitos, pois eles são obstáculos epistemológicos a serem superados pelos alunos (MEYER E LAND, 2005). Quando isso ocorre, há uma grande reorganização das estruturas de conhecimento, integrando as partes existentes e produzindo uma maior articulação reticular. Como resultado, há um aumento do entendimento conceitual que pode contribuir com a redução da lacuna entre teoria e prática (KINCHIN E CORREIA, 2021).

O papel dos conceitos portais na construção de um entendimento ampliado sobre determinado assunto é descrito por Meyer e Land (2006) da seguinte forma:

> "Um conceito portal representa uma forma transformada de entender, interpretar ou ver algo sem o qual o aluno não pode progredir. Como consequência da compreensão de um conceito portal, pode haver uma transformação da visão interna sobre o assunto, do entendimento sobre o assunto ou mesmo da visão de mundo. […] Tal visão ou transformação pode representar como as pessoas "pensam" em uma determinada disciplina, ou como elas percebem, apreendem ou experimentam fenômenos particulares dentro dessa disciplina (ou de forma mais geral)". (p. 3, tradução nossa)

Meyer e Land (2005, 2006) oferecem as características-chave que diferenciam os conceitos portais dos demais conceitos importantes existentes em qualquer área de conhecimento. Os conceitos de limite provavelmente serão:

1. Integradores: os conceitos portais explicitam inter-relações conceituais que anteriormente estavam ocultas e inacessíveis aos alunos.
2. Transformadores: os conceitos portais geram uma mudança na percepção que o aluno faz sobre o tema em estudo, podendo acarretar numa mudança valores ou atitudes.
3. Irreversíveis: é improvável que a mudança resultante seja esquecida.
4. Delimitados: cada área disciplinar tem seus próprios conceitos portais, o que contribui para a definição de "territórios acadêmicos" (ou disciplinares).
5. Potencialmente problemáticos: os alunos podem ter dificuldade em lidar com a nova perspectiva que é oferecida pelos conceitos portais.

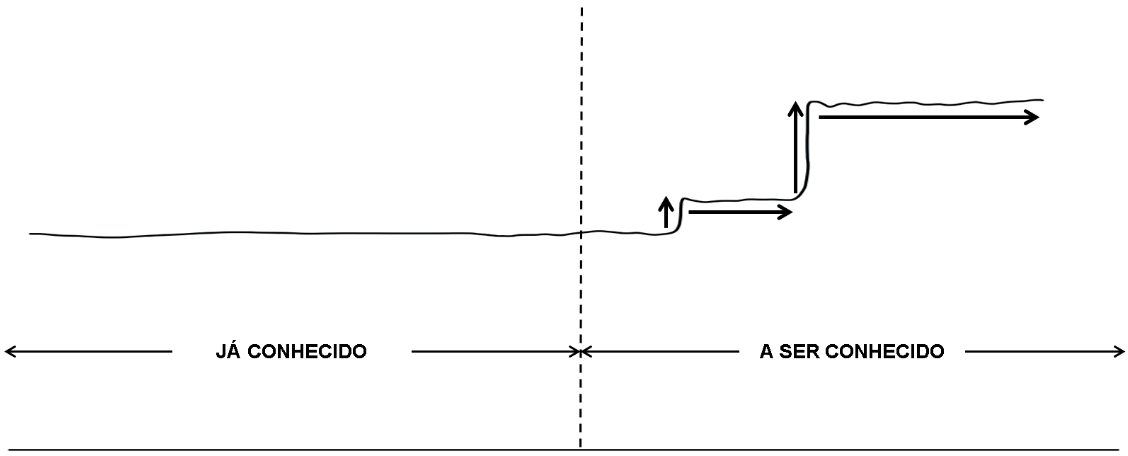
A dificuldade em assimilar os conceitos portais coloca o aluno num estado de liminalidade, ou seja, um estado suspenso em que a compreensão se aproxima de uma espécie de mimetismo ou falta de autenticidade (MEYER E LAND, 2006), ou onde a compreensão parece colapsar. Meyer e Land também desenvolvem o argumento de que assimilar um conceito portal pode ser relacionado como um "rito de passagem" quando os novatos se aproximam dos especialistas:

> "O termo liminalidade (do latim limen, limite ou limiar) caracteriza o estado transicional de espaço ou tempo dentro do qual os rituais são conduzidos. Não deveria ser surpresa que essa noção de "rito de passagem" ressoe fortemente em muitas disciplinas com entrada em suas comunidades de prática". (p. 22)

É interessante notar que os alunos passam por um período de perda repentina de compreensão. Comparar o aprendizado com uma aventura de escalada oferece uma maneira mais realista de representar os desafios que se enfrentam ao tentar construir o conhecimento de maneira não arbitrária, ou seja, por meio da aprendizagem significativa. Nessa aventura, os professores precisam estar cientes da importância da ressonância pedagógica como espaço de negociação de sentidos com os alunos, principalmente quando estão desorientados no estado de liminalidade.

Escalar as montanhas permite ter uma visão diferente da ampla paisagem (terreno conceitual da disciplina). Esta é uma recompensa após todos os esforços para atingir os picos de conhecimento que podem nos transformar. De forma análoga, assimilar (cruzar) um conceito portal, gera uma transformação que muda a maneira como percebemos o terreno conceitual. As montanhas iniciais, que já foram superadas, tornaram-se um terreno plano (Figura 4) porque os obstáculos de aprendizagem superados não são percebidos após cruzarmos os conceitos portais. O poder transformador que eles possuem altera a percepção do terreno conceitual já explorado, fazendo com que ele pareça simples (sem obstáculos de aprendizagem). Isso resulta na "ilusão do especialista", que deixa de perceber as dificuldades em aprender o conteúdo que está sendo ensinado. O terreno já conhecido, que era montanhoso, passou a ser visto como uma planície pouco desafiadora. No entanto, os conceitos portais permanecem no terreno conceitual, esperando por novos alunos que iniciam a expedição pela primeira vez.

Figura 4. A transformação que ocorre quando assimilamos (cruzamos) os conceitos portais modifica a percepção do terreno disciplinar. Essa é a "ilusão do especialista", impedindo que os professores entendam as dificuldades dos alunos com o terreno aparentemente plano ("já conhecido").



Esta situação representa um desafio adicional para os professores que esquecem o que é ser um aluno, sem muitos conhecimentos específicos sobre o tema em estudo (FONTAINE, 2002). A consequência é que as aulas são oferecidas além das capacidades de quem escala as montanhas pela primeira vez, por causa do esquecimento da complexidade conceitual do terreno. A identificação dos principais obstáculos à aprendizagem ajuda o professor a selecionar conteúdos e métodos de ensino adequados a cada momento do processo.

5. Implicações pedagógicas

Três implicações pedagógicas principais diferentes decorrem do que foi apresentado: a valorização do período de estase cognitiva, a necessidade de identificar os conceitos portais e o planejamento para que a avaliação ocorra após os saltos de entendimento.

O Modelo da Aprendizagem Pontuada oferece uma descrição do processo de aprendizagem que é mais próximo daquilo que verificamos na sala de aula. Momentos de estase cognitiva passam a ser compreendidos como um período de preparação para a ocorrência de saltos de entendimento. Em outras palavras, somente com a preparação adequada será possível assimilar (cruzar) os conceitos portais. Tal preparação é desconsiderada pelos professores, que só valorizam as mudanças conceituais mais explícitas. Portanto, uma implicação pedagógica é a valorização dos períodos de estase conceitual, quando os alunos não apresentam sinais exteriores de ampliação do entendimento do tema em estudo.

A identificação dos conceitos portais é importante para que o professor consiga planejar melhor as atividades de ensino. Por outro lado, essa tarefa não é simples por causa da transformação ocorrida quando cruzamos os conceitos portais. A "ilusão do especialista" distorce a percepção do terreno disciplinar, tornando-o mais simples do que ele realmente é. Essa é mais uma implicação pedagógica: é preciso combinar a percepção de diferentes professores para superar a visão simplificada dos conteúdos a serem ensinados. Como consequência, a colaboração é um elemento importante para a identificação dos conceitos portais.

Os saltos de entendimento são raros, mas são os eventos mais facilmente percebidos no ambiente da sala de aula. Conhecendo o relevo do terreno conceitual da disciplina, o professor pode alocar as atividades de avaliação da aprendizagem após a superação das principais montanhas (conceitos portais). Nesse caso, a chance de a avaliação capturar uma mudança relevante no entendimento dos alunos é grande. Como consequência, temos outra implicação pedagógica: evitar que atividades avaliativas consecutivas ocorram durante os longos períodos de estase conceitual.

REFERÊNCIAS

CORREIA, P.R.M. The use of concept maps for knowledge management: from classrooms to research labs. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, 402, 1979–1986. 2012. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5694-8>

CORREIA, P.R.M.; BALLEGO, R.S.; NASCIMENTO, T.S. Os professores podem fazer mapas conceituais? Sim, eles devem!. **Revista de Graduação USP**, 4: 29–39. 2020. <https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v4i1p29-39>

CORREIA, P.R.M.; KINCHIN, I.M. **Pedagogic Resonance and Threshold Concepts to Access the Hidden Complexity of Education for Sustainability**. In: Machado C.; Davim, J.P. (Eds), Higher Education for Sustainable Development Goals, pp. 1–22. Gistrup: River Publishers. 2022.

FONTAINE, S.I. Teaching with the beginner's mind: Notes from my karate journal. **College Composition and Communication**, 54: 208–221. 2002. <https://doi.org/10.2307/1512146>

GOULD, S. J. **The structure of evolutionary theory**. Harvard University Press, 2002

GREENWAY, K.; BUTT, G.; WALTHALL, H. What is a theory-practice gap? An exploration of the concept. **Nurse Education in Practice**, 34: 1–6. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2018.10.005>

HARLEN, W.; JAMES, M. Assessment and Learning: differences and relationships between formative and summative assessment. **Assessment in Education: Principles, Policy & Practice**, 4, 365–379. 1997. < https://doi.org/10.1080/0969594970040304 >

JONASSEN, D.H. Evaluating Constructivistic Learning. **Educational Technology**, 31, 28–33. 1991. <http://www.jstor.org/stable/44401696>

KINCHIN, I.M. Solving Cordelia's Dilemma: threshold concepts within a punctuated model of learning. **Journal of Biological Education**, 44, 53–57. 2010. <https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656194>

KINCHIN, I.M.; CABOT, L.B.; KOBUS, M.; WOOLFORD, M. Threshold concepts in dental education. **European Journal of Dental Education**, 15, 210–215. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0579.2010.00660.x>

KINCHIN, I.M.; CORREIA, P.R.M. Visualizing the Complexity of Knowledges to Support the Professional Development of University Teaching. **Knowledge**, 1, 52–60. 2021. <https://doi.org/10.3390/knowledge1010006>

KINCHIN, I.M.; LYGO-BAKER, S.; HAY, D.B. Universities as centres of non-learning. **Studies in Higher Education**, 33, 89–103. 2008. <https://doi.org/10.1080/03075070701794858>

MEYER, J.H.F.; LAND, R. Threshold concepts and troublesome knowledge (2): epistemological considerations and a conceptual framework for teaching and learning. **Higher Education**, 49: 373–388. 2005. <https://doi.org/10.1007/s10734-

004-6779-5>

MEYER, J.H.F.; LAND, R. Threshold concepts and troublesome knowledge: Issues of liminality. In: **Overcoming barriers to student understanding**. Routledge, 2006.

NOVAK, J.D. **Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. New York: Routledge. 2010.

NOVAK, J.D.; HOFFMAN, R.R.; MOON, B.; CAÑAS, A.J. **Applied Concept Mapping: Capturing, Analyzing, and Organizing Knowledge**. Boca Raton: CRC Press. 2011.

RYAN, T.G. Performance Assessment: Critics, Criticism, and Controversy. **International Journal of Testing**, 6, 97–104. 2006. < https://doi.org/10.1207/s15327574ijt0601_6>

TARAS, M. Assessment – summative and formative – some theoretical reflections. **British Journal of Educational Studies**, 53, 466–478. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8527.2005.00307.x>

TRIGWELL, K.; SHALE, S. Student learning and the scholarship of university teaching. **Studies in Higher Education**, 29: 523–536. 2004. <https://doi.org/10.1080/0307507042000236407>

VOLANTE, L. **The PISA Effect on Global Educational Governance**. New York: Routledge. 2018.

Caminhos da Educação Matemática em Revista

2022 • Ano XV • V 1 • p. 36 – 46

ISSN 1983-7399

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

Momentos de estudo no contexto dos números e operações

Study moments in the context of numbers and operations

Edmo Fernandes Carvalho, UFOB/PPGE[1]
Marcos André Teles Luna Oliveira, UFOB/PPGE[2]
Laerte Fonseca, IFS/PPGECIMA-UFS[2]

1 Doutor e Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/BA, UEFS/BA); Mestre em Educação (UFS); Licenciado em Matemática (UCSAL); Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE); Professor Adjunto da área de Educação Matemática – Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB, Barreiras, Bahia/Brasil) e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino – PPGE/ UFOB e PROFMAT/ UFOB.

2 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino – PPGE/ UFOB. Licenciado em Matemática, Universidade do estado da Bahia – UNEB. Professor de Matemática da Educação Básica da rede municipal de Barreiras/BA.

[3]Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Maiami, Flórida/EUA); Pós-Doutorado em Educación Lingüística y Literaria y de Didáctica de las CCEE y de la Matemática, Universidade de Barcelona/UB, Espanha; Pós-Doutorado em E-learning, Universidade Fernando de Pessoa/UFP, Porto/Portugal; Pós-Doutorado em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutorado em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutorando em Psicologia Cognitiva, Universidad de Buenos Aires/AR; Doutor em Educação Matemática (UNIAN/SP, UCB/Lyon 1- FR); Mestre em Educação (UFS); Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFS); Licenciado em Matemática (UFS); Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE); Neuropsicólogo (UNIFESP/SP); Terapeuta Cognitivo-Comportamental (PUC-RS); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

Correspondência:

edmo.carvalho@ufob.edu.br

marcos.o1292@ufob.edu.br

laerte.fonseca@ifs.edu.br

Recebido em 26/06/2022

Aprovado em 26/07/2022

RESUMO

No presente artigo discutimos a noção de momentos de estudo proposta por Chevallard como ferramenta teórica para analisar episódios de uma aula, sobre expressões numéricas, realizada em uma classe do Ensino Fundamental. Desse modo, objetivamos a partir da narrativa de uma aula, caracterizar os seus momentos de estudo, destacando o trabalho sobre a técnica e o discurso que a justifica, na tentativa de evidenciar como esses dois momentos se desassociam nas práticas institucionais. Este artigo resulta de uma investigação de natureza qualitativa, em que buscamos a compreensão dos efeitos de fenômenos didáticos por meio das praxeologias matemáticas construídas em uma aula de Matemática. Dessa forma, apontamos nesse estudo, possíveis causas para que não sejam alcançadas as condições de indissociabilidade dos momentos supracitados nas práticas escolares.

Palavras-chaves: Momentos de estudo, Praxeologias matemáticas, Expressões numéricas.

ABSTRACT

In the present article we discuss the notion of study moments proposed by Chevallard as a theoretical tool to analyze episodes of a class, on numerical expressions, carried out in an Elementary School class. Thus, from the narrative of a class, we aim to characterize its moments of study, highlighting the work on the technique and the discourse that justifies it, in an attempt to show how these two moments are disassociated in institutional practices. This article results from an investigation of a qualitative nature, in which we seek to understand the effects of didactic phenomena through mathematical praxeologies constructed in a Mathematics class. Thus, in this study, we point out possible causes for not achieving the conditions of inseparability of the aforementioned moments in school practices.

Keywords: Moments of study, Mathematical praxeologies, Numerical expressions.

1.Introdução

Mesmo se tratando do processo de ensino e de aprendizagem no domínio dos números e operações, considerado, por vezes, algo simples e natural para se aprender, ainda é possível identificarmos, por exemplo, nas avaliações de larga escala realizadas no Brasil, que existem lacunas também na aprendizagem de saberes no supracitado domínio matemático.

A despeito dessas lacunas, apresentamos um elemento que mapeia com suas devidas considerações o que foi aprendido pelo estudante e, por consequência, o que foi ensinado pelos professores. Conforme o último relatório de resultados do Sistema de Avaliação da Educação Básica - SAEB do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais – INEP, o desempenho dos estudantes que participaram da referida avaliação, na edição 2019, foi de 263, situando-se no nível 3 da escala de proficiência, que vai até o nível 9. Isso mostra, mesmo com tendência de crescimento desde 2013, que ainda está aquém do esperado para esse ciclo de ensino, haja vista, indicar que nesse nível os estudantes no contexto dos números e operações conseguirem além do que é previsto nos níveis 1 e 2, determinar uma fração irredutível, dada uma fração equivalente; determinar soma, diferença, produto ou quociente de números inteiros em situações-problema. Localizar o valor que representa um número inteiro positivo numa reta numérica; além de resolver problemas envolvendo grandezas diretamente proporcionais com números inteiros (BRASIL, 2021).

Posto o ponto de partida de nossa discussão neste artigo, precisamos contextualizá-lo teoricamente. A discussão que empreendemos aqui está alicerçada no marco teórico da Didática da Matemática, especificamente amparada na Teoria Antropológica do Didático (CHEVALLARD, 1999), à qual nos referiremos a partir daqui por TAD.

Um momento de estudo é compreendido neste artigo como aquele que institucionalmente, uma pessoa (ou grupo de pessoas) assume a postura de estudar Matemática com uma certa regularidade nessas posturas (CHEVALLARD, BOSCH, GASCON, 2001). Do ponto de vista institucional, esses momentos de estudo contam com a coordenação do professor que vai cooperar com o aluno na vivência dos diferentes momentos nas aulas de Matemática.

Em outro estudo, anterior ao citado acima, Chevallard (1999) diz que na elaboração de uma organização didática qualquer que seja o caminho de estudo seguido, pode-se constatar determinados tipos de situações que estão sempre presentes, de maneira variável, ao que ele denominou momentos didáticos ou de estudo.

De posse dessa noção de momentos de estudo, sob a lente da TAD, nosso foco será a identificação dos momentos de estudo, tomando por base episódios de uma aula na qual o professor da classe ensina o objeto do conhecimento Expressões Numéricas. De modo mais particular ainda, analisaremos com maior atenção a possível existência nessa aula de dois desses momentos de estudo, a saber: o do trabalho sobre a técnica de resolução de tarefas, que abordam o tema expressões numéricas; e o tecnológico-teórico ou do discurso de justificação das técnicas utilizadas.

A busca da identificação desses dois momentos didáticos se deve ao reconhecimento de um fenômeno didático, o qual tem sido abordado em nossas investigações, desde o ano de 2014. Tal fenômeno denominamos de Incompletude da Atividade Matemática Institucional – IAMI, e sua noção foi extraída das proposições de Chevallard (1999), a respeito da necessidade de indissociabilidade dos momentos didáticos do trabalho sobre a técnica e tecnológico-teórico. Dessa forma, ao trabalharmos na análise de episódios da referida aula, identificando os momentos a partir das ações dos sujeitos, atores da aula, e de detalhes narrados do ponto de vista do observador, também, damos continuidade à caracterização do fenômeno IAMI de forma mais precisa. Essas análises são complementadas com a confrontação dos dados extraídos da narrativa da aula considerando o que está prescrito para o ensino do saber que integra o eixo Números e Operações nos Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática – PCN (BRASIL, 1998) e Unidade Temática Números na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018).

A abordagem metodológica desse estudo é de natureza qualitativa (CRESWELL, 2007), pois é indispensável compreender as praxeologias matemáticas dos atores daquela aula. Quanto aos métodos utilizados, Chevallard (2015), denomina a referida abordagem de Praxeologias de Pesquisa em Didática. Nessa, o foco está na tentativa de estudar as praxeologias matemáticas em instituições para o ensino de saberes matemáticos, configurando dentre outras coisas as condições alcançadas e as restrições para o desenvolvimento da atividade matemática dos sujeitos. Na prática, a praxeologia de pesquisa adotada, consistiu em analisar os momentos de estudo a partir de um protocolo de aula de Matemática, cujo tema abordado foi Expressões Numéricas.

2. Orientações curriculares para o ensino de números e operações

Nesta seção, trataremos das prescrições para o ensino e aprendizagem dos saberes do eixo números e operações. Não destacaremos os aspectos algébricos para nos atermos especificamente ao tema da aula que será analisada em uma seção posterior.

Analisaremos os Parâmetros Curriculares Nacionais de Matemática do terceiro e quarto ciclos e a Base Nacional Comum Curricular, que a partir de agora chamaremos respectivamente de PCN e BNCC. Cabe salientar que para efeito de comparação e identificação de alterações na forma de pensar o ensino dos objetos do conhecimento, justifica a análise dos dois documentos, compreendidos nesse artigo como complementares.

Dito isso, os PCN's destacam em seus princípios norteadores, que: "a atividade matemática escolar não é olhar para coisas prontas e definitivas, mas a construção e a apropriação de um conhecimento pelo aluno, que se servirá dele para compreender e transformar sua realidade" (BRASIL, 1998, p. 56).

Ora um trabalho como este indicado nos PCN's passa por uma mudança de paradigma educacional, que tem sido objeto de algumas discussões em educação. No contexto da Didática da Matemática (Epistemologia Experimental), temos falado de reconstrução de praxeologias matemáticas e que desponta como uma necessidade no processo de ensino e, consequentemente, da aprendizagem seja qual for o eixo ou domínio matemático.

Dessa maneira, manipular os números e as operações, vai além do que tem sido noticiado como prática dominante nas instituições de ensino. Vemos indícios de que uma manipulação de coisas prontas (uso de ferramentas matemáticas sem reflexão da prática matemática) caracteriza o que temos denominado de incompletude da atividade matemática institucional (FARIAS, CARVALHO, TEIXEIRA, 2019).

Os PCN's indicam a necessidade de práticas ancoradas na ampliação dos significados, que corroborando nossa argumentação a ser apresentada na análise das narrativas de uma aula acerca do tema expressões numéricas. Nesse caso, aponta para a necessidade de indissociabilidade entre os momentos didáticos principal ponto de nossa discussão.

> Assim, é fundamental que os alunos ampliem os significados que possuem acerca dos números e das operações, busquem relações existentes entre eles, aprimorem a capacidade de análise e de tomada de decisões, que começam a se manifestar. (...) Com isso criam-se condições para que o aluno perceba que a atividade matemática estimula o interesse, a curiosidade, o espírito de investigação e o desenvolvimento da capacidade para resolver problemas (BRASIL, 1998, p. 63).

Quanto à atividade matemática mencionada nesse documento de referência nacional, fazemos uma correlação com a atividade matemática institucional, denominação utilizada nas investigações em Didática da Matemática.

Recomenda-se, ainda, nos PCN's que:

> (...) o ensino de Matemática deve visar ao desenvolvimento: Do pensamento numérico, por meio da exploração de situações de aprendizagem que levem o aluno a: * ampliar e construir novos significados para os números naturais, inteiros e racionais a partir de sua utilização no contexto social e da análise de alguns problemas históricos que motivaram sua construção. (BRASIL, 1998, p. 64).

Além disso, esse ensino deve objetivar a resolução de problemas, a identificação e interpretação de diferentes representações dos números, relacionando-os aos contextos matemáticos e não matemáticos, bem como selecionar procedimentos de cálculos em função do tipo de situação--problema.

A BNCC, por sua vez, apresenta um conjunto de ideias fundamentais que parece ampliar o entendimento sobre o ensino dos objetos do saber se comparado aos PCN's. Todas as ideias fundamentais podem de certa maneira se relacionar com o domínio numérico, que nesse documento normativo é chamado de unidade temática, Números. A título de exemplificação, a base apresenta a possibilidade de trabalhar com a ideia, proporcionalidade, na abordagem das operações aritméticas básicas com números naturais, bem como no trabalho com os números racionais na forma fracionária. São possibilidades que sinalizam o potencial das ideias fundamentais sem esgotar o assunto, indicando o que pode ser previsto e ampliado na elaboração dos currículos a critério das redes de ensino.

São cinco as unidades temáticas que a partir da indicação de competências e habilidades propõem-se dar conta de um significativo rol de saberes matemáticos estudados e difundidos ao longo da história da humanidade. A unidade temática Números, que é o que nos interessa, tem como finalidade desenvolver o pensamento numérico. Isso implica em oportunizar o conhecimento de diferentes maneiras de quantificar atributos, objetos; julgar e interpretar argumentos baseados em quantidades (BRASIL, 2018).

Assim, no processo de reconhecimento da noção de número, os estudantes necessitam desenvolver outras ideias tais como: aproximação, proporcionalidade, equivalência e ordem, que *são fundamentais à construção e desenvolvimento do pensamento matemático* (BRASIL, 2018. Grifo nosso).

Não é demais destacar, que as situações apresentadas nas aulas precisam mostrar a razão de ser do objeto do conhecimento, ou seja, deve ter significado para a pessoa que estuda. A esse respeito, há uma indicação explicita de resolução de problemas no que concerne ao estudo dos números e suas operações com diferentes significados.

Nesse aspecto, devemos retomar uma ideia basilar do PCN que é a de elaboração dos problemas em complemento ao processo de resolução, isto é, no contexto da análise aqui realizada, se um fragmento de episódio da aula no contexto numérico, o professor estimula a elaboração de problemas para além da resolução, tomaremos essa ação docente como um elemento essencial que revela o momento de estudo tecnológico--teórico, que assim sendo, estaria num nível de abordagem diferente da simples exposição das teorias matemáticas, para na sequência estimular o saber-fazer a partir de exercícios de fixação do objeto do conhecimento.

Cumpre-nos, ainda, salientar que as unidades temáticas devem conectar-se em situações que produzam significados para os objetos dos conhecimentos estudados. Um exemplo dessas possibilidades de conexões matemáticas é apresentado pela pesquisadora Jo Boaler da Stanford University, em seus trabalhos no campo da Educação Matemática e Neurociência Cognitiva, especialmente com as seis chaves de aprendizagem. No Youcubed, ela divulga os trabalhos realizados de forma empírica, bem como disponibiliza artigos, vídeos, dentre outros materiais que podem colaborar com o propósito de sanar algumas das dificuldades dos estudantes no estudo de objetos matemáticos, tal como a desistência de enfrentar situações em que se depararam com algum tipo de erro.

O erro segundo Boaler (2018) causam disparos no cérebro contribuindo com seu crescimento. Desse modo, os erros são oportunidades de aprendizagem quando os estudantes o reconhecem e indicam os momentos em que o cérebro cresce.

Além disso, a ideia fundamental dos trabalhos de Boaler, é que as pessoas que têm bom desempenho em matemática, conseguem este feito por realizarem conexões. Do ponto de vista da Epistemologia experimental, isso extrapola o trabalho do estudante, dependerá muito das situações que os professores constroem e ofertam em sala de aula.

Pode-se estabelecer conexões matemáticas[1] no ensino ou estudo dos números, por exemplo, relacionado a situações em que a proporcionalidade seja a ideia fundamental. Assim, materia-

1 Mais detalhes do exemplo citado pode ser visto em https://www.youcubed.org/pt-br/resources/tour-das-conexoes-matematicas/

lizando o que já foi mencionado anteriormente nesse artigo, ao se estudar frações, as conexões podem ser estabelecidas por meio do uso de diferentes representações ou objetos ostensivos, que são aqueles que nos permite acessar os objetos matemáticos normalmente abstratos e sem materialidade intrínseca. Os números fracionários podem ser representados numericamente pelas frações, por polígonos associando-se ao conceito de parte de um todo ou expressadas em gráficos de funções lineares, ou ainda na relação entre medidas de lados de triângulos retângulos que podem ser enxergados nos gráficos das funções lineares, e essa forma de trabalhar pode por sua vez ser uma ferramenta de transição da Aritmética para a Álgebra. Não desenvolveremos a discussão dessas conexões aqui por não ser este nosso objeto.

Embora seja algo complexo, sintetizar o que constitui o pensamento numérico, o que não propomos neste artigo, entendemos que na base da constituição desse pensamento devamos incluir o processo de indissociabilidade do trabalho sobre as técnicas (ferramentas matemáticas para resolução de tarefas) e do discurso que justifique tais técnicas. É nessa perspectiva que discorremos nas próximas seções as análises dos momentos didáticos nas narrativas de uma aula.

Ademais, não podemos realizar as análises supramencionadas sem identificarmos de forma específica o que de fato os PCN's orientam para ser ensinado no terceiro ciclo do ensino fundamental, onde se situa o ano escolar, cujas práticas são narradas e que constam no protocolo dessa investigação. Dessa forma, para o estudo dos objetos do conhecimento no eixo números e operações, é fundamental que sejam propostas situações-problema que revelem a razão de ser ao estudo do objeto em jogo, e que possibilitem o desenvolvimento do sentido numérico e significados das operações com tais números (BRASIL, 1998).

Essas situações de que trata o parágrafo anterior, irão, no nosso entendimento, caracterizar posturas ou gestos de estudos que integrarão os momentos de trabalho sobre a técnica e tecnológico-teórico. Assim, podemos apontá-las como mobilizadoras do processo de mitigação da incompletude da atividade matemática institucional, no nível do estudo de conceitos e procedimentos matemáticos.

No entanto, os PCN's advertem que o estudo desses números não deve restringir-se apenas aos aspectos mencionados anteriormente, *mas incorporar outras situações informais* (grifo nosso), que possibilitem os estudantes compreenderem as bases das regras de cálculo com os inteiros pela observação de regularidades e aplicação das propriedades das operações com os números naturais (BRASIL, 1998), o que estaria de algum modo a indicar um dado grau de compreensão do discurso que justifique as técnicas utilizadas para resolução dos cálculos.

Inferimos, também, que isso deve contribuir de forma efetiva com a estimulação e aperfeiçoamento dos procedimentos de cálculos aritméticos, o que ainda segundo os PCN's (BRASIL, 1998), pode ser desenvolvido de forma exata e/ou aproximada, convencional e não convencional, com ou sem mediação de mídias digitais e outros recursos tecnológicos. Indicam, também, que o importante é a superação da prática de memorização de regras, de algoritmos e de procedimentos mecânicos que terminam limitando as praxeologias matemáticas desses estudantes.

3. Momentos de estudo no processo de ensino e aprendizagem de expressões numéricas

Nossa atenção a partir dessa seção volta-se aos dados contidos no protocolo da aula sobre expressões numéricas, realizada em uma classe de sexto ano do ensino fundamental. Pelos diálogos entre professor e estudantes, confrontaremos o vivenciado com o esperado institucionalmente, discussão esta que é realizada na perspectiva dos momentos de estudo ou didáticos (CHEVALLARD, 2002).

Apresentamos, assim sendo, um modelo de análise de praxeologias didáticas e matemáticas, denominado modelo de momentos de estudo, que consiste em examinar os momentos de estudo e técnicas de implementação utilizadas, elucidando tanto quanto possível a construção da técnica pertinente a uma tarefa e o ambiente tecnológico-teórico que a justifica (CHEVALLARD, 2002), o que já antecipamos ser referente ao fenômeno didático da incompletude da atividade matemática institucional, no contexto do estudo dos conceitos e uso de ferramentas matemáticas.

Por meio da análise de alguns episódios (trechos da aula) tentamos elucidar os seguintes momentos de estudo: o primeiro encontro ou reencontro com uma organização matemática pontual, o momento exploratório, o momento tecnológico-teórico, o momento de institucionalização e o de avaliação, que podem não surgir na aula transcritos nessa mesma ordem, nem mesmo aparecer todos esses momentos, o que não quer dizer que eles não existam naquela prática institucional descrita naquele fragmento, apesar de não ficarem evidentes por essa narrativa.

Segundo Chevallard (2002), tais momentos do estudo participam da análise de um processo modelado pelo esquema hebartiano e permitem destacar o caminho a partir do qual uma resposta com selo institucional $R^{\heartsuit}$ é produzida.

$$(S(X, Y, Q) \rightarrow M) \rightarrow R^{\heartsuit}$$

Vale ressaltar que no referido esquema, onde X é um estudante ou um grupo deles, ou ainda quem deseja estudar, Y quem ensina e essa posição no referido sistema pode não ser ocupada (estudo autônomo de um ou grupo de estudantes) e Q uma questão diretriz do estudo ou uma obra que possibilite o encontro de pessoas com uma determinada organização matemática - OM, os momentos de estudo estão na transição do tripleto S (X, Y, Q) ao meio M e à resposta $R^{\heartsuit}$.

Ademais, tão importante quanto destacar as repostas produzidas num determinado meio é compreender o que leva X a estudar, Y a ajudar nesse processo de estudo e o que constitui o meio M que viabiliza o estudo de uma obra (matemática no contexto dessa aula).

Não há necessidade de apresentar os momentos de estudo na aula, conforme foram os momentos citados acima, mas acreditamos que essa escolha torna a discussão dos dados mais simples para os leitores menos experientes nos estudos com a TAD. Dessa maneira, identificamos primeiro o momento de encontro dos estudantes com a OM proposta pelo professor regente da classe.

Entre dois e três minutos da aula, o professor após passar algumas orientações para a classe, realiza a leitura de um problema que estava estampado num cartaz com algumas outras informações. Consideramos este o primeiro momento que apresentamos acima, o de encontro com uma organização matemática pontual (OMP), isto porque foi nesse momento que a turma e o professor se debruçaram sobre a leitura para posterior resolução da tarefa proposta, como segue abaixo:

Professor: Um aluno foi a essa papelaria e comprou três cartolinas, uma cola, uma tesoura, quatro lápis, uma régua e oito folhas de ofício. Sabendo que esse aluno pagou a conta com uma nota de 20 reais, quanto...quanto ele recebeu de troco? (Leitura do problema que estamos chamando de OMP).

De imediato os estudantes ao terem esse primeiro encontro com a OMP descrita acima, responderam em coro que o troco era cinquenta centavos, o que ocorreu na forma interrogativa. Mas observamos que mesmo no enunciado do problema faltam informações, que constam no cartaz afixado pelo professor em uma das paredes da sala, próxima ao quadro.

Estudantes: Cinquenta centavos? (Resposta em coro dos estudantes aos 3:27 minutos)

A referida resposta não dá indícios do momento de trabalho sobre a técnica, que muito nos interessa para efeito da análise do fenômeno didático da incompletude da atividade matemática institucional no contexto da compreensão desse saber. Somente quando os estudantes sob mediação do professor partem para tentativa de resolução colocando os conhecimentos adquiridos antes da ocorrência dessa aula, utilizando ferramentas matemáticas que constituem seus repertórios, que vamos considerar como o momento de trabalho da técnica.

Ao analisarmos o protocolo da aula (narrativa da aula), pretendemos identificar se esse momento de trabalho sobre a técnica existiu nas práticas institucionais (nessa aula). Pelo fragmento a seguir:

Quadro 1 – Episódio de trabalho sobre a técnica

79	*12:05 a 15:14*	*Professor*	*Os cálculos colocados aqui, eu imagino que Dalila tenha... colocou aqui é 55 + 55 + 55 é referente a... em Dalila? 3 cartolina não é?*	*Professor aponta para o cartaz onde está a quantidade de cartolina a ser comprada.*
80	*12:14 a 12 :15*	*E6*	*É.*	*Vídeo não mostra a aluna (Dalila)*
81	*12:06 a 12:27*	*Professor*	*Depois ela colocou aqui estas 3 cartolinas, mas não colocou sinal, eu vou colocar em preto é uma adição.... aqui de preto. Eu vou colocar deve ser mais, adição.* *Mais, ela fez aqui deve ser adição.*	*Professor coloca o sinal de adição na operação*
82	*12:28 a 12:44*	*Professor*	*5 + 5 + 5, 15 vai 1. 5 + 5 + 5 e 1 16, aí ela lançou uma vírgula aqui, não sei como, querendo dizer que as 3 cartolinas vale 1 e 65.*	*Professor efetua a operação no quadro.*
83	*12:45 a 12:56*	*Professor*	*Aqui ela realizou nova soma, também vou colocar o sinal de mais. 5 + ela colocou zero, 10 vai 1.*	*Professor coloca o sinal da adição na operação.*
84	*12:57 a 13 :00*	*Professor*	*Também vou colocar o sinal de mais.* *José dos Reis nem Marcelino estão olhando para cá.*	*Professor ao se voltar para os alunos, percebe a distração dos dois alunos*

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O protagonismo no momento didático deduzido do quadro acima é do professor, visto que este ator é quem desenvolve no quadro uma resolução, a ser seguida como modelo pelos estudantes. As ferramentas matemáticas são pela narrativa desenvolvida pelos alunos, no entanto, não conseguimos por tal descrição identificar como foi o trabalho dos discentes.

Quadro 2 – Resolução de tarefa pelo professor

86	*13:04 a 13:20*	*Professor*	*...com 1 que foi mais seis, sete mais 2 nove.* *5, 14 com mais 4 dezoito, com mais 4 22 vai 2.. ....* *não foi Dalila?*	*Professor se volta para a aluna e faz a pergunta.*
87	*13:20 a 13:35*	*Professor*	*1 + 1 dois e 3 cinco e dois 7 com mais 2 que foi, nove. Mostra que... a compra que o aluno fez foi quanto?*	*Professor olhando para a turma, mostra a relação de material contida no problema.*
88	*13:36 a 13:39*	*Professor*	*Esse montante que ela colocou aqui é de 20. Aqui ó*	*Professor demonstra no quadro, uma mão com o piloto no quadro e a outra mão com o dedo indicador para os alunos*

89	*13 :40 a 13:43*	*Professor*	*E o que ela deu para pagar a conta.*	*Professor se volta para a aluna e faz a pergunta*
90	*13 :44 a 13:49*	*Professor*	*E aqui, ela fez o que? Uma subtração não foi Dalila?*	*Professor se volta para a aluna e faz a pergunta*
91	*13:50 a 13:53*	*Professor*	*Ela fez a subtração dos 20(vinte) e tirou nove e vinte e ficou com quanto?*	*Professor demonstra a operação no quadro.*
92	*13:53 a 13:56*	*E11*	*Dalila responde dez e oitenta*	*A aluna responde, mas não aparece no vídeo*

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A técnica concreta utilizada por esses atores (alunos e professor), representada por t pode ser escrita:

R$ 20,00 (quantia inicial que um aluno levou a papelaria) menos R$ 9,20 (somatório dos valores dos objetos comprados) é igual a R$ 10,80.

$$20 - 9{,}20 = 10{,}80$$

Vale ressaltar que como na parte inicial do protocolo não são descritos os valores contidos no cartaz, temos apenas a soma dos objetos comprados pelo aluno, o que não revela o algoritmo do objeto trabalhado nessa aula, a expressão numérica.

Talvez seja um equívoco dizermos que o momento do quadro 1 é um trabalho de organização matemática (da técnica), diante do referido protagonismo docente nesse episódio, caberia considerarmos que o ato de o professor tomar para si a responsabilidade de apresentar uma técnica e sobre ela realizar algumas formalizações, caracterizaria o momento de institucionalização. Por outro lado, os gestos do docente podem corresponder, enquanto este realizou a tarefa no quadro, com a participação dos alunos, questionando as ferramentas matemáticas, o momento de exploração da tarefa (de emergência da técnica).

Observa-se que o referido momento de exploração ou emergência da técnica, pela frieza dos dados contidos no protocolo de aula, parece ser uma tentativa de forçar o surgimento de técnicas distintas no desenvolvimento da aula. E, em última análise, poderia também parecer uma tentativa ingênua de mostrar que todos os momentos teorizados por Chevallard (2002) se manifestam em qualquer aula de matemática. Tal ideia equivocada é rapidamente desconstruída, quando pensamos numa aula de Matemática em que o docente deteve seu trabalho durante os cinquenta ou mais minutos de aula os fundamentos teóricos do saber matemático em jogo.

Esse momento de institucionalização é na definição de Chevallard (2002), um momento em que o estudante tem que corrigir suas estratégias. Visto que é um gesto de estudo de suma importância, para que não sejam cristalizadas nas praxeologias matemáticas ferramentas inconsistentes do ponto de vista da epistemologia geral da Matemática. Foi o que parece ter ocorrido quando o professor põe em teste as estratégias utilizadas pelos estudantes fazendo registros no quadro.

Vemos indícios desse momento de institucionalização, estimulado pelo professor nos trechos que seguem:

Quadro 3 – Diálogo sobre outra estratégia de resolução do problema.

114	*15:19 a 15:21*	*Professor*	*Mas eu vou fazer também de outra maneira.*	*Professor apaga o quadro*
115	*15:22 a 15:29*	*Professor*	*Veja como eu poderia fazer, e eu acho que já fizeram algo parecido.* *Veja, o que você fez, tá certo viu Dalila.*	*Continua a ação anterior.*
116	*15:30 a 15:32*	*Professor*	*Muito bem, mas poderia ser feito assim, observe.*	*Professor se dirige ao cartaz.*
117	*15:33 a 15:48*	*Professor*	*Um aluno foi a papelaria... como nos já vimos todos esses dados, e comprou 3 cartolinas, 1 cola, 1 tesoura, 4 lápis, 1 régua e 3 folhas de ofício. Sabendo que este aluno pagou a conta com uma nota de R$ 20,00, quanto ele recebeu de troco?*	*Professor ler o problema no cartaz.*
118	*15:49 a 15:51*	*Professor*	*Nós poderíamos escrever dessa forma aqui também...*	*Professor se dirige ao quadro*

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A correção/discussão do problema mostrado nos quadros 2 e 3, são segundo Chevallard (2002) em certa medida tanto do momento de institucionalização, o que para nós parece ser o mais evidente, quanto do momento do trabalho da organização matemática, desde que o exercício seja corrigido, momento em que vemos materializada a técnica. E a última fala do professor, no quadro 3, pode exemplificar a existência do momento de trabalho da técnica, ainda que sua presença no protocolo da aula aqui discutido tenha sido tímida.

Ao perguntar o que vale ou o que foi construído frente à tarefa proposta, o aluno apresenta gesto de estudo condizente com o momento de avaliação (CHEVALLARD, 2002). O professor insere no meio didático outra tarefa, agora denominando-a de expressão numérica, que pode conduzir o estudante a gestos pertinentes ao momento didático, como pode ser visto no quadro 4. No entanto, não surge em nenhum dos trechos subsequentes, indícios de que os estudantes tenham refletido sobre o que ficou das técnicas das propriedades desse objeto em estudo.

Esses diferentes momentos didáticos discutidos aqui, ainda que tenhamos tentado apresentar, estabelecendo certa ordem, possivelmente ocorrerão, assim como ocorreram nesse episódio de aula, de forma arbitrária, isso porque segundo Chevallard (2002) são em primeiro lugar uma realidade funcional dos gestos de estudo e não uma realidade cronológica.

Assim, a construção do momento tecnológico-teórico, como já discutimos, se confunde agora com o momento cronológico, em que o professor apresenta propriedades matemáticas para resolução do problema dado, explicitando-o por meio de uma expressão numérica, em que não temos a clara representação até que seja apresentada aos alunos uma nova tarefa (OMP). Ou seja, quando abordado pelo professor na forma de ferramentas matemáticas teóricas para resolução de situações matemáticas, didáticas ou problema não implica num processo de construção, mas em um ritual didático que restringirá a atividade matemática institucional tanto docente como discente.

Efetivamente, do estudo sobre momentos didáticos no contexto dos números aqui apresentado brevemente, observamos os seguintes aspectos: não há necessidade de sustentar uma suposta hierarquização dos momentos de estudo, mesmo considerando que é preciso partir do primeiro encontro dos estudantes com uma determinada Organização Matemática Pontual. O referido modelo, viabiliza o professor enxergar o papel fundamental das tarefas, pois é em torno delas que os momentos se materializarão na organização didática proposta pelo professor.

A exploração das tarefas é um momento que pode servir de forma complementar para as análises de processos de geração de tarefas a partir da identificação de praxeologias como o trabalho feito com os episódios de aula. Assim poderia associar o momento de exploração das técnicas com a utilização do modelo T4TEL (CHAACHOUA, 2020).

O trabalho da técnica pode concentrar-se nas mãos do docente, em decorrência do tipo de tarefa proposta, ou da forma como explora o momento tecnológico-teórico.

O momento de avaliação, que é imbricado ao da institucionalização, também dependerá da forma como o professor compreende seu papel numa aula, o que significa dizer que poderão todos os momentos mencionados aqui aparecerem num determinado episódio de aula, mas na sua essência terem equívocos do ponto de vista das suas funções no desenvolvimento de uma organização didática.

Os momentos de estudo, são ainda uma forma de explicitar elementos das praxeologias matemáticas, nos aproximando assim, do modelo de análise praxeológica. No entanto não utilizamos a referida análise neste artigo, por considerar que extrapolaria a intenção de explicitar a urgência dos momentos didáticos.

4. Considerações finais

Da análise realizada sobre os episódios que constituíram a aula acerca do tema Expressões Numéricas, tomando a noção de momentos didáticos, com foco em dois deles, o técnico-prático e o tecnológico-teórico, destacamos uma lacuna no que tange à análise que realizamos em torno do fenômeno da incompletude da atividade matemática institucional nas aulas pautadas nos objetos da unidade temática Números e Operações, a saber, a ausência de solidariedade epistemológica entre os dois momentos essenciais na abordagem do objeto do saber em jogo. Essa solidariedade epistêmica é segundo Yves Chevallard, uma exigência didática, chave na busca da indissociabilidade entre o saber-fazer e o saber/logos.

Outro relevante apontamento que podemos destacar da análise dos episódios da aula sobre Expressões Numéricas, é a concentração no *topos* (papel) do professor ao conduzir ou mediar a aula, revelando quase que o único responsável pelo desenvolvimento do momento de estudo tecnológico-teórico ou do saber/logos, ao menos no contexto analisado, ao menos no contexto analisado. Isso nos parece ser uma restrição institucional importante, pois limita o *topos* do estudante a contemplador de um monumento matemático, materializando o que Chevallard chamou de monumentalismo do saber, numa analogia que ele fez entre saberes matemáticos e objetos de um museu. Esse fenômeno, amplamente divulgado nos trabalhos que apresentam resultados de investigação em didática da Matemática, quando manifestado nas práticas escolares, restringe a autonomia esperada dos estudantes, no sentido de ser corresponsável pelos gestos de estudo necessários para sua aprendizagem.

Do ponto de vista teórico-metodológico, concebemos os momentos de estudo como ferramenta de análise de episódios de aula, que podem materializar os elementos de uma aula, e que adicionalmente servem de complemento ao método de observação em classe. É amplamente utilizada, quando a investigação se classifica como uma Engenharia didática clássica (ARTIGUE, 1988) ou alguma derivada dela.

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions, v. 9.3, 281-308, 1988.

BOALER, J. **Mentalidades matemáticas**: estimulando o potencial dos estudantes por meio da matemática criativa, das mensagens inspiradoras e do ensino inovador. Tradução: Daniel Bueno; revisão técnica: Fernando Amaral Carnaúba, Isabele Veronese, Patrícia Cândido. – Porto Alegre: Penso, 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Matemática / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anisio Teixeira. **Relat**ório de resultados do Saeb 2019: volume 1 : 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e séries finais do Ensino Médio [recurso eletrônico]. Brasília, DF : Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2021. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2019/resultados/relatorio_de_resultados_do_saeb_2019_volume_1.pdf >. Acesso em 10 mar. 2022.

CHAACHOUA, H. T4TEL: Un cadre de référence pour la formalisation et l'extension du modèle praxéologique. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v.22n. 4, pp. 103-118, 2020. Disponível em : https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/49182. Acesso em 15 de fev. 2022.

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCON, J. **Estudar Matemáticas**: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa**: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FARIAS, L. M. S.; CARVALHO, E. F. Da Engenharia Didática ao Percurso de Estudo e Pesquisa: o caso das frações no 6º ano. In: Claudinei de Camargo Sant´Ana Irani Parolin Santana Rosemeire dos Santos Amaral. (Org.). **Ações colaborativas e cooperativas em educação**: entre História, Ensino e Formação de Professores. 1ed.São Carlos: Pedro & João Editores, 2016, v. 1, p. 125-152.

FARIAS, L. M. S.; CARVALHO, E. F.; TEIXEIRA, B. F. O trabalho com funções à luz da incompletude do trabalho institucional: uma análise teórica. **Educação Matemática**

Pesquisa, v. 20, n. 3, jan. 2019. ISSN 1983-3156. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/40112>. Acesso em: 20 fev. 2022. doi:

https://doi.org/10.23925/1983-3156.2018v20i3p97

Caminhos da Educação Matemática em Revista

2022 • Ano XV • V 1 • p. 47 – 61

ISSN 1983-7399

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

Lucas de Paulo Lameu, PPGECIMA-UFS [1]

Laerte Fonseca, IFS/PPGECIMA-UFS[2]

Aprendizagem do conceito dualidade onda-partícula no prisma da Neurociência Cognitiva: os princípios dos mecanismos atencionais como sustentáculo para compreensão da natureza dual da luz

Approaching the wave-particle duality concept in the prism of Cognitive Neuroscience: the principles of attentional mechanisms as a support for understanding the dual nature of light

1 Pós-doutor pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Sergipe (UFS), doutor em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), mestre em Ensino de Ciências e graduado em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

1Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Maiami, Flórida/EUA); Pós-Doutorado em Educación Lingüística y Literaria y de Didáctica de las CCEE y de la Matemática, Universidade de Barcelona/UB, Espanha; Pós-Doutorado em E-learning, Universidade Fernando de Pessoa/UFP, Porto/Portugal; Pós-Doutorado em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutorado em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutorando em Psicologia Cognitiva, Universidad de Buenos Aires/AR; Doutor em Educação Matemática (UNIAN/SP, UCB/Lyon 1- FR); Mestre em Educação (UFS); Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFS); Licenciado em Matemática (UFS); Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE); Neuropsicólogo (UNIFESP/SP); Terapeuta Cognitivo-Comportamental (PUC-RS); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

Correspondência:

prof.dr.lucasdepaulolameu@gmail.com

laerte.fonseca@ifs.edu.br

Recebido em 01/12/2021

Aprovado em 03/03/2022

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o fenômeno de aprendizagem do conceito de dualidade onda-partícula, com viés teórico no funcionamento dos principais mecanismos atencionais (STERNBERG, 2010; COSENZA; GUERRA, 2011; EYSENCK; KEANE, 2017), e a proposta de construção e de análise de uma sequência de ensino teórica alicerçada nas bases dos principais estudiosos da atenção seletiva. A habilidade atencional ou atenção seletiva é um dos pilares da aprendizagem. Para os professores, compreender isso é importante porque o seu maior desafio é encontrar uma maneira primordial de capturar a atenção dos alunos, de maneira que estes reconheçam no conteúdo a ser estudado, o que é importante, que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável. Como resultados iniciais da pesquisa do estágio de pós-doutorado observamos que os mecanismos bottom-up e top-down podem ser trabalhados de forma que o foco dos alunos sejam ajustados ao foco que o professor está apresentando, criando um vínculo e engajamento, no processo de aprendizagem. O uso de estímulos variados pode ativar tais mecanismos de forma a tornar o Ensino de Física mais interessante.

Palavras-chaves: Neurociência Cognitiva, Atenção seletiva, Ensino de Física.

ABSTRACT

This work aims to analyze the phenomenon of learning the concept of wave-particle duality, with a theoretical bias in the functioning of the main attentional mechanisms (STERNBERG, 2010; COSENZA; GUERRA, 2011; EYSENCK; KEANE, 2017), and the construction proposal and analysis of a sequence of theoretical teaching based on the foundations of the main scholars of selective attention. Attentional skill or selective attention is one of the pillars of learning. For teachers, understanding this is important because their biggest challenge is to find a primary way to capture students' attention, so that they recognize in the content to be studied, which is important, that it has connections with what is already known, that meets expectations or that is stimulating and enjoyable. As initial results of the research of the postdoctoral internship, we observed that the bottom-up and top-down mechanisms can be worked so that the focus of the students is adjusted to the focus that the teacher is presenting, creating a bond and engagement, in the process of learning. The use of varied stimuli can activate such mechanisms in order to make Physics Teaching more interesting.

Keywords: Cognitive Neuroscience, Selective Attention, Physics Teaching.

Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

1. Introdução

Este trabalho adveio de uma proposta que surgiu a partir de discussões no grupo de pesquisa Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Neurocognitivo da Aprendizagem Matemática (IFS) – neuroMATH, especificamente sobre as contribuições da Neurociência Cognitiva e a atenção seletiva para a aprendizagem de Ciências e Matemática. Tivemos como objetivo, a análise do fenômeno de aprendizagem do conceito de dualidade onda-partícula, com viés teórico no funcionamento dos principais mecanismos atencionais (STERNBERG, 2010; COSENZA; GUERRA, 2011; EYSENCK; KEANE, 2017), e a proposta de construção e de análise de uma sequência de ensino teórica alicerçada nas bases dos principais estudiosos da atenção seletiva, em especial, na Teoria da Busca Guiada.

A justificativa da escolha do conceito de dualidade onda-partícula vem da importância da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica. O ato de cair uma lápis de uma carteira, o movimento de uma motocicleta numa rodovia, a translação da Terra ao redor do Sol, o funcionamento e produção de energia em larga escala, o lançamento de um satélite, entre tantos outros exemplos, são fenômenos e situações que podem ser explicados pela Física, sobremaneira, pelo ensino da Física Clássica. Além disso, o grande avanço tecnológico, nas últimas décadas, das áreas da Física Médica, da Nanotecnologia, da Astronomia, da Engenharia, por exemplo, também podem se relacionar com o estudo da Física. Numa divisão histórica para o desenvolvimento dessa Ciência, há a Física Clássica que é composta pela Mecânica Newtoniana, pela Termodinâmica e pelo Eletromagnetismo Clássico de Maxwell, que vai até o final do século XIX, e a Física Moderna que é estabelecida entre o final do século XIX até a década de 40 do século XX. A Física Contemporânea corresponde à física desenvolvida aproximadamente entre a década de 40 até os dias atuais (OSTERMANN, 1999).

A FMC abrange especificamente: Física de Partículas, Cosmologia, Dualidade Onda-partícula, Efeito Fotoelétrico, Átomo de Bohr, Radioatividade, Raio-X, Fissão e Fusão Nucleares, Partículas Elementares e Leis de Conservação, Laser, Isolantes, Semicondutores, Condutores e Supercondutores, bem como suas tecnologias. Ostermann e Moreira (2000) já destacavam há duas décadas, uma tendência nacional e internacional, para atualização dos currículos de Física no Ensino Médio. Como uma forma de atingir esse objetivo, há uma gama de trabalhos que visam essa proposta: Cavalcante e Tavolaro (2002); Rezende e Ostermann (2004); Cavalcante, Tavolaro e Haag (2005); Siqueira e Pietrocola (2010); Melhorato e Nicoli (2012); Silva e Assis (2012); Dominguini, Maximiano e Cardoso (2012); Nóbrega e Mackedanz (2013); e Musiau *et al.* (2017).

Portanto, há uma necessidade de atualização do currículo de Física do Ensino Médio, ainda mais com a implementação das diretrizes da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), para as Ciências da Natureza, que espera, por exemplo, que se garanta ao aluno, habilidades para analisar tanto fenômenos naturais quanto tecnológicos, baseando-se nas interações e relações entre matéria e energia, de forma a aperfeiçoar processos de produção que minimizem impactos socioambientais, melhorando a vida em âmbito local, regional e global. Isso pode ser feito, dentre outras propostas, por meio da inserção de tópicos de FMC, dentre elas, a introdução e noção de estudo de fenômeno de aprendizagem de dualidade onda-partícula. Nas novas diretrizes curriculares, enfatiza-se a necessidade de aproximação do aluno com novas tecnologias, além da reflexão e compreensão atuais sobre fenômenos como a interação da radiação com a matéria, o que pode ser propiciado pelo estudo desses tópicos (PARANHOS, 2008; BRASIL, 2018).

Além disso, há outras justificativas para a inserção da FMC na Educação Básica, uma vez que ela apresenta tópicos que podem despertar a curiosidade dos estudantes e estabelecer o contato dos mesmos com as ideias revolucionárias que mudaram totalmente a Ciência do século XX (OSTERMANN, MOREIRA, 1998), além de permitir a compreensão de aparelhos e artefatos atuais e fenômenos cotidianos (TERRAZAN, 1992).

Especificamente sobre a Dualidade Onda-partícula da luz, no contexto do desenvolvimento da Teoria Quântica, é essencial compreendermos que as teorias relacionadas à natureza da luz, evoluíram a partir de uma teoria corpuscular que explicam leis básicas da óptica geométrica, à teoria ondulatória, que pode explicar fenômenos, como a interferência e a difração da luz. No entanto, as teorias do Efeito Fotoelétrico e do Efeito Compton passaram a apontar algumas características corpusculares da luz (fótons como "partículas de luz") (NUSSENZVEIG, 1998). Compreender esses fenômenos são essenciais para compreender a natureza da luz. Como apontam Lima, Cavalcanti e Ostermann (2021), esse tema possui uma relevância do ponto de vista conceitual e tem um papel central no entendimento da teoria contemporânea, além, do debate histórico do início do século XX. Além disso, esse tema tem sido objeto de interesse de diversos trabalhos voltados ao Ensino de Física (BROCKINGTON, 2005; PAULO *et al.*, 2005; MEGGIOLARO, 2012; ARAÚJO, 2018; ANJOS, 2019; SANTOS, 2020).

No entanto, mesmo existindo diversas justificativas para a introdução da FMC, que inclui também o estudo da Dualidade Onda-Partícula, no Ensino Médio, há pouquíssimos trabalhos que objetivam analisar a aprendizagem desse fenômeno sob a ótica da Neurociência Cognitiva. O uso de estratégias de ensino distintas e eficazes é precípuo para o processo de aprendizagem de fenômenos naturais. Dessa maneira, é importante discorrermos sobre como se dá a aprendizagem da dualidade onda-partícula, uma vez que nossa lente investigativa está nas possibilidades da aprendizagem do referido tema. Para isso, lançamos mão do referencial teórico associado aos conhecimentos pertencentes ao campo da Neurociência Cognitiva e da Psicologia Cognitiva, uma vez que as mesmas podem contribuir com o entendimento dos processos de aprendizagem no campo da educação.

Embora o cérebro tem sido estudado há anos, desde a filosofia grega, a melhor compressão desta importante estrutura do corpo humano se deu com advento da Neurociência, por volta da década de 1970, quando ela se estabeleceu como um campo autônomo investigação. Com a manutenção do cérebro no foco principal dos estudos, ela acabou abrangendo outras áreas do conhecimento como as ciências exatas e humanas, que inclui a educação, fortalecidas pela sua divulgação científica em massa por diversos veículos de comunicação. Com pesquisas atuais, observou-se que o encéfalo humano é composto por uma rede de bilhões de células nervosas individuais, os neurônios, interconectadas em sistemas, os circuitos ou redes neurais, que constroem a percepção do que temos do mundo externo, que fixam a atenção e que controlam as ações humanas (LENT, 2010; KANDEL, *et al.*, 2014).

O diálogo entre o campo educacional e a Neurociência já tem sido apresentado no campo acadêmico. Como destacam Thomas, Ansari e Knowland (2019), embora cada nicho investigativo tenha seu próprio objeto de análise, há a Neurociência Educacional, um campo de pesquisa interdisciplinar, que visa traduzir os resultados de pesquisa relacionados aos mecanismos neurais de aprendizagem para a prática da educação. Nesta perspectiva, a título de ilustração, Eda *et al.* (2008) exploram um instrumento muito utilizado em pesquisas neurocientíficas, a espectroscopia funcional de luz próxima ao infravermelho (fNIRS), em crianças que resolviam problemas matemáticos.

Usando a mesma técnica do fNIRS, Brockington *et al.* (2018) apresentam três experimentos em estudos de caso, explorando o fenômeno da atenção. Num deles, a atenção de quatro alunos de graduação durante uma palestra foi monitorada. Eles observaram que a atenção sustentada dos alunos sobressaiu mais no primeiro quarto de aula de meia hora. Diante disto, os autores destacam a hipótese de que os professores deveriam ajudar os alunos e alunas a manterem a atenção por um período de tempo mais prolongado.

Cosenza e Guerra (2011) salientam que, como a educação tem como objetivo o desenvolvimento de novos conhecimentos ou comportamentos, num processo mediado pela aprendizagem, e como tais comportamentos dependem do cérebro, portanto a aquisição deles também resulta de processos presentes no cérebro do aluno e da aluna, ou seja, a aprendizagem ocorre no cérebro. Eles afirmam que as estratégias pedagógicas que visam o processo ensino-aprendizagem associadas às experiências de vida, promovem o processo conhecido como neuroplasticidade, que compreende a modificação da estrutura cerebral do aprendiz, levando a novos comportamentos que foram adquiridos ao longo do processo de aprendizagem.

O cérebro humano engloba trilhões de sinapses que conectam bilhões de células responsáveis pelo processamento da infinidade de informações que o ser humano recebe sem interrupção. Apesar disso, ele não tem capacidade de examinar todas as informações concomitantemente, por isso ele é provido de mecanismos que selecionam as informações mais importantes durante o chamado fenômeno da atenção. Através dele, o cérebro é capaz de focar em momentos determinados e dispensar outras informações. Desta forma, ele apresenta uma motivação inerente para aprender, mas só aprende realmente o que é significante para ele.

Diante desse contexto, a melhor maneira de apresentar um conteúdo para os alunos e alunas é levando-os a perceber a sua importância. Quem ensina precisa se perguntar sobre o porquê de estar ensinando determinado conteúdo e qual a melhor forma de fazê-lo, de modo a torná-lo significante. Informações que sejam estimulantes e agradáveis têm mais chances de ser significativas para os alunos e alunas. Um ambiente com essas características pode ser criado propiciando atividades que envolvam os estudantes e as estudantes de forma ativa. Dessa forma, o manejo do ambiente é de grande importância, sendo necessário flexibilizar recursos didáticos e minimizar elementos distratores (COSENZA; GUERRA, 2011).

Como o campo de investigação da Neurociência é vasto, que engloba o estudo de diversos mecanismos, tais como as funções cognitivas: sensação, emoção, percepção, memória, aprendizagem, inteligência e atenção, neste trabalho, fazemos um recorte ao focarmos no funcionamento dos mecanismos atencionais e na sua importância para aprendizagem. Em suma, a habilidade atencional ou atenção seletiva é um dos pilares da aprendizagem. Como ressalta Fonseca (2013), no ambiente escolar, dificuldades voltadas à atenção são bastante comuns. A atenção engloba tanto uma organização interna quanto externa de estímulos que por sua vez são essenciais para aprendizagem, porque sem ela as mensagens sensoriais até são recebidas, mas não integradas. Metaforicamente, a atenção seria:

> […] uma janela aberta para o mundo, na qual dispomos de uma lanterna que utilizamos para iluminar os aspectos que mais nos interessam […]. É preciso lembrar que essa lanterna ilumina também nossos processos interiores quando focalizamos nossos pensamentos, resolvemos problemas ou tomamos decisões conscientes (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 42).

Compreender isso é importante para os professores em formação inicial e continuada porque o seu maior desafio é encontrar uma maneira primordial de capturar a atenção dos alunos e alunas, de maneira que estes reconheçam no conteúdo a ser estudado, o que é importante, que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável.

Visto que a atenção serve como sustentáculo para a aprendizagem, a área de Ensino de Física tem passado por discussões sobre como tornar a aprendizagem de conceitos de físicos de forma que faça sentido para os alunos e as alunas de educação de base, buscando apenas uma formação científica, mas também visando a formação integral do aluno e da aluna, ainda mais com o advento da nova configuração dos currículos conforme a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018) e a sua implementação nas escolas, sob o nome de Novo Ensino Médio, conforme a Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2017), ampliando o tempo mínimo do estudante e da estudante na escola de 800 horas para 1000 horas.

Nesta perspectiva, a formação geral básica do Ensino Médio passou a integrar ainda mais as áreas do conhecimento, inclusive as Ciências da Natureza, que engloba a Física, a Biologia e a Química, associando-as aos itinerários formativos que visam a formação integral do aluno e da aluna, por meio de componentes curriculares, como, por exemplo: Projeto de Vida; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Tecnologias e Inovação; e Introdução ao Mundo do Trabalho.

Portanto, é essencial que as aulas de Física possam ir além da apresentação de conceitos, visando despertar o interesse dos discentes e das discentes, de forma contextualizada e integrada com a realidade, promovendo uma formação integral e facilitando a compreensão do mundo que os cerca.

Diante desse contexto, o problema de pesquisa que guia este trabalho é: como os princípios dos mecanismos atencionais, sobretudo da atenção seletiva, podem subsidiar a compreensão do processo de aprendizagem do comportamento dual da luz?

Para responder a essa questão deste trabalho, temos como objetivo geral propor e analisar o fenômeno de aprendizagem do conceito de dualidade onda-partícula, tendo como sustentáculo a base teórica do funcionamento dos principais mecanismos atencionais, por meio da elaboração de uma sequência de ensino teórica, alicerçada nos pilares dos principais estudiosos da atenção seletiva. Como um recorte, neste trabalho, apresentamos somente a discussão teórica sobre a atenção dentro do viés neurocientífico e apresentamos sucintamente a metodologia realizada dentro do estágio pós-doutoral.

2. Teorias da aprendizagem à Neurociência Cognitiva

A compreensão do fenômeno da aprendizagem tem sido objeto de estudo da Psicologia Cognitiva, há séculos, e esta visa estudar como as pessoas aprendem, percebem, lembram e pensam sobre alguma informação (STERNBERG, 2010). Esta ciência possui origens na Filosofia e na Fisiologia. E dentre das tradições filosóficas mais importantes, podemos destacar o Racionalismo e o Empirismo que são abordagens diferentes para o estudo da mente. O primeiro diz, assim como um de seus principais representantes, o francês René Descartes, que o caminho para o conhecimento vem por meio da análise lógica, enquanto que o segundo, assim como seu principal representante, o inglês John Locke, salienta que o conhecimento vem por meio da observação e da experiência.

Por outro lado, também é importante destacarmos as origens psicológicas da Psicologia Cognitiva. Segundo Sternberg (2010), as primeiras dialéticas presentes na história da Psicologia foi entre o Estruturalismo e o Funcionalismo, que de uma simplificada se traduzem como escolas de pensamentos da Psicologia, nas quais buscavam entender, respectivamente, a estrutura e elementos da configuração da mente e suas percepções, e os processos do pensamento, no sentido de compreender o que as pessoas fazem e o porquê disso. No entanto, naturalmente, o Funcionalismo foi transicionando para o Pragmatismo que acreditavam que o conhecimento só poderia ser validado por meio de sua utilidade, ou seja, o que se pode fazer com isto? Nesse processo de transição, há dois principais representantes e que são lembrados por seus trabalhos expressivos em suas obras: William James discutiu sobre o campo do conhecimento, da atenção, da consciência e da percepção; e John Dewey que abordou pragmática sobre o pensamento e a educação.

Além do Funcionalismo que foi mais uma forma de pensar influente do que uma escola sistemática, o Associacionismo investigava como as ideias e os eventos se associavam na mente levando à aprendizagem. Dentre os principais pesquisadores dessa linha estão Hermann Ebbinghaus, que foi o primeiro a aplicar os princípios associacionistas de maneira sistemática e Edward Lee Thorndike, que assumia que o papel da "satisfação" é a chave para a formação de associações. Contemporâneos de Thorndike, outros pesquisadores, que utilizavam métodos diferentes do dele e de outros associacionistas, passaram a fazer experimentos com animais para investigar as relações entre estímulo e resposta. Dessa maneira, esses cientistas fizeram uma transposição entre o Associacionismo e um novo campo emergente, o Behaviorismo (STERNBERG, 2010).

O Behaviorismo tem uma perspectiva teórica, na qual a Psicologia deveria focar na relação entre o comportamento observável e os eventos ou os estímulos ambientais. De forma grosseira, ele pode ser classificado como metodológico e radical. O primeiro, criado por John B. Watson, tem um caráter empirista, no qual o ser humano aprendia tudo a partir do ambiente no qual se encontra, desprovido de heranças biológicas ao nascer, como se fosse uma "tábula rasa", vazia de qualquer informação. Além de ter também um caráter determinista, essa teoria se baseava no estímulo-resposta, dando uma indicação de que existe uma previsibilidade do comportamento humano. Por outro lado, o behaviorismo radical, fundado por Burrhus Frederic Skinner, não pressupunha que o ser humano fosse uma "tábula rasa", também era determinista, baseava-se extremamente no estímulo-resposta, no entanto, para Skinner, o Behaviorismo não era apenas um estudo científico do comportamento, mas sim uma Filosofia da Ciência (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011). Outro pesquisador importante dessa linha de raciocínio, que abriu caminho para o desenvolvimento do Behaviorismo foi Ivan Pavlov.

Indo além da visão dos behavioristas, Edward Tolman, acreditava que todo comportamento é dirigido por algum objetivo. Inclusive, ele é considerado como precursor da Psicologia Cognitiva. Além de muitos outros críticos do Behaviorismo, os psicólogos da Gestalt afirmavam que a compreensão dos fenômenos psicológicos poderia vir quando os mesmos eram olhados como todos organizados e estruturados, ou seja, levar em conta o todo da experiência. Em suma, a principal premissa da Gestalt é que o todo é mais do que a soma das partes (OSTERMANN; CAVACALCANTI, 2011).

A corrente cognitivista é uma abordagem mais recente, na qual o processo de cognição é importante para que o ser humano atribua significados à realidade na qual se encontra. Ostermann e Cavalcanti (2011) evidenciam que a Psicologia Cognitiva foca no processo da compreensão, transformação, armazenamento e o uso da informação relacionado à cognição, procurando regularidades nesse processo mental. Nessa corrente destacam-se Brunner, Piaget, Ausubel e Novak, considerados construtivistas com ênfase na cognição e Kelly e Rogers, que enfatizavam o afetivo, sendo considerados humanistas. Dentre eles, podemos citar Jean Piaget, que foi muito difundido e utilizado na educação, cuja teoria de desenvolvimento mental distingue quatro períodos de desenvolvimento cognitivo: sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional-formal. Dessa maneira, o desenvolvimento da criança se dá através da assimilação e da acomodação. Primeiramente, quando a mente assimila, ela incorpora a realidade, impondo-se ao meio, mas quando isso não ocorre, a mente desiste ou se modifica, ocorrendo a acomodação. Nessa etapa, surgem a construção de novos esquemas de assimilação, que promovem o desenvolvimento cognitivo. Assim, a aprendizagem só ocorre quando o esquema de assimilação sofre acomodação. Nessa perspectiva, ensinar significa provocar um desequilíbrio na mente da criança de forma que ela procure o reequilíbrio e se reestruture cognitivamente e aprenda.

Além das teorias de aprendizagem cognitivas, há também as teorias socioculturais, representada, principalmente, por Lev Semenovitch Vygotsky, Paulo Freire e James V. Wertsch. Dentre elas podemos destacar Vygotsky e a Teoria Sociocultural que serviu de base para o desenvolvimento da Psicologia como ciência (PRESTES, 2012). A obra vygotskyana tem como foco central de sua fundamentação filosófica, a categoria de atividade humana, e essa tem como matriz os fundamentos ontológicos e sócio-históricos de Marx (OLIVEIRA, 2010). Nessa teoria, a interação social entre adultos e crianças, como reforça Martins (1997), é essencial para o desenvolvimento da criança, isto é, estar com o sujeito mais experiente, é essencial para aprendizagem. Isso, no ambiente escolar, por exemplo, pode ser observado a partir da relação entre professor, como o sujeito mais capaz, e o aluno, o menos experiente. Toda essa discussão sobre o desenvolvimento humano, necessita de uma abordagem bem específica, a partir do conceito de Zona de Desenvolvimento Iminente, ou como é mais conhecida, Zona de Desenvolvimento Proximal. Vygotsky (1991) a conceitua como sendo a distância entre o nível de desenvolvimento real do aluno, ou seja, situação na qual ele pode resolver problemas de forma independente, e o nível de desenvolvimento possível a ser atingido, ou seja, situação na qual ele consegue resolver problemas sob a orientação de um parceiro mais capaz. Nessa definição, fica destacável a importância da interação social para que ocorra o desenvolvimento do aluno e da aluna.

Diante desse contexto, além da Psicologia Cognitiva que é tão difundida no campo da educação, os conhecimentos neurocientíficos também podem contribuir na compreensão dos processos de aprendizagem dentro do campo da educação. É importante ressaltar que cada área tem seu objeto de estudo, sendo autônomos no conhecimento, mas ainda possuem interfaces em comum. Falar de Neurociência na educação não é propor uma nova pedagogia, mas sim ajudar a fundamentar a prática pedagógica, com um viés diferenciado, que inclusive poderá atingir a formação inicial de professores (COSENZA; GUERRA, 2011).

No terceiro milênio, nunca houve tanto interesse em descobrir os mistérios do cérebro e da mente humana. Isso se deu a partir de uma grande explosão na pesquisa científica tanto no campo da Psicologia Cognitiva quanto no da Neurociência Cognitiva. A primeira se preocupa com os processos internos (atenção, percepção, aprendizagem, memória, linguagem, resolução de problemas, raciocínio e pensamento) envolvidos em extrair sentido do ambiente e escolher qual ação deve ser apropriada. O seu objetivo é compreender a cognição humana por meio da observação do comportamento das pessoas enquanto elas executam tarefas cognitivas variadas. Embora, os objetivos da Neurociência Cognitiva coincidam com os da Psicologia Cognitiva, há uma diferença importante entre elas, uma vez que para os neurocientistas é precípuo o estudo do cérebro, bem como o comportamento, enquanto os seres humanos estão envolvidos em tarefas cognitivas. Isso vem do fato de que os processos internos envolvidos na cognição humana ocorrem no cérebro. Assim, a definição de Neurociência Cognitiva é dada pelo "uso de informações sobre o comportamento e o cérebro para compreender a cognição humana" (EYSENCK; KEANE, 2017, p. 2). No entanto, a distinção entre essas duas ciências no sentido mais amplo não é bem definida.

A Neurociência tem se desenvolvido de forma exponencial nas últimas décadas, o que acabou levando-a a um diálogo com o campo da educação. Pesquisadores como Sternberg (2010) e Gazzaniga, Ivry e Mangun (2019) também destacam a importância da Neurociência voltada ao campo cognitivo, o que corrobora com esta ideia. Outros trabalhos relevantes na área associando a Neurociência com a educação também podem ser destacados, como o trabalho de Thomas, Ansari e Knowland (2019) que retratam as origens da Neurociência educacional, assim como as suas áreas práticas de pesquisas e os desafios enfrentados nesse campo.

De forma mais assertiva, Cosenza e Guerra (2011) apontam premissas importantes para se estabelecer um diálogo entre essas duas áreas. Dentre elas podemos salientar que a Neurociência não é uma nova pedagogia que procura apresentar soluções para os problemas da aprendizagem, mas que por meio de um trabalho colaborativo a partir da fundamentação de práticas pedagógicas de êxito, pode propiciar propostas de intervenções baseadas no funcionamento do cérebro. Além disso, tais contribuições de reciprocidade devem ser cautelosas, já que Neurociência estuda o funcionamento do cérebro e a educação apresenta características diversas como sociais, ambientais e políticas. Outro fator importante é que pelo fato do campo educacional ser bem amplo e complexo, as descobertas neurocientíficas não devem ser traduzidas e aplicadas de forma imediatista e tecnicista, sendo precípuo que se tenha criticidade em relação a utilização correta de conhecimentos divulgados de forma a evitar o aparecimento de mitos e hipóteses precipitadas. Sendo assim, existem limitações no diálogo entre a Neurociência e a educação, por outro lado, ele é importante porque pode trazer grandes avanços para as duas grandes áreas.

Toda a discussão anterior, pode ser levada ao diálogo entre a Neurociência e o Ensino de Física que é possível e plausível, mas pesquisadores e pesquisadoras de ambas as áreas devem compreender as especificidades de cada uma delas, assim como os seus objetos de investigação. A possibilidade de conexão entre as duas áreas se dá de forma que compreender melhor o funcionamento do cérebro pode levar a uma compreensão melhor dos processos de aprendizagem. No entanto, há desafios a serem vencidos.

Não podemos ser reducionistas e tecnicistas, olhando a educação e o Ensino de Física apenas pelas lentes da Neurociência Cognitiva, nos esquecendo que ela envolve esferas e atores diversos com complexidades advindas de nichos sociais e ambientais variados. A educação também pode apresentar para a Neurociência, temas relevantes a serem estudados como o estudo do sistema nervoso de pessoas com deficiência.

Por último, é importante se discutir em pesquisas brasileiras, a importância da inclusão de temas neurocientíficos na formação inicial do educador e da educadora, uma vez que a Neurociência pode trazer grandes contribuições para a área da educação, além de ser um campo quase que inexplorado na área de Ensino de Física (BROCKINGTON, 2021).

Diante de toda esta discussão prévia, na próxima seção, apresentamos o aporte teórico do funcionamento do mecanismo atencional e de sua relação com a aprendizagem.

3. Mecanismos atencionais

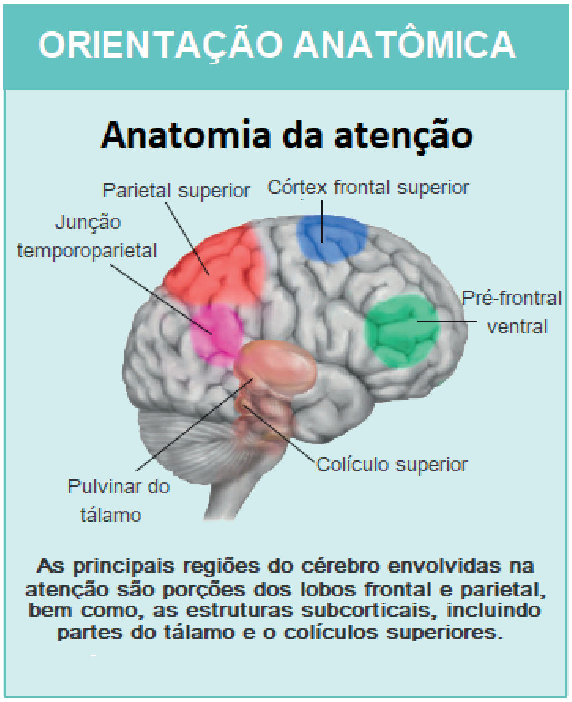
Dentre as principais funções cognitivas: sensação, emoção, percepção, memória, aprendizagem, inteligência, atenção, etc., neste trabalho, vamos focar especificamente no funcionamento dos mecanismos atencionais e na sua importância para a aprendizagem.

De onde vêm nossos comportamentos? A partir das pesquisas da Psicologia e da Neurociência Cognitiva, os nossos comportamentos são produtos da atividade do cérebro. As nossas funções mentais estão associadas ao seu funcionamento. Assim, para compreendermos melhor como se aprende, é importante estudarmos as principais funções cognitivas e o cérebro humano. O cérebro é a parte mais precípua do sistema nervoso humano, uma vez que através dele é possível se tomar consciência das informações advindas dos órgãos e sentidos, além de ser possível, processá-las. Por meio dele, ainda decorrem tanto as respostas voluntárias quanto as involuntárias, levando à atuação eventual do corpo no meio ambiente. São dezenas de bilhões de células, chamadas neurônios, que regulam o sistema nervoso. Estes, por sua vez, processam e transmitem a informação por meio de impulsos nervosos, cuja natureza é elétrica. De uma forma mais específica, a transmissão de uma informação depende de um prolongamento neuronal, chamado axônio, e o local de passagem da informação entre as células, se chama sinapse, sendo nesse lugar, onde se libera um neurotransmissor. Os neurônios por sua vez acabam formando complexos circuitos entre si, numa região chamada substância cinzenta. Uma de suas partes mais importantes é o córtex cerebral, no qual se localizam as funções nervosas superiores tais como: linguagem, memória, planejamento de ações, raciocínio crítico, dentre outros (COSENZA; GUERRA, 2011).

Os mesmos autores também respondem à questão: como o cérebro funciona em relação à aprendizagem? A *priori*, é importante compreender como as informações sensoriais chegam ao sistema nervoso. O início dos processos sensoriais se dá nos receptores especializados em captar algum tipo de energia, percorrendo um circuito pelo qual a informação passa de uma célula para outra, até chegar a uma área do cérebro, geralmente, no córtex cerebral, onde ocorre seu processamento. Este também costuma ser dividido em grandes regiões, os lobos, nos quais há áreas especializadas na recepção de algumas das informações sensoriais. Além delas, o cérebro também pode receber informações do interior do corpo, como as sensações viscerais, por exemplo, mesmo de maneira inconsciente.

Primeiro, destacamos a parte estrutural da atenção e sua localização no cérebro. A Figura 1 apresenta a anatomia da atenção, ou seja, em quais partes do cérebro se observam o fenômeno da atenção.

Fig. 1 – Anatomia da atenção.

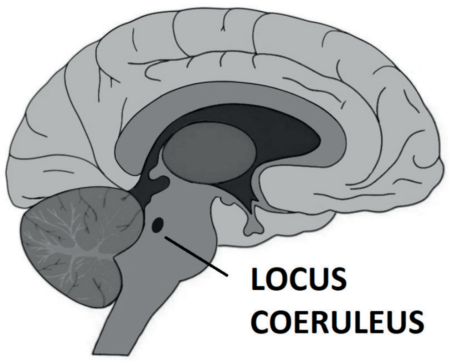


Fonte: Traduzido de Gazzaniga, Ivry e Mangun (2019).

Da Figura 1, notamos as redes corticais e subcorticais específicas que são processadas em nosso cérebro ao longo do mecanismo de controle atencional. As partes corticais são: regiões do pré-frontal ventral, o córtex frontal superior, o córtex parietal superior e a junção temporoparietal. As estruturas responsáveis pelo controle da atenção são o colículo superior localizada no mesencéfalo e o núcleo pulvinar do tálamo presente entre o mesencéfalo e o córtex. Conforme destacam Gazzaniga, Ivry e Mangun (2019), quando estas estruturas são danificadas, podem surgir déficits na capacidade de orientação na direção do olhar (atenção aberta) e não existência da orientação dos olhos, cabeça ou corpo (atenção dissimulada).

Segundo Cosenza e Guerra (2011), nem toda a informação que chega ao cérebro é processada. Ele possui mecanismos que permitem selecionar a informação que é importante através do fenômeno da atenção. Logo, o ser humano foca naquilo do ambiente que considera importante, ignorando as demais. Isso ocorre através de vários mecanismos: a informação chega por meio das cadeias neuronais, de forma que as estações sinápticas intermediárias sejam inibidas não atingindo a região na qual se tornaria consciente. Alguns centros nervosos regulam esse processo de forma que a atenção é dada apenas para alguns estímulos. O cérebro consegue manipular a atenção no que julgar interessante, através da regulação de níveis de vigilância que se encontram numa região, na qual há um agrupamento de neurônios com a coloração azulada, chamado *locus coeruleus,* no mesencéfalo, como mostra a Figura 2. Esses neurônios produzem o neurotransmissor noradrenalina.

Fig. 2 – Localização do locus coeruleus.



Fonte: Adaptado de Dingman (2017).

Ainda sobre a estrutura cerebral, como salientam Eysenck e Keane (2017), as redes corticais e subcorticais específicas que são processadas em nosso cérebro ao longo do mecanismo de controle atencional. As partes corticais são: regiões do pré-frontal ventral, o córtex frontal superior, o córtex parietal superior e a junção temporoparietal. As estruturas responsáveis pelo controle da atenção são o colículo superior localizada no mesencéfalo e o núcleo pulvinar do tálamo presente entre o mesencéfalo e o córtex. Conforme destacam Gazzaniga, Ivry e Mangun (2019), quando estas estruturas são danificadas, podem surgir déficits na capacidade de orientação na direção do olhar (atenção aberta) e não existência da orientação dos olhos, cabeça ou corpo (atenção dissimulada).

Especificamente, Brandão (2004) ressalta que parece haver uma concordância de que o estado de alerta que é a condição mais elementar da atenção está sob o controle do denominado Sistema Ativador Reticular Ascendente (SARA) que se encontra no tronco encefálico. As fibras ascendentes pertencentes à formação reticular rostral se projetam em núcleos inespecíficos do tálamo e, por conseguinte, no córtex, constituindo assim este sistema que tem como principal função ativar o córtex e manter a vigilância. Por meio de um eletroencefalograma (EEG), a estimulação elétrica de áreas do circuito SARA pode ser observada de forma rápida e bem marcada. Nesta situação, se o animal estivesse dormindo, ele despertaria de forma imediata.

De acordo com vários autores, a atenção também pode ser dividida sob diferentes aspectos. A primeira delas se relaciona com sua origem. Sendo assim, ela pode ser classificada como voluntária/controlada ou involuntária/automática/reflexa. A primeira é regulada por mecanismos de controles centrais. A segunda, é controlada por estímulos periféricos. Para ilustrar tais definições podemos citar que a atenção involuntária pode ocorrer quando um som intenso ocorre repentinamente, como o sinal da hora do recreio. Já a atenção voluntária pode ser observada numa situação, na qual podemos imaginar a procura de um objeto perdido, por exemplo, na confusão de uma gaveta, sendo capazes de encontrá-lo de uma forma mais fácil, quando mantemos a atenção concentrada, no caso (COSENZA; GUERRA, 2011).

Na mesma concepção, Gazzaniga, Ivry e Mangun (2019) destacam que a atenção voluntária é a nossa capacidade de intencionalmente se atentar para algo, como se atentar a leitura de um livro, enquanto que a involuntária é um processo orientado por estímulos de um evento sensorial, como um grande estrondo, a picada de um mosquito ou o cheiro de alho, que podem capturar nossa atenção.

Outra subdivisão da atenção está na forma em que ela é operacionalizada. Também há variações para essa classificação, mas no geral, elas são convergentes. Eysenck e Keane (2017) dividem a atenção em: focalizada ou seletiva e dividida.

Estuda-se a atenção focalizada (ou atenção seletiva) apresentando aos indivíduos dois ou mais estímulos ao mesmo tempo e instruindo-os a responder a apenas a um deles. Um exemplo de atenção focalizada é um predador que segue a pista de um animal em um rebanho. O trabalho sobre a atenção focalizada ou seletiva nos indica com que eficácia podemos selecionar certos estímulos e evitar sermos distraídos por estímulos que não estão relacionados à tarefa. Assim:

> A atenção dividida também é estudada apresentando-se pelo menos dois estímulos ao mesmo tempo. No entanto, ela difere da atenção focalizada uma vez que os indivíduos são instruídos a prestar atenção (e a responder) a todos os estímulos. A atenção dividida também é conhecida como multitarefa, uma habilidade cada vez mais importante no mundo de hoje, 24 horas por dia! Os estudos da atenção dividida proporcionam informações úteis sobre nossas limitações de processamento e sobre a capacidade dos mecanismos da atenção. (EYSENCK; KEANE, 2017, p. 155)

Na mesma concepção de divisão acima, Sternberg (2010), complementa que a atenção consciente apresenta quatro funções básicas: detecção de sinais – consiste em detectar o surgimento de determinados estímulos; atenção seletiva – a escolha em prestar atenção em alguns estímulos e ignorar outros; atenção dividida – consiste em alocar prudentemente os recursos da atenção de forma a realizar mais de uma tarefa por vez; e busca – encontrar um sinal dentre as inúmeras distrações.

Em nosso trabalho, é utilizada o conceito de atenção seletiva que é a atenção focalizada de forma consciente em situações, estímulos, pensamentos ou ações, enquanto se ignora outras fontes de informação ou estímulos que sejam irrelevantes (EYSENCK; KEANE, 2017; GAZZANIGA; YVY; MANGUN, 2019).

Por último, são ressaltados um dos principais modelos da atenção. Posner (1980) estudou a denominada atenção encoberta, que seria a atenção voltada à localização espacial sem movimento ocular. Em suas pesquisas, ele conseguiu distinguir dois sistemas:

> 1. Um sistema endógeno: controlado pelas intenções do indivíduo e usado quando são apresentadas pistas centrais.
>
> 2. Um sistema exógeno: desloca automaticamente a atenção e está envolvido quando são apresentadas pistas periféricas não informativas. Os estímulos que são evidentes ou diferentes dos outros (p. ex., na cor) têm maior probabilidade de receber atenção ao ser usado esse sistema. (EYSENCK; KEANE, 2017, p. 168)

Dessa forma, o cérebro consegue manipular a atenção relativa ao que julgar interessante, através da regulação de níveis de vigilância realizada por neurônios que se encontram no *locus coeruleus,* no mesencéfalo. A atenção otimiza os estímulos para melhorar o processamento dos recursos selecionados (POSNER, 1990).

Neste ponto, diante de todas as abordagens supracitadas conforme pesquisadores distintos e classificações distintas, nos atemos a dois mecanismos atencionais que podem ser importantes para a aprendizagem: o *bottom-up* (de baixo para cima ou ascendente) e *top-down* (de cima para baixo ou descendente). Se o aluno e a aluna não tiverem o foco ajustado coincidente com o foco que o professor e a professora estão apresentando, eles não vão criar um vínculo e engajamento, no processo de aprendizagem.

Conforme destacam Eysenck e Keane (2017), numa analogia à abordagem do processamento da informação entre a mente e computador, um estímulo pode ser um problema, uma tarefa ou um evento ambiental que ao ser apresentado pode despertar a atenção do indivíduo desencadeando uma reação ou uma resposta desejada. O processamento *bottom-up* é aquele processamento diretamente afetado a partir da produção do estímulo. Por outro lado, o processamento *top-down* é influenciado não apenas pelo estímulo, mas também pelas expectativas e pelo conhecimento do indivíduo.

Na mesma concepção anterior, para Sternberg (2010), o mecanismo *bottom-up* é um processo insconciente no qual o controle da atenção se dá por meio de estímulos externos, de forma a promover a automatização do processo. Por outro o mecanismo *top-down* é um processo consciente, na qual a atenção é direcionada a partir de condições conhecidas e vivenciadas pelo aluno, de forma internalizada e endógena, de forma a ser influenciada pelas expectativas trazidas pelas pessoas.

O reconhecimento do mecanismo atencional é importante porque ele representa sob o ponto de vista neuropsicológico a base dos processos cognitivos (LIMA, 2005). Reconhecer como funcionam os mecanismos anteriores é importante porque cabe ao professor e à professora proporem tarefas que sejam capazes de ativar tanto os processos automáticos (*bottom-up*) quanto os controlados (*top-down*), de forma a despertar a atenção, que pode levar ao processamento mental e, consequentemente, à produção de uma resposta, o que pode promover a aprendizagem de determinado conceito físico.

4. Percurso metodológico

A nossa proposta é de cunho qualitativo-descritivo, devido à sua relevância nas áreas da Psicologia e Educação (NEVES, 1996; SCARPA; MARANDINO, 1999; MEDEIROS, 2002). Além disso, como destacam Gatti e André (2011), o uso de métodos qualitativos auxiliam no avanço do conhecimento em educação, permitindo uma compreensão melhor dos processos escolares, das aprendizagens, das relações, dos processos institucionais e culturais e cotidiano escolar sem suas múltiplas implicações. E por último, "os métodos qualitativos são aqueles nos quais é importante a interpretação por parte do pesquisador com suas opiniões sobre o fenômeno em estudo" (PEREIRA *et al.*, 2018, p. 67). Em nossa proposta, todas essas características foram alcançadas, com o intuito de trazer uma contribuição para o Ensino de Física voltada à ótica da Neurociência.

A primeira etapa consistiu em fazer uma breve descrição das principais teorias de aprendizagem, apresentada nas seções anteriores, passando pelas principais escolas e correntes filosóficas e psicológicas, se iniciando do Behaviorismo, de forma a enfatizar o processo de aprendizagem, culminando nos principais aspectos e constructos da Neurociência Cognitiva.

Ainda na etapa inicial, discorremos sobre cada uma das funções cognitivas, também apresentadas, anteriormente, destacando os mecanismos de funcionamento dos principais mecanismos atencionais, tem como sustentáculo os principais teóricos e estudiosos da atenção seletiva, em específico, o modelo de Posner (1980). Em específico, fizemos uma descrição do funcionamento da atenção no cérebro humano e dos mecanismos atencionais *bottom-up* e *top-down*. Isso foi relevante para compreendermos como a atenção contribui e interfere no processo de aprendizagem.

Na segunda etapa de nosso trabalho, para atender aos objetivos, fizemos um rastreamento e varredura de trabalhos, por meio de uma revisão bibliográfica, que consideram a atenção seletiva ou os mecanismos atencionais, para o desenvolvimento da aprendizagem na Física do conceito de dualidade onda-partícula, em trabalhos publicados no Brasil, entre os anos de 2011 e 2021, de três eventos mais importantes para a área do Ensino de Física: o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC). Essa é uma das técnicas a serem utilizadas, se apresentando como uma pesquisa documental. Para Marconi e Lakatos (2003) este tipo de pesquisa "consiste em uma síntese, a mais completa possível, referente ao trabalho e aos dados pertinentes do tema, dentro de uma sequência lógica." (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 248) Trabalhos desta natureza têm sido importantes para área do Ensino de Física uma vez que permite uma compreensão de como temas diversos têm sido investigados na área por pesquisadores e professores da comunidade acadêmica, além de promover discussões e reflexões importantes.

Devido aos avanços dos estudos da Neurociência que são contínuos, consideramos que os trabalhos analisados no interstício supracitado atendem ao objetivo de observarmos como se dado a diálogo entre os campos de pequisa da Neurociência e do Ensino de Física. A *priori*, destacamos que se esperava uma porcentagem muito baixa de trabalhos publicados sobre esta temática, sobremaneira, em relação ao mecanismo atencional e o ensino de dualidade onda-partícula.

Numa terceira etapa, após apresentarmos todas as justificativas da importância do estudo da noção de dualidade onda-partícula na Educação Básica, tanto nos documentos oficiais brasileiros, em específico, nas competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), quanto nos principais aspectos teóricos da fenomenologia pertencentes à natureza dual da luz, elaboramos uma sequência de ensino teórica tomando como base, cada um dos aspectos atencionais essenciais, dentro da Neurociência, de forma que seja possível o ensino do fenômeno de aprendizagem proposto na Física Moderna.

Por último, fizemos uma análise desse modelo utilizado na elaboração da sequência didática, tendo como base, a própria Neurociência Cognitiva, devido às dificuldades de aplicação, ainda mais com o advento da pandemia do COVID-19 e as novas relações de interação dos seres humanos, em diversas esferas da sociedade, em específico, o campo da educação. Dentro do período do estágio, não foi possível a sua aplicação. Isso será feito como atividade a *posteriori*.

5. Considerações finais

A neurociência não se trata de uma nova pedagogia, no entanto, ela pode trazer grandes contribuições para nossa área de Ensino de Ciências e Matemática e ainda promover o interesse maior dos alunos em aprender conceitos científicos. Reforçamos mais uma vez a importância do diálogo entre a Neurociência e a educação, como ressaltam Cosenza e Guerra (2011).

Sobre o reconhecimento do funcionamento da atenção e dos mecanismos atencionais, embora não encontramos nenhum trabalho voltado ao Ensino de Física, é importante destacar que a atenção é uma função cognitiva essencial para a aprendizagem. Isso é importante porque um dos desafios dos educadores e educadoras é capturar a atenção dos alunos e alunas, de maneira que eles possam reconhecer no conteúdo a ser estudado, o que é importante, as ligações com que ele já conhece, que atenda as suas expectativas e que seja estimulante e agradável.

Em especial, os mecanismos *bottom-u*p e *top-down* podem ser trabalhados de forma que o foco dos alunos e alunas sejam a ajustados com o foco que o professor e a professora estão apresentando, criando um vínculo e engajamento, no processo de aprendizagem. O uso de estímulos variados podem ativar tais mecanismos de forma a tornar o Ensino de Física mais interessante. A atenção também pode ser medida por meio da medida do tempo de reação. Além disso, há instrumentos de coleta de dados, como o *eye tracking*, que conseguem capturar a trajetória da íris ocular, o que pode levar a pesquisas e resultados mais consistentes voltados ao estudo da atenção. Trabalhos teóricos utilizando as teorias da atenção também são possíveis, nesse diálogo inicial entre a Neurociência e o Ensino de Física.

Por outro lado, Brockington (2021) nos chama atenção para o fato de que pesquisas em Neurociência não devem ser reducionistas, tornando a educação a um "emaranhado de disparo neuronal". É muito importante que educadores e educadoras que queiram trabalhar nesta vertente, possam traspassar os modismos e entusiasmos exacerbados, focando na compreensão mais profunda sobre os mecanismos de aprendizagem, a partir dos achados neurocientíficos relacionados à psicologia e à educação. Mesmo com passos curtos, o diálogo tem sido ao mínimo iniciado. Também é precípuo que exista abertura, sobremaneira em pesquisas em Ensino de Física, para reflexões teóricas, assim como a compreensão mais profunda de como a Neurociência, a emoção, a atenção e outros mecanismos cerebrais podem contribuir com o ensino e aprendizagem de Física.

REFERÊNCIAS

ANJOS, E. **Dualidade onda-partícula da lu**z: uma abordagem para o Ensino Médio. 2019. 155 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2019.

ARAÚJO, G. S. **Ensino da dualidade de onda-partícula por meio de vídeos de experimentos**. 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

BRANDÃO, M. L. A**s bases biológicas do comportamento:** introdução à neurociência. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio>. Acesso em: fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.415**, de 16 de fevereiro de 2017. Reforma do Ensino Médio. Brasília. 2017b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/ L13415.htm>. Acesso em: fev. 2022.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio.** 2005. 268 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BROCKINGTON, G. Neurociência e Ensino de Física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200430-1-21, jan. 2021.

BROCKINGTON, G. *et al.* From the Laboratory to the Classroom: The Potential of Functional Near-Infrared Spectroscopy in Educational Neuroscience. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 9, p. 1-7, out. 2018.

CAVALCANTE, M. A. TAVOLARO, C. R. C. Uma caixinha para estudo de espectros. **Física na Escola.** v. 3, n. 2, p. 40-42, 2002.

CAVALCANTE, M. A. TAVOLARO, C. R. C. HAAG, R. Experiências em Física Moderna. **Física na Escola**. v. 6, n. 1, p. 75-82, 2005.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação** – como o cérebro aprende? São Paulo: Artmed Editora S. A., 2011.

DINGMAN, M. **Locus coeruleus - definition.** Neurocientifically challenged. 2017. Disponível em: <https://neuroscientificallychallenged.com/glossary/locus-coeruleus>. Acesso em 02 mar. 2022.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, R.; CARDOSO, L. Novas abordagens do conteúdo física moderna no ensino médio público do Brasil. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 9., 2012, Caxias do Sul. **Anais** […] Caxias do Sul: Fórum Sul de Coordenadores de Programas de Pós-Graduação em Educação/Programa de Pós-Graduação em Educação/UCS, 2012.

EDA, H. *et al.* NIRS evaluates the thinking process of Mushi-kuizan task. **Proceedings of SPIE** - The International Society for Optical Engineering, California, v. 6850, p. n. 1-6, fev. 2008.

EYSENCK, M. W.; Keane, M. T. **Manual da psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

FONSECA, L. M. **Compreensão leitora e atenção seletiva:** um estudo com alunos do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência Cognitiva**: a biologia da mente. Porto Alegre: Artmed., 2006.

KANDEL, E. R; SCHWARTZ, J.H; JESSEL, T.M. **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara – Koogan, 2000.

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

LIMA, N.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F. Concepções de Dualidade Onda-Partícula: uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** v. 43, n. 16, p. e202000270-1-16, 2021.

LIMA, R. F. Compreendendo os mecanismos atencionais. **Ciência & Cognição**, n. 6, p. 113-122, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2003.

MARTINS, J. C. **Vygotsky e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo.** São Paulo: [Governo do Estado de São Paulo];. FDE, 1997. p 111-122. Série Idéias, n. 28. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_28_p111-122_c.pdf.>. Acesso em: 18 fev. 2021.

MEDEIROS, A. Metodologia da pesquisa em Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 2, n. 1, p. 73-82, 2002.

MEGGIOLARO, G. P. **A abordagem da dualidade onda-partícula em livros didáticos de Física do Ensino Médio.** 2012. 197 f. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Unijuí, 2012.

MELHORATO, R. L. NICOLI, G. T. Da física clássica a moderna: o simples toque de uma sirene. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 34, n. 3, 2012.

MUSIAU, P. M. VIEIRA, T. O. SILVA, J. P. C. ALVES, G. P. R. MORIS, S. O. C. Construção de um aparato histórico para uma abordagem lúdico experimental no ensino de Astronomia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22., 2017, São Carlos. **Anais** [...] São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 2017.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

NOBREGA, F. K. MACKEDANZ, L. F. O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** v. 35, n. 1, 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica** – vol. 4, 1. ed., São Paulo: Editora Blucher, 1998.

OLIVEIRA, B. A. **Fundamentos filosóficos marxistas da obra vigotskiana:** a questão da categoria da atividade e algumas implicações para o trabalho educativo. In: MENDONÇA, S. G. L.; MILLER, S. Vigotski e a escola atual: fundamentos teóricos e implicações pedagógicas. 2 ed. Revisada. Araraquara: Junqueira&Marin; Marília: Cultura Acadêmica, 2010, p. 3-26.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores de Física.** 1999. 433f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1999.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf, UFRGS, 2011, 57 p. Disponível em: http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias_de_Aprendizagem.pdf. Acesso em: 18 fev. 2021.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média: um Estudo com a Técnica Delphi. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis: Sociedade Brasileira de Física, 1998.

OSTERMANN, F. MOREIRA. M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 5, p. 23-48, 2000.

PAULO, C.; JORGE E MOREIRA, I.; ANTONIO, M. Um estudo sobre a captação do significado do conceito de dualidade onda-partícula por alunos do Ensino Médio. **Enseñanza de las Ciências**. Número extra, p. 1-5, 2005.

PARANHOS, R. R. G. RICHARD, V. L. PIZANI, P. S. Lâmpada de Hg para experimentos e demonstrações de física moderna: introdução ao efeito fotoelétrico e outros tópicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 30, n. 4, p. 4502.1-4502.6, 2008.

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da pesquisa cientifica**. Santa Maria: Editora UAB/NTE/UFSM, UFSM, 2018, 119 p. Disponível em: http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 18 fev. 2021.

POSNER, M.I. Orienting of attention. The VIIth Sir Frederic Bartlett lecture. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 32A, p. 3–25, 1980.

PRESTES, Z. **Quando não é quase a mesma coisa**: traduções de Lev Semionovitch no Brasil. Campinas: Autores Associados, 2012.

REZENDE, F. OSTERMANN, F. Formação de professores de Física no Ambiente Virtual Interage: Um exemplo voltado para a introdução da FMC no Ensino Médio. **Física na Escola.** v. 5, n. 2, p. 15-19, 2004.

SANTOS, R. **Dualidade onda-partícula: uma sequência didática para o Ensino Médio utilizando o poema "Ser ou não ser" de Antônio Gedeão**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2020.

SCARPA, D. L.; MARANDINO, M. Pesquisa em Ensino de Ciências: um estudo sobre as perspectivas metodológicas. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. **Anais** [...] Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999.

SILVA, L. F. ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o Efeito Fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** v. 29, n. 2, p. 313-324, 2012.

SIQUEIRA, M. PIETROCOLA, M. Espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino

Médio. F**ísica na Escola.** v. 11, n. 2, p. 9-11, 2010.

STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learing, 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de física na escola de 2° grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** v.9, n.3, p.209-214, 1992.

THOMAS, M. S. C.; ANSARI, D.; KNOWLAND, V. C. P. Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. **Journal of Child Psychology and Psychiatry,** London, v. 60, n. 4, p. 477–492, mar. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

Caminhos da Educação Matemática em Revista

2022 • Ano XV • V 1 • p. 62 – 73

ISSN 1983-7399

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

Análise de uma Atividade de Estudo e Pesquisa para o estudo de funções seno e cosseno pela ótica do mecanismo atencional top-down

Analysis of a Study and Research Activity for the study of sine and cosine functions from the perspective of the top-down attentional mechanism

Eliane Santana de Souza Oliveira, UEFS/PPGECIMA-UFS[1]

Laerte Silva da Fonseca, IFS/PPGECIMA-UFS[2]

Luiz Marcio Santos Farias, PPGEFHC-UFBA[3]

[1]Pós-Doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIMA/UFS); Doutora e Mestra em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS); Professora Adjunta da Universidade Estadual de Feira de Santana.

[2]Livre Docente pela Emil Brunner World University® (EBWU, Maiami, Flórida/EUA); Pós-Doutorado em Educación Lingüística y Literaria y de Didáctica de las CCEE y de la Matemática, Universidade de Barcelona/UB, Espanha; Pós-Doutorado em E-learning, Universidade Fernando de Pessoa/UFP, Porto/Portugal; Pós-Doutorado em Ciências Básicas e Ambientais, EEL da Universidade de São Paulo/USP; Pós-Doutorado em Psicologia e Neurociência Cognitiva (EBWU); Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutorando em Psicologia Cognitiva, Universidad de Buenos Aires/AR; Doutor em Educação Matemática (UNIAN/SP, UCB/Lyon 1- FR); Mestre em Educação (UFS); Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UFS); Licenciado em Matemática (UFS); Bacharel em Psicologia (ESTÁCIO-SE); Neuropsicólogo (UNIFESP/SP); Terapeuta Cognitivo-Comportamental (PUC-RS); Professor Titular de Educação Matemática do Instituto Federal de Sergipe. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe.

[3]Doutor (UM2-França) e Mestre(UJF-França) em Didática das Ciências e Ma-temática. Professor Adjunto do Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Prof. Milton Santos (IHAC), Coordenador do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia-IHAC, da Universidade Federal da Bahia-UFBA, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS e do Programa em Educação UFBA.

Correspondência:

essoliveira@uefs.br

laerte.fonseca@ifs.edu.br

Recebido em 22/06/2022

Aprovado em 25/07/2022

RESUMO

O objetivo desse trabalho analisar como uma Atividade de Estudo e Pesquisa-AEP pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno por meio de uma relação entre os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional top-down. Para isso, nos fundamentamos na Teoria Antropológica do Didático, no Percurso de Estudo e Pesquisa, objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo Atencional top-down. Analisou-se uma AEP para o estudo de funções seno e cosseno, a fim de levantar os objetos ostensivos e não ostensivos evocados pelos estudantes, cruciais para resolução da AEP, a partir de sua memória e dos mecanismos atencionais. A análise revelou que AEPs que permitam a ativação do mecanismo atencional top-down é um meio para favorecer o estudo das funções seno e cosseno de forma efetiva.

Palavras-chaves: Atividade de Estudo e Pesquisa, Funções Seno e Cosseno, Objetos Ostensivos, Mecanismos Atencionais.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze how a Study and Research Activity-AEP can favor the study of sine and cosine functions through a relationship between ostensive and non-ostensive objects and the top-dow attentional mechanism. For this, we base ourselves on the Anthropological Theory of Didactics, on the Study and Research Path, ostensible and non-ostensive objects and the top-down Attentional mechanism. An AEP was analyzed for the study of sine and cosine functions, in order to raise the ostensive and non-ostensive objects evoked by the students, crucial for solving the AEP, from their memory and attentional mechanisms. The analysis revealed that AEPs that allow the activation of the top-down attentional mechanism are a means to promote the study of sine and cosine functions effectively.

Keywords: Study and Research Activity, Sine and Cosine Functions, Ostensible Objects, Attentional Mechanisms.

IFS
Grupo de Estudos Pesquisas em Educação Matemática

1. Introdução

Ao falar no ensino e aprendizagem de matemática, uma série de questões são levantadas, inclusive uma bastante comum entre os alunos, que destacam a matemática sendo uma das disciplinas mais difíceis. Comungando com essa questão, um dos conteúdos que se destacam, ao que se refere as dificuldades, são as funções trigonométricas. E essas dificuldades se estendem da Educação Básica até o Ensino Superior.

Autores como Oliveira (2020), Fonseca (2015; 2010), Pedroso (2012), Coloneze (2012) e Costa (1997), indicam em seus estudos que os alunos tanto da Educação Básica, quanto do Ensino Superior apresentam dificuldades em trigonometria e em funções trigonométricas, o que pode estar associado ao modo com que se trabalha o conteúdo – muitas vezes abordado de forma que não mostra sentido aos alunos, sem apresentar novas metodologias, ou correlações que permitam facilitar a compreensão dos estudantes.

Fonseca, Azevedo e Oliveira (2021) destacam que algumas dificuldades relacionadas as funções trigonométricas, ocorre devido aos estudantes não conseguirem perceberem objetos não visíveis diretamente, tendo que buscar diferentes objetos ostensivos. Bosch e Chevallard (1999 *apud* ALMOULOUD, 2007) definem objetos ostensivos como aqueles de natureza sensível e de certa materialidade. São objetos que podemos manipular na realização da atividade matemática. Já os não ostensivos são objetos que existem institucionalmente, porém não são vistos, ditos, escutados, ou mostrados por conta própria, ou seja, são objetos que só podem ser invocados ou evocados pela manipulação de objetos ostensivos.

Destarte, as dificuldades em relação as funções trigonométricas, em especial as funções seno e cosseno, podem estar relacionadas a atenção, como afirmam Fonseca, Azevedo e Oliveira (2021), uma vez que a atenção desempenha um papel de destaque no desenvolvimento cognitivo do ser humano e para aprendizagem. E sendo as funções seno e cosseno, objetos do saber matemático que as diferentes representações são cruciais para compreensão de seu conceito, a atenção e o uso de objetos ostensivos são indispensáveis para seu estudo.

Assim, o objetivo desse trabalho é analisar como uma Atividade de Estudo e Pesquisa-AEP pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno por meio de uma relação entre os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional *top-dow*. E como pergunta de investigação temos: como os mecanismos atencionais integrados aos objetos ostensivos em uma AEP s pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno? A partir dessa questão diretriz, nos fundamentamos na Teoria Antropológica do Didático, no Percurso de Estudo e Pesquisa, objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo Atencional top-down.

O texto está estruturado da seguinte forma: após a introdução, apresentamos os elementos da TAD que nos embasamos; em seguida apresentamos os mecanismos atencionais; depois a metodologia; seguido da análise da AEP com base nos mecanismos atencionais e objetos ostensivos; e por fim as considerações finais.

2. Elementos teóricos da Teoria Antropológica do Didático

A TAD é uma teoria desenvolvida por Chevallard, considerada como um refinamento da Teoria da Transposição Didática. A TAD estuda o homem e a relação com o saber matemático. (CHEVALLARD, 1999).

A TAD proporciona, por meio de elementos institucionais, às organizações praxeológicas matemáticas e didáticas detectar e elaborar propostas para atender às lacunas diagnosticadas. O termo praxeologia, deriva de dois termos gregos, práxis e logos, que significa, respectivamente, prática e razão. (CHEVALLARD, 2002)

Chevallard (1999) estrutura as praxeologias ou organização praxeológica em dois blocos: bloco prático-técnico e tecnológico-teórico. O bloco prático-técnico [T, t] está associado à práxis, é o saber fazer; o bloco tecnológico-teórico [θ, Θ] é o logos, está relacionado à razão, ou seja, é o saber. Nesse sentido, a organização praxeológica nos permite investigar nesse trabalho a organização do saber matemático em jogo, bem como a praxeologia que é construída nessa aula.

Almouloud (2007, p. 128) afirma que:

> O conjunto de condições e necessidades que possibilita o desenvolvimento matemático (ecologia de uma praxeologia matemática) depende dos objetos osten-

> sivos que compõem as tarefas, técnicas, tecnologias e teorias, sendo essa dimensão ostensiva de uma praxeologia que permite que um saber matemático e os conhecimentos que ele pode construir se materializem.

Bosch e Chevallard (1999 apud ALMOULOUD, 2007) definem objetos ostensivos como aqueles de natureza sensível e de certa materialidade. São objetos que podemos manipular na realização da atividade matemática. Já os não ostensivos são objetos que existem institucionalmente, porém não são vistos, ditos, escutados, ou mostrados por conta própria, ou seja, são objetos que só podem ser invocados ou evocados pela manipulação de objetos ostensivos. Como exemplo, o conceito ou noção de círculo só pode ser evocado com auxílio de ostensivos como palavras, símbolos, gesto, um discurso, uma frase.

Utilizamos também elementos do Percurso de Estudo e Pesquisa de Chevallard (2009) e colaboradores, que apresenta um caráter investigativo e pode ser representado por um sistema didático S(X; Y; Q) o qual Q é uma pergunta geratriz realizada nesse sistema didático, composto por X grupo de estudantes e/ou professores (participantes da pesquisa), e por Y, que são o diretor da pesquisa/ orientador da atividade. O intuito é estudar Q em busca de chegar a uma resposta que satisfaça as restrições a priori, conhecida como resposta R. O PEP é também uma metodologia que mobiliza praxeologia de mais de uma disciplina.

Segundo Chevallard (2009 apud ALMOULOUD; SILVA, 2012, p. 38):

> [...] envolver-se numa tal investigação é engajar-se num Percurso de Estudo e Pesquisa (PER2) motivado por essa mesma pesquisa. Ele esclarece, ainda, que para desenvolver a resposta R, de fato, é conveniente coletar e organizar um "milieu" de trabalho M, que reúne recursos novos e antigos que X irá usar. Esses recursos, certamente serão "todas" as respostas à Q, validadas por uma instituição particular, e denotada por R◊. A análise destas respostas deve fornecer materiais para a construção da resposta R, ela será denotada por R♥. Outras obras "O" serão da cultura, qualquer que seja a "dimensão" cultural que fornecem ferramentas para a análise das respostas R◊, e da construção da resposta esperada R♥. As obras "O" serão parcialmente desenhadas em várias disciplinas, embora algumas sejam "disciplinas" não reconhecidas porque são emergentes ou culturalmente vilipendiadas. Chevallard apresenta o que ele chama de "esquema herbatien" que pode ser observado na seguinte forma condensada por (S(X;Y;Q)→ M) →R♥ e, da forma desenvolvida por: [S (X ; Y ; Q) → {R◊1, R◊2,..., R◊n, On+1,..., Om}] → R♥.

Desse modo, o sistema herbartien da forma desenvolvida, podemos observar que é composto por diferentes respostas auxiliares até chegar na construção da resposta esperada R♥. esse caminho pode ser composto por Atividades de Estudo e Pesquisa, que fazem parte do *milieu,* que levara a reposta esperada. Assim, o objeto de estudo desse artigo é uma AEP para o estudo de funções seno e cosseno, que faz parte de um PEP, e será analisada com base objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional *top-down.*

Baseado na TAD, segundo Chevallard (2009, apud, JUNIOR, CARVALHO & FARIAS, 2019), as dialéticas são saberes-fazer presentes nos Percursos de Estudo e Pesquisa – PEP, que de modo aberto conduz o trabalho investigativo em um novo sistema didático. Várias são as dialéticas que podem aparecer ao desenvolver um PEP, porém vamos destacar a dialética que utilizaremos na análise da atividade junto ao mecanismo atencional *top-down*, a qual é a dialética do ostensivo e não ostensivo.

Chevallard e Bosch (1999 *apud* ALMOULOUD 2007) destacam que a dialética do ostensivo e não ostensivo comumente é considerada em termos de signos e significados: objetos ostensivos são signos de objetos não ostensivos que constituem seu significado. Nesse sentido, considerando o que afirma Chevallard (1999), que um objeto ostensivo pode ser de uma forma sensível ou material, vamos utilizar as subclassificações de ostensivos feitas por Fonseca (2015, p. 156):

• ostensivos materiais: uma caneta, um compasso, etc.;

• ostensivos gestuais: os gestos;

• ostensivos discursivos: as palavras, e, mais genericamente, o discurso;

• ostensivos gráficos: os esquemas, desenhos, grafismos; ostensivos escriturais: as escritas e os formalismos.

Além dos elementos da TAD que utilizamos como referencial, nos convém destacar o mecanismo atencional top-down, que utilizamos como lente de análise para AEP.

3. O Mecanismo Atencional Top Down

Ao falar em atenção seletiva e mecanismos atencionais, exige que voltemos para compreendermos o que é a Neurociência Cognitiva. Sternberg (2010, p.29), afirma que a Neurociência Cognitiva “é o campo de estudo que vincula o cérebro e outros aspectos do sistema nervoso ao processamento cognitivo e, em última análise, ao comportamento”. O cérebro tem um papel controlador, e ocupa o principal papel na hierarquia do corpo, ele é responsável pela gestão das emoções, motivações e pensamentos (STERNBERG, 2010).

Diante das funções do cérebro e posições diretivas e reativas, que o mesmo assume, vamos fazer um recorte para atenção, em especial, os mecanismos atencionais e a Teoria de Integração de características. Mas antes de estudarmos sobre os mecanismos, nos convém compreender o que é atenção.

Gazzaniga e colaboradores afirmam que “a atenção é um mecanismo cerebral cognitivo que possibilita alguém processar informações, pensamentos ou ações relevantes, enquanto ignora outros irrelevantes ou dispersivos” (2006, p. 265). A escolha dos mecanismos atencionais é devido a importância da atenção para o processo de ensino e aprendizagem, sendo elas a atenção seletiva e a concentrada.

Nesse sentido, buscamos articular a aprendizagem das funções seno e cosseno por meio da TAD com o mecanismo neural *top-down*. Mas, nos convém compreender os mecanismos neurais *bottom-up* e *top-down*. O *bottom-up* está relacionado aos estímulos e pistas estejam no meio externo ao cérebro; já o mecanismo *top-dow* está relacionado a atividade cognitiva, no intuito de traçar metas para uma orientação desejável, envolvendo a representação mental, cognição e atividade mnemônica (PASHLER et al., 2001)

Posner e Petersen (1990) definem que o ajuste do foco atencional pode ser feito pelos mecanismos *bottom-up* e/ou *top-down*. O *bottom-up* faz-se necessário que os estímulos ou pistas estejam no meio externo ao cérebro, e podemos comparar aos objetos ostensivos evocados na TAD (CHEVALLARD, 1999). E já o *top-down* estão relacionados a atividade cognitiva, no intuito de traçar metas para uma orientação desejável (PASHLER et al., 2001). O *top-dow* se compara aos objetos não ostensivos.

Nesse sentido, buscaremos analisar nossa Atividade de Estudo e Pesquisa do PEP, por meio dos mecanismos atencionais. Mas nos convém explicitar os elementos mínimos para ativar os mecanismos atencional em uma tarefa matemática que envolva funções seno e cosseno.

De acordo com Almouloud (2007, p.111) a TAD nos permite, que em nossos estudos compreender “as condições de possibilidade e funcionamento de sistemas didáticos, entendidos como relações sujeito-instituição-saber”. Essas relações propiciam a aprendizagem por meio de tipos de tarefas, que são desenvolvidas por técnicas as quais evocam objetos ostensivos e os não ostensivos articulados continuamente.

Lente (2008) destaca que o cérebro busca trabalhar todas as funções neuronais para garantir a sobrevivência do organismo, e assim a alegria que traz prazer e bem-estar, não ocorre de imediato. Já a amígdala “– como uma das mais importantes subestruturas do sistema límbico – controla a maior parte do tempo dois prováveis comportamentos: luta ou fuga que sinalizam emoções não prazerosas.” (FONSECA, CAMPOS e OLIVEIRA, 2021, p.10).

Nesse sentido, quando estamos diante de uma tarefa matemática, do tipo T1: Esboce o gráfico da função cosseno, os circuitos neurais serão ativados, e ao chegar esse questionamento na região amigdalítica, surgirá questionamentos do tipo:

em quem isso auxiliará na minha existência? É necessário gastar energia com isso? Fonseca (2015) destaca que a ausência de uma recompensa para resolver uma tarefa, proporciona uma dificuldade da formação de Memória ao Longo Prazo (MPL), que precisa de outras funções cognitivas, como emoção, atenção, sensações, entre outras. A necessidade de se manter no presente é muito importante para o cérebro, é essa atitude é de extrema relevância para que as estruturas cerebrais escolham resolver ou não, uma tarefa matemática (FONSECA, CAMPOS e OLIVEIRA, 2021).

Sternberg (2010) apresenta que alguns erros na resolução de tarefas, pode ser causado por Lapso. Ele afirma que o lapso ocorre pela ausência de foco, que faz com que o aluno não recrute os elementos não ostensivos, bem como os algoritmos para alcançar a solução. Essa deficiência ocorre pela fragilidade de emoção positiva no sistema límbico que não constrói atalhos para ativar o mecanismo top-down. (apud FONSECA, CAMPOS e OLIVEIRA, 2021, p.10)

Nesse sentido, com base em Posner e Petersen (1990) que trazem que o ajuste do foco atencional pode ser feito por dois mecanismos neuronais bottom-up e/ou top-down. Para T1 ser recrutada pelo cérebro é necessário que ela apresente pistas que indiquem recompensas imediatas. Destarte, utilizamos como modelo para análise alguns princípios desenvolvidos por Fonseca (2015) para elaboração de tipos de tarefas envolvendo a trigonometria buscando relacionar à formação da MLP e mobilizar o mecanismo atencional top-dow. Conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Requisitos para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional *top-down*

(a) Exista estimulo sensorial potencialmente significativo;
(b) Estímulos sensoriais devem ser estruturados e apresentados considerando-se o desenvolvimento epistemológico das noções em jogo que sinalizará o sentido necessário para ativar o sistema límbico do cérebro;
(c) Existam conhecimentos prévios na MLP;
(d) Exista a articulação entre registros geométricos e algébricos;
(e) Exista a manipulação de objetos ostensivos escriturais algébrico-trigonométricos que provoquem o exercício das funções cognitivas, *flexibilidade cognitiva* e *atenção*;
(f) Respeito às etapas para formação de MLP na constituição e seleção de tarefas.

Fonte: Fonseca (2015, p. 422-423)

Assim, é necessário que os tipos de tarefas desenvolvidos, considerem os requisitos destacados no quadro 1, para que o a ativação do mecanismo atencional *top-down* ocorra. Vamos analisar um exemplo de tarefa matemática que reúna e sinalizem a ativação do mecanismo atencional *top-down*, **tarefa** $\mathbf{t_1}$: *Determinar os pontos máximo e mínimo da propagação sonora durante o São João em Cruz das Almas em 2022 medida pela função f(x) = 1 + 2.sen 3x e observada pelo seu gráfico (*Tarefa adaptada de FONSECA, CAMPOS e OLIVEIRA, 2021, p.13). Observe a análise da tarefa com base o mecanismo atencional *top-down* no Quadro 2.

Quadro 2: Aplicação da análise dos requisitos em t1 para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional top-down.

Requisito/Quadro 1	Evidências em t1
(a)	✓ O som é um estímulo sensorial auditivo;
(b)	✓ A propagação de ondas sonoras impulsionou o estudo das funções seno e cosseno;
(c)	✓ Espera-se que o aluno tenha conhecimento da trigonometria no triângulo retângulo, bem como de funções seno e cosseno;
(d)	✓ Ao tentar esboçar o gráfico da função f(x) = 1 + 2.sen 3x perceberá a influência dos coeficientes da função para determinar os pontos de máximo e de mínimo;
(e)	✓ A fórmula de f(x) direciona os seguintes objetos ostensivos: a função é circular, espelha-se com a função f(x) = sen x, o esboço de seu gráfico lembra uma onda, chamada de senoide.
(f)	✓ De acordo com Kandel; Schwartz e Jessel (2000), para a formação de MLP se faz necessário ativar a seguinte hierarquia neurocognitiva: sensação (o barulho do som das festas juninas de Cruz das Almas), percepção (o sentido que se dá em nível regional da festa de São João de Cruz das Almas), emoção (alegria), memória de trabalho (busca por analogias nas funções seno e cosseno), atenção (decisão por focalizar na resolução da tarefa).

Fonte: Adaptada de Fonseca, Campos & Oliveira (2022)

Observou-se que a tarefa t_1 apresentou os seis requisitos para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional top-down.

Ao que se refere ao quarteto praxeológico, temos uma tarefa que pode ser resolvida mobilizando diferentes técnicas, justificadas por uma tecnologia que por sua vez é justificada por uma teoria, como por exemplo, esboçar o gráfico e analisar os pontos máximos e mínimos ou representar utilizando a expressão define a função e os valores limites de variação da senoide para determinar os pontos máximos e mínimos. Mas a técnica que julgamos mais econômica, considerando que é uma função seno, é evocar os não ostensivos relacionados a variação da senoide e sua variação de -1 a 1, que se refere respectivamente ao mínimo e máximo, e após isso utilizar os ostensivos máximo e mínimo para representar os valores encontrados.

Ao tempo em que se verificou a existência dos seis elementos apontados por Fonseca (2015), observou-se também as técnicas que podem ser manipuladas para a resolução de t1. E assim, observam-se os mecanismos atencionais mobilizados para a resolução da tarefa, respeitando a hierarquia do modelo posto

A seguir apresentamos a análise do PEP com base nos mecanismos atencionais.

4. Análise de uma Atividade de Estudo e Pesquisa-AEP

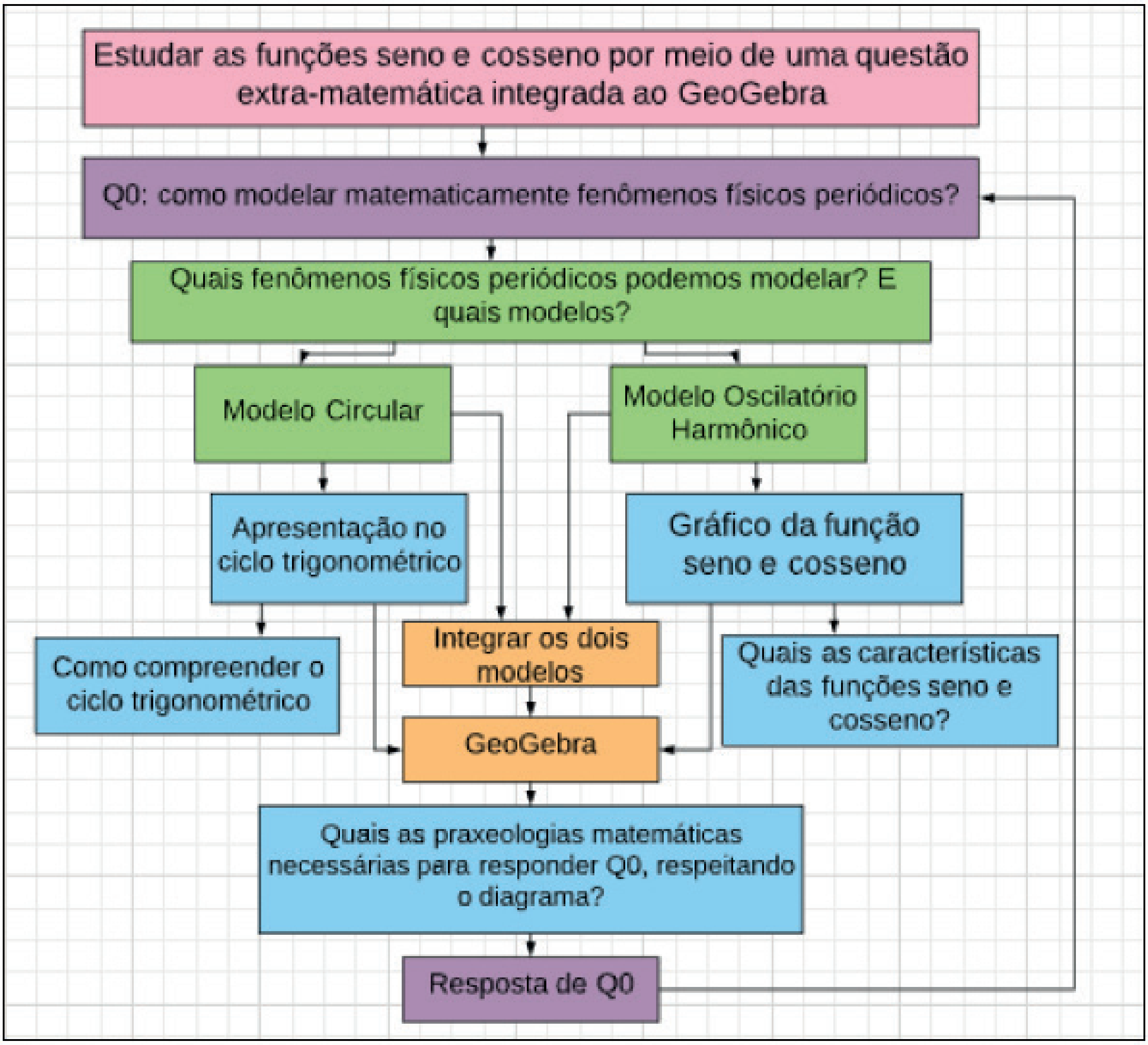
Com objetivo de analisar como uma Atividade de Estudo e Pesquisa-AEP pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno por meio de uma relação entre os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional *top-dow*, apresentamos a seguir a análise da AEP sobre funções circulares. Mas, antes de analisarmos a AEP vale destacar a construção da AEP analisada.

A AEP que vamos analisar, faz parte de um PEP para o estudo de funções seno e cosseno por meio da integração do GeoGebra. Esse PEP é oriundo do trabalho de Tese[1] da primeira autora.

O PEP foi planejado, buscando uma reconstrução praxeológica por meio de um contexto extra-matemático, com o emprego do GeoGebra e a partir de uma questão geratriz, composta por questões secundárias, sob a possibilidade de construção de outras indagações feitas pelos licenciandos em matemática, com o intento de erigir o saber funções seno e cosseno. Nesse sentido, exporemos o desenho do Modelo Praxeológico de Referência alternativo para instituir o PEP.

1 Tese intitulado "Estudo das funções seno e cosseno por meio de um modelo didático alternativo integrado ao GeoGebra". Mais informações sobre o trabalho de tese acessar o link: https://repositorio.ufba.br/handle/ri/33143

Figura 1: Desenho do MPR Alternativo.



Fonte: Oliveira (2020, p.156)

A partir desse desenho do modelo de referência e da questão geratriz do PEP, desenvolvemos algumas AEPs que compunha o PEP. Optamos por fazer um recorte de uma das AEPs, a fim de abrir a praxeologia envolvida, bem como como o mecanismo atencional *top-down* pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno. a seguri vamos apresentar a AEP que optamos em analisar nesse trabalho.

A AEP escolhida buscou promover o estudo das funções seno e cosseno, por meio de um fenômeno físico periódico, integrado ao uso do GeoGebra, em busca de trabalhar o modelo circular e/ou o oscilatório na formação inicial de professores. O fenômeno físico periódico explorado nessa atividade foi o movimento da roda-gigante. O objetivo dessa AEP era promover a exploração do fenômeno e os possíveis modelos circular e oscilatório que poderiam surgir durante a resolução da atividade. Contemplamos na figura 2 o fenômeno e a tarefa explorada.

Figura 2: AEP da roda-gigante.

Atividade 3 (Adaptada de Nguyen Thin (2011)).

Na Festa de *Réveillon* da cidade de Salvador há uma roda-gigante de 40 m de diâmetro cujo centro está localizado a 22 m do chão.

A roda sempre gira uniformemente na mesma direção. No início da jornada, a cabine P está no ponto mais baixo e Carlos estava nessa cabine. Ele faz uma viagem de 3 voltas que dura 30 minutos. A partir destas informações, responda os questionamentos abaixo:

a) Quando Carlos está na posição mais alta?

b) Calcule a altura da cabine de Carlos no solo após 2,5 minutos de viagem, após 7 minutos, após 12 minutos e após 22 minutos.

c) Construa uma figura utilizando o GeoGebra para apreciar as alturas da cabine P durante as três voltas da viagem.

d) A partir dos 35 m de altura, podemos ver o Farol da Barra. Por quanto tempo Carlos poderá ver o Farol em cada volta?

Fonte: Oliveira (2020, p.165-166)

Analisando à atividade acima, temos que o movimento da roda-gigante é uniforme e circular, o que possibilita modelá-lo em uma senoide, como alguns fenômenos físicos periódicos. Essa atividade permite a articulação do modelo circular e do oscilatório.

Essa AEP foi construída a fim de permitir que o respondente realizasse a modelação matemática e pudesse escolher o modelo para resolver as tarefas solicitadas, tendo como opção o modelo oscilatório e o circular. Para isso, a atividade é apresentada em linguagem natural, não sendo apresentada a lei de formação, nem indicação do modelo a ser utilizado.

Analisamos essa AEP por meio dos requisitos para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional top-down e em seguida utilizamos como lente de análise os elementos da TAD, e por fim relacionar as duas análises para favorecimento do estudo das funções seno e cosseno.

Quadro 3: Aplicação da análise dos requisitos na AEP para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional *top-down*.

Requisito/Quadro 1	Evidências em t1
(a) Exista estímulo sensorial potencialmente significativo	✓ A formação de imagens no córtex frontal **é um estímulo sensorial** relacionado a visão;
(b) Estímulos sensoriais devem ser estruturados e apresentados considerando-se o desenvolvimento epistemológico das noções em jogo que sinalizará o sentido necessário para ativar o sistema límbico do cérebro;	✓ O movimento da roda-gigante, o posicionamento de Carlos, e visualizar o farol da Barra impulsionou o estudo das funções seno e cosseno;
(c) Existam conhecimentos prévios na MLP;	✓ Espera-se que o aluno tenha conhecimento da trigonometria no triângulo retângulo e no círculo trigonométrico, bem como de funções seno e cosseno;
(d) Exista a articulação entre registros geométricos e algébricos;	✓ Ao tentar encontrar a altura, o estudante pode esboçar o gráfico da função seno, descobrindo a lei de formação, bem como articular por meio dos pontos no círculo trigonométrico e a partir do mesmo, conseguir esboçar o modelo algébrico e geométrico para encontrar a altura da cabine de Carlos nos diferentes tempos;
(e) Exista a manipulação de objetos ostensivos escriturais algébrico-trigonométricos que provoquem o exercício das funções cognitivas, flexibilidade cognitiva e atenção;	✓ A AEP permite por meio das questões evocar os seguintes ostensivos: opção 1 ostensivos gráficos geométricos, por meio da interpretação geométrica os estudantes traçam um círculo trigonométrico e por meio da análise do mesmo encontra os valores; opção 2 os estudantes encontram o modelo algébrico $h = A \cos(\omega t + \varphi) + B$ e por meio dele encontra os valores solicitados e ainda esboçam como figuram o gráfico da função que é uma senoide e lembra uma onda;
(f) Respeito às etapas para formação de MLP na constituição e seleção de tarefas.	✓ De acordo com Kandel; Schwartz e Jessel (2000), para a formação de MLP se faz necessário ativar a seguinte hierarquia neurocognitiva: sensação (as luzes dos fogos de artifícios no réveillon, o barulho do som dos fogos; a imagem do farol da barra, o som da festa de réveillon em Salvador), percepção (o sentido que se dá em nível nacional da festa de réveillon em Salvador), emoção (alegria de estar inserido nesse contexto), memória de trabalho (busca por analogias nas funções seno e cosseno), atenção (decisão por focalizar na resolução da tarefa).

Fonte: Autores (2022)

Nessa AEP temos os requisitos para ativação do mecanismo atencional *top-down*, o que permite inferir a importância de envolver atividades matemáticas desse tipo, pois evita o que Sternberg chama de lapso, uma vez que a AEP indica na atividade pistas de recompensas imediatas, o que gera um recrutamento do cérebro para resolução dessa atividade. E assim, AEP permite o ajuste do foco atencional pelo *top-down.*

Além disso, temos que a atividade mobilizou os seguintes objetos ostensivos: ostensivos escriturais para representar a roda-gigante pelo modelo circular e oscilatório; ostensivos discursivos e gráficos para calcular as posições solicitadas, bem como as expressões algébricas necessárias. Em relação aos objetos não ostensivos evocados, tivemos: a noção de periodicidade, diâmetro, raio e de pontos congruentes no círculo, círculo trigonométrico, noção de ponto médio; funções seno e cosseno; ponto máximo e mínimo de uma senoide; transformações gráficas das funções (parâmetros).

Analisando praxeologicamente a AEP, temos que a letra a) é uma tarefa do tipo (T_1): Descobrir o momento que Carlos está na posição mais alta. Para isso, podemos resolver de diferentes formas, destacamos duas técnicas, uma que envolve o modelo oscilatório e outra o modelo circular.

A técnica 1 $\tau_{1:}$ Esboça o círculo trigonométrico, projeta o solo, marca os pontos e analisa que se a volta completa da roda-gigante ocorre em 10 minutos; temos, então, que 1 volta = 2 π. Para compreendermos o que ocorre a cada minuto, basta realizar uma regra de três, obtendo que cada minuto representa 1/10 de uma volta, então 1 minuto representa = π/5. Se Carlos está no instante inicial no ponto H, para alcançar a altura mais alta ele deverá realizar meia-volta, ou seja, chegar ao ponto B. Isso significa que ele deverá realizar um trajeto de 180° ou π. Se em uma volta ele leva 10 minutos, meia-volta corresponde a 5 minutos. Como temos uma periodicidade de 2π e o passeio são 3 voltas, Carlos estará no ponto mais alto em 5 minutos, 15 minutos e 25 minutos durante o passeio. O discurso tecnológico-teórico [θ, Θ]1: Definição de seno e cosseno no círculo trigonométrico/trigonometria no círculo.

Já a técnica 2 está relacionada ao modelo oscilatório, $\tau_{2:}$ A partir da lei de formação da função, substuir os valores e encontrar o tempo em que Carlos está na posição mais alta. Observe que se $h = A \cos(\omega t + \varphi) + B$, então temos que: $h – 22 = A \cos(\omega t + \varphi)$ -> $A = 40/2 = 20$ -> $\omega = 2\pi/t = 2\pi/10 = \pi/5$ -> $h = 22 + 20 \cos(\pi t/5 + \phi)$. Sendo $t = 0$, temos $h = 2m$, então $\cos \phi = - 1$. Assim, $\phi = \pi$. Daí, $h = 22 + 20 \cos(\pi t/5 + \pi) = 22 – 20 \cos(\pi t/5)$. Dessa maneira, Carlos está na posição mais alta quando h toma o valor máximo: $\cos(\pi t/5) = -1 \Leftrightarrow \pi t/5 = \pi + k2\pi \Leftrightarrow t = 5 + 10k$, $k \in Z$. De tal modo, nas três voltas, temos: para t = 5 minutos (k = 0), t = 15 minutos (k = 1) e t = 25 minutos (k = 2). Porém, observa-se que a técnica 1 é mais econômica para resolução. O bloco tecnológico-teórico $[\theta, \Theta]_2$: Definição de funções seno/cosseno e funções trigonométricas.

Ao que se refere a letra b) da AEP, é uma tarefa t_2:calcular a altura da cabine de Carlos no solo após 2,5 minutos de viagem, após 7, após 12 e após 22 minutos. Para isso, novamente temos diferentes técnicas para resolução, podemos ser resolvidos tanto com o modelo circular quanto com o modelo oscilatório. Por exemplo, τ_3: construir uma tabela de valores e analisá-las, bem como, depois da construção da tabela, esboçar um gráfico para visualizar as posições de Carlos na cabine. Já a τ_4: calcular por intermédio do modelo circular, considerando que se 2,5 minutos são um quarto de volta, logo, P estará na mesma posição do ponto A e a 22 metros de altura, ou seja, a mesma distância do centro da roda-gigante ao solo e consequentemente, utilizar a relação da posição e os pontos do círculo para encontrar a altura da cabine em cada minuto solicitado. O discurso tecnológico-teórico [θ, Θ]1: Definição de seno e cosseno no círculo trigonométrico/trigonometria no círculo.

A letra c) da AEP é uma tarefa t_3: Construir uma figura utilizando o GeoGebra para apreciar as alturas da cabine P durante as três voltas da viagem. A técnica de resolução poderá versar entre a construção de uma figura baseada no modelo circular, um modelo algébrico do modelo oscilatório ou uma representação gráfica de uma senoide sobre o modelo oscilatório.

E por fim, a letra d) que é uma tarefa t_4: determinar se a partir dos 35 m de altura, é possível ver o Farol da Barra. E por quanto tempo Carlos poderá ver o Farol em cada volta. Essa tarefa apresenta como dados o intervalo da altura, e solicita os horários correspondentes. Desse modo a técnica mais econômica é a utilização do modelo circular, por meio da construção do círculo trigonométrico, conseguimos encontrar os ângulos e tempos correspondentes.

Assim, observa-se que essa AEP analisada, apresenta organizações matemáticas que permitem a utilização integrada do modelo circular e do modelo oscilatório para o estudo das funções seno e cosseno por meio de fenômenos periódicos, o que permite evocar ostensivos e não ostensivos que venha a favorecer o estudo dessas funções. E comungando com os ostensivos, observou-se que a AEP analisada é uma atividade que contêm os seis elementos apontados por Fonseca (2015), como requisitos mínimos nas tarefas trigonométricas, capazes de ativar o mecanismo atencional *top-down,* a fim de minimizar as lacunas no processo de estudo das funções seno e cosseno.

5. Considerações finais

A investigação realizada nesse trabalho objetivou analisar como uma Atividade de Estudo e Pesquisa-AEP pode favorecer o estudo das funções seno e cosseno por meio de uma relação entre os objetos ostensivos e não ostensivos e o mecanismo atencional *top-down.*

Para alcançarmos nosso objetivo, nos embasamos na TAD de Chevallard (1999; 2002; 2009). Vale destacar a importância da TAD nesse estudo, para o entendimento das organizações matemáticas das tarefas da AEP, que permitiu inferirmos os objetos ostensivos e não ostensivos evocados para resolução de cada tarefa, bem como a organização praxeológica das mesmas.

Assim, por meio da TAD e da Neurociência Cognitiva, conseguimos articular o mecanismo atencional *top-down* com os objetos ostensivos e não ostensivos. Compreendemos nesse estudo, que para mobilizar a atenção do estudante, é necessário que as tarefas matemáticas estejam relacionadas a situações que sejam do seu contexto real. Desse modo, os requisitos mínimos para a elaboração de tipos de tarefas trigonométricas visando ativar o mecanismo atencional *top-down*, nos mostrou a importância de despertar o interesse do aluno, ao mesmo tempo que reconhecemos a relevância de ter nas tarefas elementos motivadores, que permitam aos estudantes vivenciar indícios da sensação de recompensa imediata, para que recrute o cérebro para resolução das tarefas trigonométricas propostas.

Vale salientar que a união dos requisitos mínimos de elaboração de tarefas trigonométricas para ativação do mecanismo atencional *top-down,* com finalidade de trabalhar a atenção e favorecer o estudo das funções seno e cosseno, atrelado com a organização matemática e os objetos ostensivos e não ostensivos, possibilitou a oportunidade de minimizar as lacunas referente ao estudo dessas funções. E assim, permitir a construção de tarefas trigonométricas com maior significado e sentido para o estudante, por meio da mobilização de estímulos sensoriais.

REFERÊNCIAS

ALMOULOUD, S. Ag. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.

ALMOULOUD, S. Ag; SILVA, M. J. F. da. Engenharia didática: evolução e diversidade. **REVEMAT**: Revista Eletrônica de Educação Matemática, Florianópolis/SC, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.

CHEVALLARD, Y. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 9, n. 2, p. 221-266, 1999.

CHEVALLARD, Y. Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathematiques. *In*: 3ES JOURNÉES D'ÉTUDE FRANCO-QUÉBÉCOISES, 2002.

Université René-Descartes, 2002. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=62. Acesso em: abr. 2018.

CHEVALLARD, Y. La notion d´ingénierie didactique, un concept à refonder. Questionnement et éléments de réponses à partir de la TAD. in Margolinas et all.(org.) : En amont et en aval des ingénieries didactiques, XVª École d´Été de Didactique des Mathématiques – Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). **Recherches em Didactique des Mathématiques**. Grenoble : La Pensée Sauvage, v. 1, p. 81-108, 2009.

COLONEZE, B. R. S. **Módulo de aprendizagem e treinamento de funções trigonométricas:** fazendo o uso da tecnologia para a efetiva aprendizagem de funções trigonométricas com aplicação em eletrônica. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2012.

COSTA, N. M. L. **Funções seno e cosseno:** uma sequência de ensino a partir dos contextos do "mundo experimental" e do computador. 1997. 250 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1997.

FONSECA, L. S. da. CAMPOS, M. A. OLIVEIRA, E. S. S. Delineando Tarefas de Funções Trigonométricas por meio do Mecanismo Atencional Top-Down. **Revista Eletrônica de Educação Matemática – Revemat**. Florianópolis, v. 16, n. 1, p.01-22, 2021.

FONSECA, L. S. da. **Aprendizagem em trigonometria:** obstáculos, sentidos e mobilizações. São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

FONSECA, L. S. da. **Um estudo sobre o Ensino de Funções Trigonométricas no Ensino Médio e no Ensino Superior no Brasil e França**. 2015. 1 v. 495 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2015.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B. & MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva***:* **A biologia da mente**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.

JUNIOR, J. V. N; CARVALHO, E. F.; FARIAS, L. M. S. As três dimensões do Percurso de Estudo e Pesquisa: teórica, metodológica de pesquisa e dispositivo didático. **Educação, Matemática e Pesquisa**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 363 – 373, 2019.

LENT, R. **Neurociência da Mente e do Comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

OLIVEIRA, E. S. de S. **Estudo das funções seno e cosseno por meio de um modelo didático alternativo integrado ao geogebra**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – Universidade Federal da Bahia e convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador – Ba, 2020.

POSNER, M. I. & Petersen, S. E. The attention system of the human brain. In: **Annu Rev Neurosci***,* v.13, 25-42, 1990.

PASHLER, H.; JOHNSTON, J. e RUTHRUFf, E. (2001). Attention and performance. **Ann. Rev. Psychol.***,*52, 629-651.

STERNBERG, R. J. **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learing, 2010.

MEMÓRIA DE EVENTOS REALIZADOS – GEPEM/CCLM/IFS

3° Seminário de Pesquisa em Educação Matemática no dia 28 de novembro de 2010 do IFS, sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca.

2° Seminário de Pesquisa em Educação Matemática no dia 18 de junho de 2010 do IFS, sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca.

1ª Mostra de Educação Matemático – 02 de julho de 2009 o IFS (antigo CEFETSE), sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca.

1° Seminário de Pesquisa em Educação Matemática no dia 15 de julho de 2008 no CEFET-SE, sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca.

2ª Comemoração do dia Nacional da Matemática – 06 de maio de 2008 no CEFET-SE, sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca.

1ª Comemoração do Dia Nacional da Matemática – 06 de maio de 2007 no CEFET-SE, sob a coordenação geral do Prof. MSc. Laerte Fonseca

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE
“Caminhos da Educação Matemática em Revista/IMPRESSA”
GEPEM/CCLM/IFS

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE

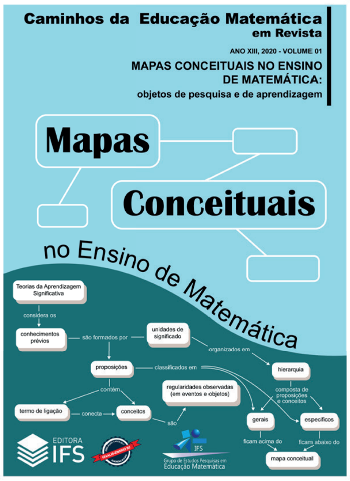
"Caminhos da Educação Matemática em Revista/IMPRESSA" GEPEM/CCLM/IFS

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE

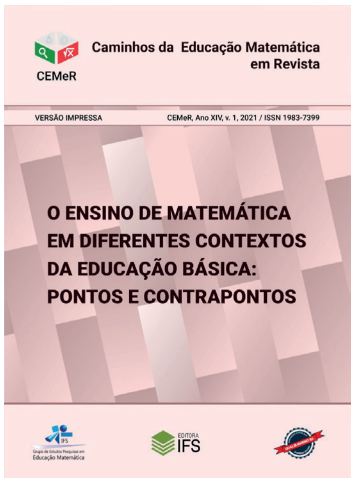
"Caminhos da Educação Matemática em Revista/IMPRESSA" GEPEM/CCLM/IFS

Ano XI, n. 1 (2018)

Ano XII, n. 1 (2019)



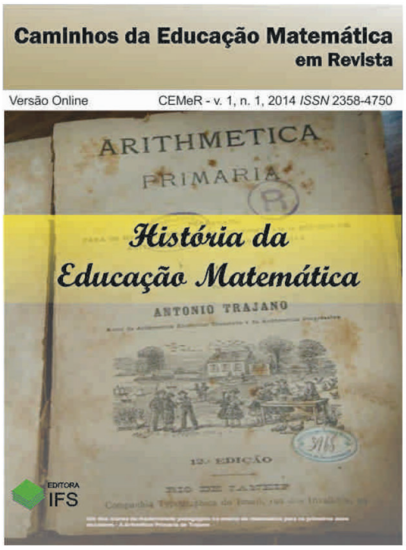
Ano XIII, n. 1 (2020)



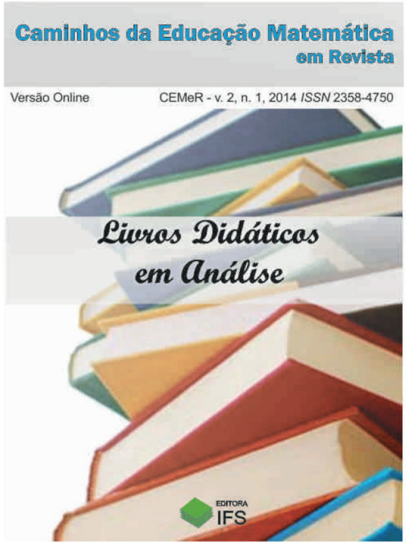
Ano XIV, n. 1 (2021)

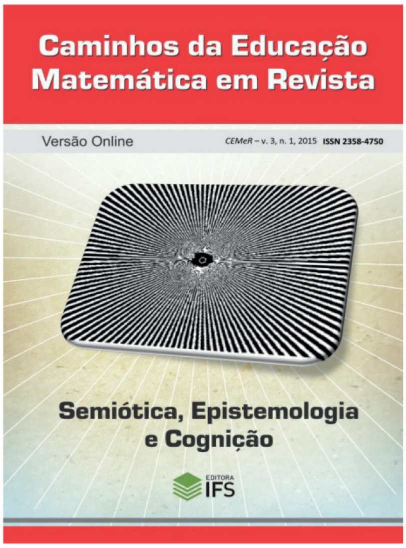
MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE "Caminhos da Educação Matemática em Revista/ON LINE" GEPEM/CCLM/IFS

Ano I, v. 1, n. 1 (2014)



Ano I, v. 2, n. 1 (2014)





Ano II, v. 3, n. 1 (2015)

Ano II, v. 4, n. 1 (2015)

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE “Caminhos da Educação Matemática em Revista/ONLINE” GEPEM/CCLM/IFS

Ano III, v. 6, n. 1 (2016)

Ano III, v. 5, n. 1 (2016)

Ano IV, v. 7, n. 1 (2017)

Ano IV, v. 7, n. 2 (2017)

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE “Caminhos da Educação Matemática em Revista/ONLINE” GEPEM/CCLM/IFS

Ano V, v. 8, n. 1 (2018)

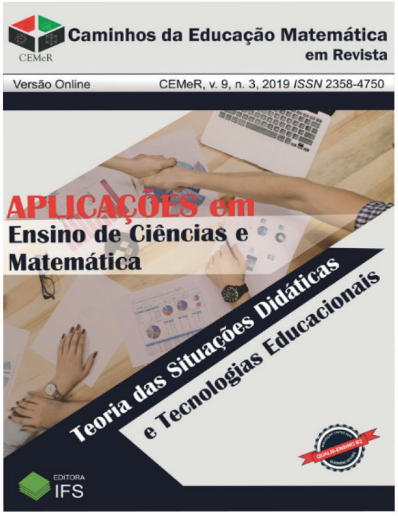
Ano V, v. 8, n. 2 (2018)

Ano VI, v. 9, n. 1 (2019)

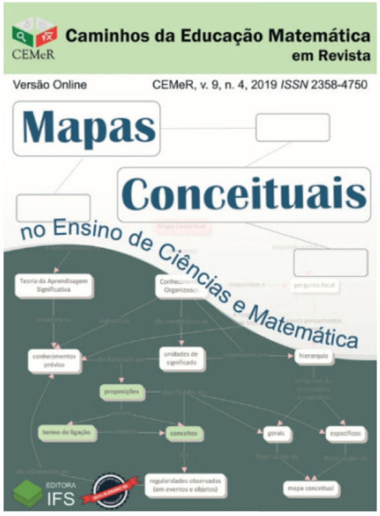
Ano VI, v. 11, n. 2 (2019)

MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE
“Caminhos da Educação Matemática em Revista/ON LINE”
GEPEM/CCLM/IFS

Ano VI, v. 9, n. 3 (2019)



Ano VI, v. 9, n. 4 (2019)



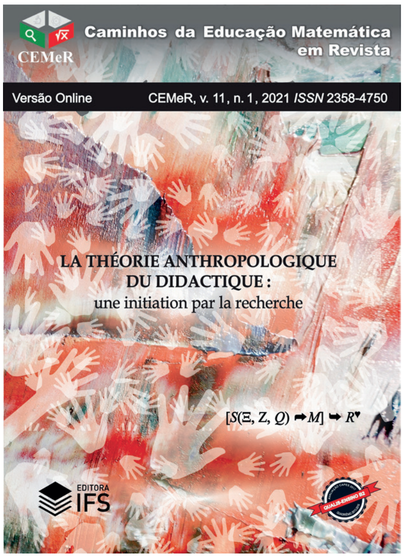
Ano VII, v. 10, n. 1 (2020)

Ano VII, v. 10, n. 2 (2020)

Ano VII, v. 10, n. 3 (2020)

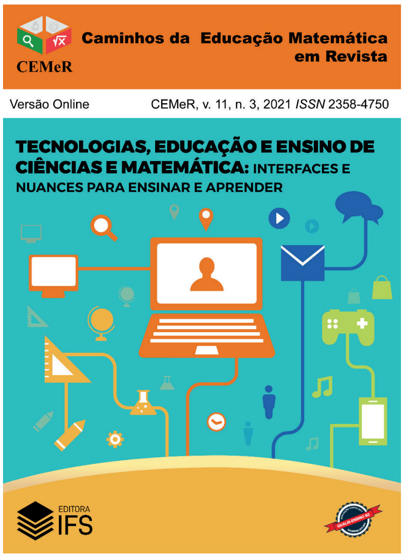
MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE “Caminhos da Educação Matemática em Revista/ON LINE” GEPEM/CCLM/IFS

Ano VIII, v. 11, n. 1 (2021)

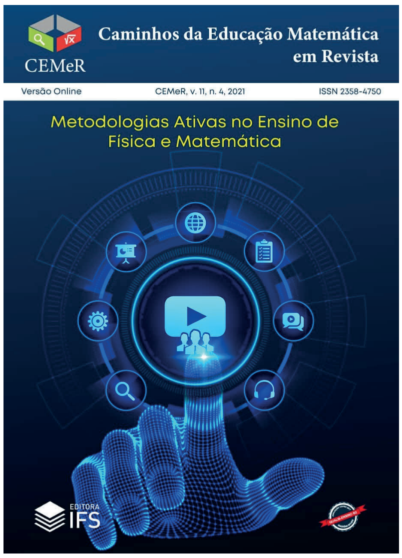


Ano VIII, v. 11, n. 2 (2021)

Ano VIII, v. 11, n. 3 (2021)



Ano VIII, v. 11, n. 4 (2021)

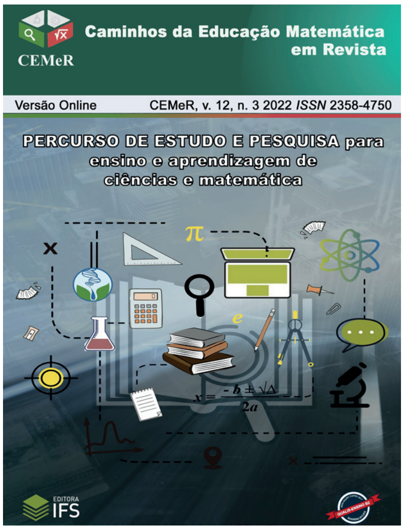


MEMÓRIA DAS EDIÇÕES ANTERIORES DE "Caminhos da Educação Matemática em Revista/ON LINE" GEPEM/CCLM/IFS

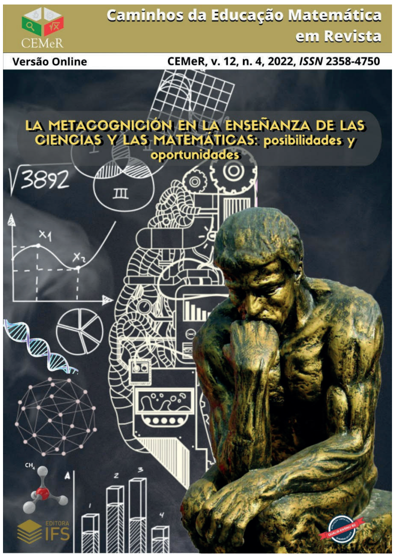
Ano IX, v. 11, n. 1 (2022)

Ano IX, v. 11, n. 2 (2022)

Ano IX, v. 11, n. 3 (2022)



Ano IX, v. 11, n. 4 (2022)



NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Os interessados em publicar artigos deverão enviar o material para o e-mail **gepem.revista@hotmail.com.** A data limite para o envio anual dos trabalhos será até o dia 31 de março de cada ano. Os temas devem se enquadra nas seguintes temáticas: Formação de professores de Matemática; Pesquisas em Educação Matemática; Ensino de Matemática na Educação Básica. O texto deverá conter um resumo em português com até 10 linhas e três palavras chaves. O nome do(a) autor(a) deverá ser acompanhado de dados sobre a instituição onde trabalha, titulação acadêmica, endereço eletrônico. Os textos para publicação deverão ser em formato Word, ter de 05 a 10 laudas, formato A4 (margens superior e esquerda 3 cm, direita e inferior 3cm), incluindo notas, colocadas no rodapé, espaço entre linhas 1,5 fonte 12, tipo arial. As citações deverão segui o padrão mais atualizado da ABNT. Todos os trabalhos serão apreciados pelo Conselho Editorial da Revista e submetidos a pareceristas ad hoc. O autor será informado por e-mail sobre a aprovação ou não de seus artigos. As referências deverão ser relacionadas no final do trabalho, conforme padronização NRB 6023. A revisão ortográfica e gramatical é de responsabilidade do autor. Os artigos que não atenderem de pronto aos critérios estabelecidos, não serão submetidos à avaliação.

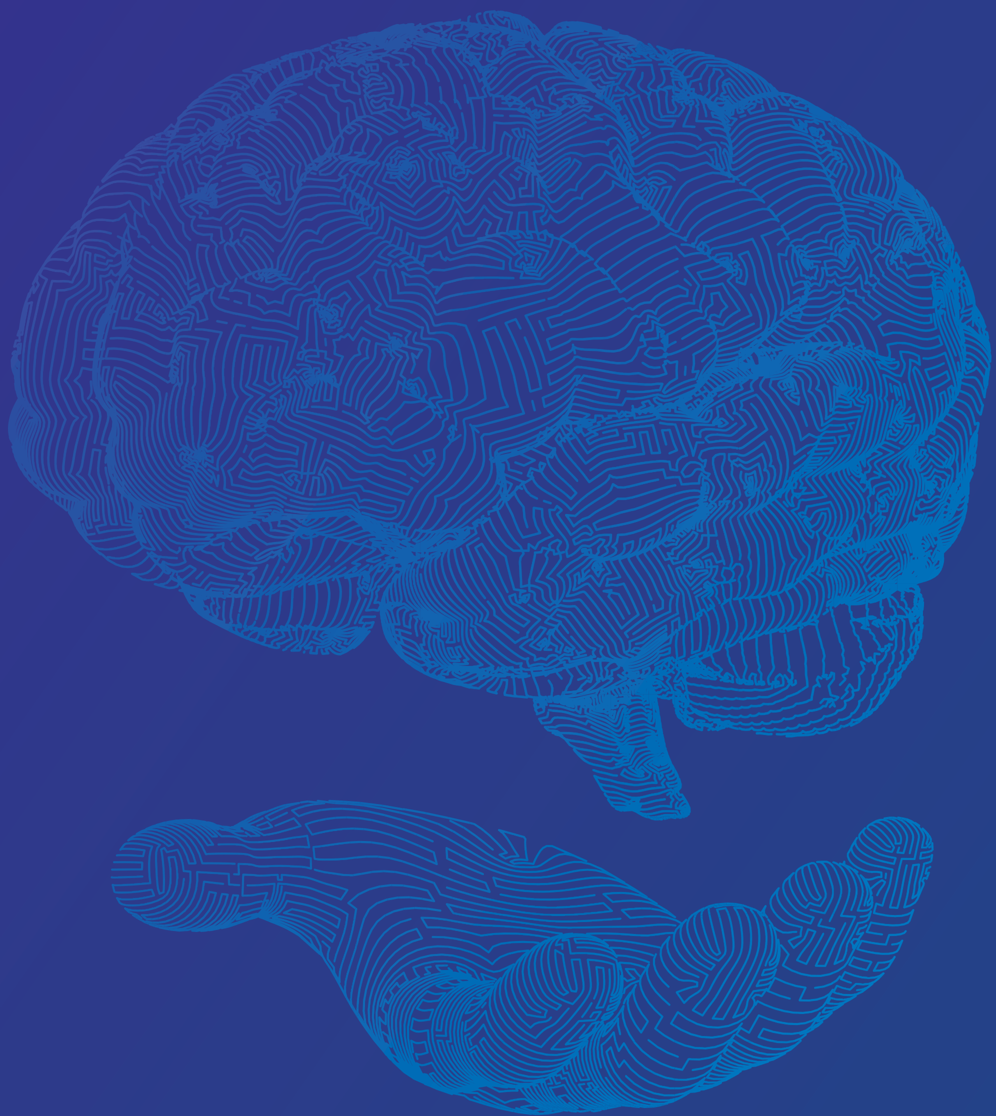
Prof. Dr. Laerte Fonseca

GEPEM/CCLM/IFS

Editor e Coordenador Geral da Revista

INSTITUTO FEDERAL
Sergipe

Reitoria
Avenida Jorge Amado, 1551 - Loteamento Garcia - Bairro Jardins
CEP.: 49025-330 - Aracaju/SE - CNPJ: 10.728.444/0001-00
TEL: 55 (79) 3711-1400



IFS
Grupo de Estudos Pesquisas em
Educação Matemática