



GOVERNO DO ESTADO DO
AMAZONAS



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS
NA AMAZÔNIA

O TRATAMENTO EPISTÊMICO DA IDEIA DE “ERRO” NA APRENDIZAGEM E
NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Manaus-AM,
2022.

ANA KEROLAINE PINHO BURLAMAQUI

**O TRATAMENTO EPISTÊMICO DA IDEIA DE “ERRO” NA APRENDIZAGEM E
NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como parte do requisito para a obtenção do título de mestre em Educação e Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. José Vicente de Souza Aguiar

Manaus-AM,
2022.

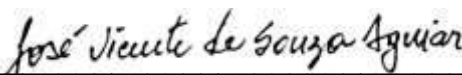
ANA KEROLAINE PINHO BURLAMAQUI

**O TRATAMENTO EPISTÊMICO DA IDEIA DE “ERRO” NA APRENDIZAGEM E
NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como parte do requisito para a obtenção do título de mestre em Educação e Ensino de Ciências.

Aprovado em: 07 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Vicente de Souza Aguiar
Orientador – UEA



Prof. Dr. Whasgthon Aguiar de Almeida
Membro Interno – UEA



Prof. Dr. Salatiel da Rocha Gomes
Membro Externo – SEMED

Dedico esta dissertação à minha avó materna, Rosenilda Maria Sarmiento Pinho “*In memoriam*”, que partiu de forma repentina e inesperada e deixou um imenso vazio. A você que esteve ao meu lado e acompanhou-me durante toda minha caminhada, exercendo um papel de mãe, ensinando-me sobre a vida, mulher mais incrível e bondosa que conheci, um exemplo. Celebrou comigo a aprovação no mestrado acadêmico, a concretização de um sonho. Mas, que infelizmente não estará em matéria para presenciar a finalização deste ciclo.

AGRADECIMENTOS

Este tópico, certamente, não é capaz de expressar o tamanho da minha gratidão por todas as pessoas que contribuíram nesta trajetória formativa, não somente acadêmica, mas pessoal. Ainda assim, me atrevo a tentar pronunciar meus sinceros agradecimentos.

Primeiro, agradeço a Deus, pela vida e saúde, por conceder força e discernimento para enfrentar os desafios encontrados no decorrer deste percurso e pelas inúmeras oportunidades concedidas.

Agora, reporto minhas palavras à minha família, de modo especial, aos meus pais Marciléia e Paulo César, à minha irmã Keitiane e ao meu companheiro Igor, por todo amor, apoio e compreensão, por tornarem a caminhada mais leve e feliz, por confiarem em meu potencial e na concretização deste ciclo. A família é a base de tudo!

Agradeço imensamente ao professor Dr. José Vicente pela confiança depositada desde a graduação, pelos encontros potentes e alegres, pelas palavras, questionamentos e leituras que incitaram desconstruções e retificações profundas, pelos desafios, pelo olhar rigoroso e atento, atitudes que me inspiram a ser uma pessoa melhor, mais sensível. Não poderia deixar de agradecer pela empatia e compreensão enquanto precisei me ausentar por problemas de saúde e pelo luto de uma pessoa tão querida e amada. O apoio prestado foi essencial para o enfrentamento deste momento adverso.

Aos professores, Dr. Davi Avelino, Dr. Salatiel da Rocha e Dr. Whasgthon Aguiar por comporem a banca examinadora de qualificação, pelas contribuições valorosas que enriqueceram o estudo e propiciaram novos olhares. Estendo os agradecimentos a professora Kelly Almeida, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática pelas ponderações durante a prévia de qualificação e pelo entusiasmo com a pesquisa.

À Universidade do Estado do Amazonas, sobretudo, ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia - PPGEEC, pela formação rigorosa, mas, ao mesmo tempo sensível e humana, pela movimentação dialética do pensamento, pelos ensinamentos e valores éticos.

Às minhas amigas, Anny Roberta e Maria Isabel, pela escuta atenta e acolhedora, pela partilha de experiências acadêmicas, pessoais e profissionais, pelos estímulos e palavras encorajamento.

À agência de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM pela concessão de bolsas de estudos desde a Iniciação Científica ao Mestrado, subsidio que viabilizou a pesquisa.

Agradeço ainda, a Escola Municipal Imaculada Conceição, meu local de trabalho, principalmente, a gestora Patrícia Amaral, pela compreensão, rede de apoio e incentivo, pelas experiências e diálogos que enriqueceram minhas reflexões enquanto docente e pesquisadora.

Expresso de forma afetuosa, minha gratidão a todos (as)!

“[...] não há operação objetiva sem a consciência de um erro íntimo e primeiro, devemos começar as lições de objetividade por uma verdadeira confissão de nossas falhas intelectuais”

(Gaston Bachelard)

RESUMO

O ato de aprender e construir conhecimentos comporta errâncias, seja na ciência ou no ensino, cujo erro representa um elemento inerente ao pensamento em processo de construções e rupturas, ao mesmo tempo traduz a marca de uma atividade intelectual em movimento. Desta maneira, o presente estudo tem como objetivo central compreender a ideia de “erro” no processo de ensino-aprendizagem, a partir do reconhecimento dos obstáculos epistemológicos e da tipologia de erros, o que requerem tratamentos tanto teóricos quanto didáticos. A pesquisa é de fundamentação teórica, com aporte na abordagem qualitativa. Inicialmente realizamos uma investigação exploratória de estado da arte acerca dos descritores *erros*, *ensino de ciências* e *obstáculos epistemológicos*, como forma de verificar limites e possibilidades, além de fornecer subsídios às discussões propostas. Posteriormente, o referencial teórico foi construído a luz da fundamentação epistemológica, psicológica e didática ao reunir aspectos teórico-práticos presentes nas obras de Bachelard (1978a, 1978b, 1996, 2006); Piaget (1970, 1975a, 1975b, 1976, 1999, 2013) e Astolfi (1994, 1997a, 1997b, 1998, 1999, 2012) autores que compõem o cerne da pesquisa e configuram a triangulação teórica. Por fim, o estudo abrange as discussões de Spinoza (2009), Merleau-Ponty (1999), Nóbrega (2016) e Deleuze (2002, 2019) ao pensar as afecções causadas no corpo-mente a partir dos encontros com os erros no ensino. Como resultados obtidos, o estudo sinaliza a escassa literatura relacionada ao descritor obstáculos epistemológicos, bem como a perspectiva teórica adotada ao refletir acerca do erro, lacunas que podem incitar novas investigações. Ademais, ressaltamos a necessidade/possibilidade de repensar o erro no processo de ensino-aprendizagem de ciências e a importância da construção de uma postura epistemológica pelo professor. A pesquisa buscou fornecer subsídios teóricos que contribuam para a resignificação do papel dos erros no ensino-aprendizagem de ciências, visto que não há aprendizagem sem obstáculos, o que requer rupturas e retificações acerca do ensinar e aprender.

Palavras-chave: Erro. Ensino-aprendizagem. Aluno. Professor. Ensino de ciências.

ABSTRACT

The act of learning and building knowledge involves mistakes, whether in science or in teaching, whose error represents an element inherent to the thought in the process of constructions and ruptures, at the same time translates the mark of an intellectual activity in movement. In this way, the present study aims to understand the idea of "error" in the teaching-learning process, from the recognition of epistemological obstacles and typology of errors, which require both theoretical and didactic treatments. The research is theoretically based, with a qualitative approach. Initially, a state-of-the-art exploratory investigation was carried out about the descriptors *errors*, *science teaching* and *epistemological obstacles*, as a way to verify limits and possibilities, in addition to providing subsidies for the proposed discussions. Subsequently, the theoretical framework was built in light of the epistemological and didactic foundation by gathering theoretical and practical aspects present in the works of Bachelard (1978a, 1978b, 1996, 2006); Piaget (1970, 1975a, 1975b, 1976, 1999, 2013) and Astolfi (1994, 1997a, 1997b, 1998, 1999, 2012) authors who compose the core of the research and configure the theoretical triangulation. Finally, the study includes the discussions of Spinoza (2009), Merleau-Ponty (1999), Nóbrega (2016) and Deleuze (2002, 2019) when thinking about the affections caused in the body-mind from the encounters with errors in teaching. As obtained results, the study points out the scarce literature related to the descriptor epistemological obstacles, as well as the theoretical perspective adopted when reflecting about the error, gaps that may encourage further investigations. Moreover, we emphasize the need/possibility of rethinking the error in the science teaching-learning process and the importance of building an epistemological posture by the teacher. The research sought to provide theoretical subsidies that contribute to the resignification of the role of errors in science teaching and learning, since there is no learning without obstacles, which requires ruptures and rectifications about teaching and learning.

Keywords: Error. Teaching-learning. Student. Teacher. Science teaching.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ensino de Ciências - Dissertações (2015-2019)	40
Gráfico 2 - Ensino de Ciências - Teses (2015-2019)	40
Gráfico 3 - Produções Regiões - Dissertações (2015-2019)	40
Gráfico 4 - Produções Regiões - Teses (2015-2019)	40
Gráfico 5 - Áreas do conhecimento - Dissertações (2015-2019)	43
Gráfico 6 - Áreas do conhecimento - Teses (2015-2019)	43
Gráfico 7 - Modalidades - Dissertações (2015-2019)	44
Gráfico 8 - Modalidades - Teses (2015-2019)	44
Gráfico 9 - Produções Regiões - Dissertações (2015-2019)	45
Gráfico 10 - Produções Regiões - Teses (2015-2019)	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triangulação teórica do estudo	50
Figura 2 - Cérebro (estado de inércia) - Cérebro (cinético e dinâmico)	60
Figura 3 - Neurônios e sinapses	60
Figura 4 - Prováveis estágios de desenvolvimento cognitivo.	62
Figura 5 - Triângulo didático	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 - Triângulo didático (setores)	Erro! Indicador não definido.
Figura 7 - Análise das representações	94
Figura 8 - Metáfora do iceberg	97
Figura 9 - Obstáculos epistemológicos e sistema didático.	98
Figura 10 - Aprendizagem de ciências e leitura do mundo	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dissertações e teses disponíveis acerca das temáticas	39
Tabela 2 - Dissertações e teses selecionadas para esse estudo	40
Tabela 3 - Temáticas mais pesquisadas - Dissertações.....	41
Tabela 4 - Temáticas mais pesquisadas - Teses	42
Tabela 5 - Tipologia dos erros.....	91

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
CAPÍTULO 1 – PERCURSO HISTÓRICO E INVESTIGATIVO	19
1. PERCURSO HISTÓRICO - DESCONTINUIDADES E RUPTURAS: OS ERROS NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E NO ENSINO	19
1.1 Ciência Moderna: Revoluções científicas	22
1.1.1 Revolução científica (século XVII - XVIII).....	22
1.1.2 Segunda Revolução Industrial (século XIX – XX)	25
1.1.3 Revolução científica do século XX	26
1.2 Percurso investigativo: estado da arte/conhecimento	36
1.3 Estado da arte: ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos.....	38
1.4 Análises sobre o descritor ensino de ciências	40
1.5 Análises sobre o descritor erro	46
1.6 Análises sobre o descritor obstáculos epistemológicos	51
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS DA PESQUISA	52
2.1 Epistemologia.....	53
2.2 Epistemologia genética: processos de construção da aprendizagem pela criança, entre equilíbrios e desequilíbrios	56
2.3 Epistemologia histórica de Gaston Bachelard: a pedagogia do novo espírito científico e o ensino de ciências.....	69
2.4 Epistemologia-didática: possibilidades a formação docente	82
2.5 O ERRO PLURAL	91
2.6 Representações e obstáculos à construção das aprendizagens científicas	96
CAPÍTULO 3 – ENCONTROS E AFECÇÕES, CORPO-MENTE NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	104
3.1 Percurso histórico: dualismo corpo-mente	104
3.2 Corpo-mente: a teoria dos afetos em Spinoza.....	109
3.3 Erros em Spinoza.....	120
3.4 Contra a servidão, caminhos para liberdade	123

CAPÍTULO 4 – ENSINO DE CIÊNCIAS, ERRO E CONSTRUTIVISMO	127
4.1 O Ensino de Ciências nos Anos Iniciais.....	127
4.2 Fundamentos Construtivistas: possibilidades ao ensino de ciências.....	134
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	150
REFERÊNCIAS	152

APRESENTAÇÃO

Esta pesquisa é fruto de um movimento formativo, uma tessitura construída através de estudos, diálogos e reflexões, nos momentos de leituras, experiências e trocas de saberes com sujeitos que contribuíram em minha formação enquanto docente e ser no mundo, deixando marcas que me afetaram positivamente no sentido spinoziano da palavra. O estudo dissertará acerca do erro no processo de ensino-aprendizagem de ciências, sem a pretensão de esgotar o assunto, ao reconhecer a riqueza da temática e a possibilidade de construção de inúmeras abordagens.

Na escola, os erros são vistos como falhas, um objeto medidor de notas capaz de apontar o desempenho dos alunos. Mas, os erros representam um indicador importante na construção da aprendizagem, são naturais e traduzem a marca de uma atividade intelectual em movimento de realização. Assim, delineamos o seguinte problema de pesquisa: o processo de ensino-aprendizagem deparando-se com o “erro” como um indicador e analisador dos processos intelectuais, pode promover a superação dos obstáculos epistemológicos para que atuem como fonte de novos conhecimentos e retificações nas aulas de ensino de ciências?

As questões norteadoras propuseram-se a refletir e investigar: De que modo as temáticas ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos têm sido abordadas em teses e dissertações presentes no catálogo da CAPES no período de 2015 a 2019? Qual a concepção de erro na perspectiva epistemológica de Gaston Bachelard e Jean Piaget? No que concerne à didática, qual a visão de erro no processo de ensino-aprendizagem de ciências? Ao deparar-se com o erro, o ensino de ciências considera as afecções causadas no corpo-mente como possibilidade de aumentar ou diminuir a potência do ser? No processo de ensino-aprendizagem de ciências o erro é considerado uma estratégia didático-epistêmica?

O objetivo geral visou compreender a ideia de “erro” no processo de ensino-aprendizagem, a partir do reconhecimento dos obstáculos epistemológicos e da tipologia de erros, o que requer tratamentos tanto teóricos quanto didáticos. E, no que concerne aos objetivos específicos, realizamos: 1. Investigar sobre o estado do conhecimento a partir de teses e dissertações presentes no catálogo da CAPES acerca das temáticas ensino de ciências, erros e obstáculos epistemológicos, no

período de 2015 a 2019; 2. Analisar a concepção de erro na perspectiva epistemológica de Gaston Bachelard e Jean Piaget, bem como sua visão em epistemologia-didática, no processo de ensino-aprendizagem de ciências; 3. Discutir as afecções causadas no corpo-mente mediante a identificação dos erros no processo de ensino-aprendizagem de ciências, como possibilidade de aumentar ou diminuir a potência do ser; 4. Reconhecer o erro como possibilidade de elaboração de estratégias didático-epistêmicas para o ensino de ciências, mediante subsídios construtivistas.

O estudo buscou dialogar com os campos da epistemologia, psicologia e didática, ao firmar suas discussões em aportes históricos, para melhor compreender as abordagens e perspectivas, além de evitar anacronismos. A fundamentação teórica é embasada principalmente nos autores Bachelard (1978a, 1978b, 1996, 2006); Piaget (1970, 1975a, 1975b, 1976, 1999, 2013) e Astolfi (1994, 1997a, 1997b, 1998, 1999, 2012) que compõem o cerne das investigações e configuram a triangulação teórica deste estudo. *A posteriori*, as discussões englobam as obras de Spinoza (2009), Merleau-Ponty (1999), Nóbrega (2016) e Deleuze (2002, 2019). Autores utilizados para embasar o fenômeno investigativo acerca do tratamento epistêmico do erro no processo ensino-aprendizagem de ciências.

Na oportunidade, tecerei um breve relato sobre minha relação com a temática, etapa que iniciou em 2016, após o convite do Prof. Dr. José Vicente de Souza Aguiar para participar do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica (PAIC), percurso que culminou na vigência de três projetos, entre o ano de 2016 a 2019.

O primeiro intitulado “*A formação do espírito científico: uma aproximação bachelardiana*”, teve como foco central a compreensão da ideia de obstáculos epistemológicos para a formação do pensamento científico e sua articulação à pesquisa e ao ensino de ciências a partir da leitura de Gaston Bachelard.

Neste mesmo período, em minhas vivências, enquanto estagiária, comecei a perceber a forte tendência a desqualificação dos erros no ambiente escolar, um discurso compartilhado não somente pelos professores e pela escola, mas também, pela família e por vezes, pelos próprios alunos. Posteriormente, na figura de docente percebi o quanto o sistema de avaliações, sobretudo, externas em larga escala fortalece esta concepção, o quanto a educação está voltada a mensuração do ser e a sua classificação, não somente na Educação Básica. No Ensino Fundamental, a cobrança se dá pelo alcance de metas, no Ensino Médio, a colocação dos alunos é o

que garante sua aprovação nos vestibulares, o mesmo ocorre para as mais diversas finalidades, neste sentido, por vezes o quantitativo impera, ao reduzir os estudantes a números. Esta concepção de erro incitou inúmeras inquietações, e durante as leituras de Bachelard encontramos uma nova possibilidade a fundamentação da ideia de “erro”, força movente que permitiu embasar uma nova perspectiva teórico-metodológica a fim de utilizá-los para fins didático-epistêmicos.

O segundo projeto, nomeado “O “erro” na aprendizagem: um indicador de obstáculo a cognição”, tinha o propósito de compreender o erro na aprendizagem, neste sentido buscamos investigar quais os tratamentos oferecidos as crianças diante dos erros identificados? Considerando a ideia de erro como um indicador do alcance da cognição, o que requer tratamentos tanto teóricos quanto didáticos. O terceiro “O “erro”: uma ferramenta para o processo ensino-aprendizagem”, visou a compreensão do “erro” no processo ensino-aprendizagem a partir dos estágios de desenvolvimento cognitivo, a mesma temática foi utilizada para o desenvolvimento da monografia, ao abranger os três anos de estudos.

Ao final da vigência de cada projeto obtivemos uma produção intelectual, no primeiro projeto participamos do 3º Congresso Amazônico de Iniciação Científica com apresentação de trabalho na categoria *pôster* e publicação do resumo expandido nos Anais do evento. Posteriormente, submetemos o resumo do projeto seguinte no VIII Simpósio de Educação em Ciências na Amazônia: SECAM, também apresentado na categoria *pôster* e publicado nos Anais, após as sugestões decidimos aprimorar o trabalho e em 2019 submetê-lo como artigo completo ao VI Congresso Nacional de Educação - CONEDU, realizado em Fortaleza - CE e defendido na modalidade comunicação oral. Mais recentemente, participamos do Simpósio de Pesquisa em Educação para a Ciência - SIPEC, no qual publicamos um artigo completo intitulado O “erro”: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem¹.

A temática diz respeito à necessidade de repensar o erro e seu papel no ambiente escolar, favorecendo a formação integral do sujeito. Na visão construtivista, os erros são apontados como uma exigência da cognição que ainda não foi suficientemente atingida pelo aluno, ou seja, como uma etapa inerente ao trabalho do pensamento em processo de rupturas, considerando que a aprendizagem é resultado de uma construção que ocorre por meio de tentativas, erros, acertos e retificações.

¹ O link de acesso aos trabalhos está disponível nas referências.

A pesquisa é de fundamentação teórica e abordagem qualitativa, realizada mediante análises e reflexões acerca da epistemologia dos autores Gaston Bachelard, Jean Piaget e Jean Pierre Astolfi, busca identificar suas contribuições e proposições a partir da identificação dos erros no processo de ensino-aprendizagem de ciências. Os dados obtidos a partir da pesquisa de estado da arte foram apurados mediante a Análise de conteúdo de Laurence Bardin (2011). O estudo proporciona o exercício analítico na perspectiva de fundamentos da pesquisa em educação, permite refletir sobre os obstáculos cognitivos que se colocam à construção das aprendizagens científicas e que por vezes passam despercebidos aos olhares cotidianos dos professores, além de embasar a prática docente à luz da epistemologia-didática.

No primeiro capítulo, a pesquisa versará sobre o “Percurso histórico e investigativo”. Inicialmente as discussões percorrem a história da ciência e revisita alguns episódios importantes nos quais os erros tiveram um papel central na construção de conhecimentos essenciais para a ciência moderna, posteriormente, realizamos o estudo de estado da arte acerca dos descritores ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos.

No segundo capítulo apresentamos a triangulação teórica, delineada a partir das teorias de Gaston Bachelard, Jean Piaget e Jean Pierre Astolfi, bem como sua inserção histórica e o caráter de influência entre os pensamentos dos estudiosos. A estrutura comporta os subtópicos “Epistemologia histórica de Gaston Bachelard: a pedagogia do novo espírito científico e o ensino de ciências”, “Epistemologia genética: processo de construção da aprendizagem pela criança, entre equilíbrios e desequilíbrios” e “Epistemologia-didática: possibilidades a formação docente”.

O terceiro capítulo “Encontros e afecções, corpo-mente no ensino de ciências” discorre sobre a teoria dos afetos em Spinoza, mediante as afecções causadas nos alunos a partir dos encontros em sala de aula, seja o encontro entre os corpos, seja o encontro com os erros, a considerar que ambos afetam, causam marcas capazes de aumentar ou diminuir a potência de pensar e agir.

O capítulo final intitulado “Ensino de ciências, erro e construtivismo” pronuncia algumas considerações acerca do ensino de ciências nos anos iniciais e apresenta a perspectiva construtivista como possibilidade de resignificação das práticas educativas, pautada no ensino científico ativo e, sobretudo, ao considerar o erro como um elemento substancial ao processo de ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO 1 – PERCURSO HISTÓRICO E INVESTIGATIVO

1. PERCURSO HISTÓRICO - DESCONTINUIDADES E RUPTURAS: OS ERROS NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E NO ENSINO

A ciência é fruto de uma construção humana multifacetada que compreende a emergência do saber, produção de cunho sócio-histórico marcada por organizações progressivas de natureza contínuas e descontínuas, resultado de investigações rigorosas, processuais e sistemáticas de natureza empírica, teórica e prática, cujo objetivo central visa a explicação do mundo natural e social, mediante a interpretação dos fenômenos, ao buscar responder a problemas e questionamentos. Objeto de estudo desde as civilizações antigas, a ciência emerge do pensamento filosófico grego por volta de 1.100 a.C. a 146 a.C., a partir de reflexões acerca do mundo, na tentativa de pautar o conhecimento na razão, cujo objetivo central estava orientado ao conhecimento acerca da natureza, sem a intencionalidade de modificá-la; este processo culminou, sobretudo, em conhecimentos no campo da matemática, medicina e astronomia. Dessa forma, a filosofia é estimada como o alicerce das ciências.

Na contemporaneidade, o conhecimento científico é construído a partir de pesquisas de natureza teórico-práticas, mediante análises, observações e reflexões, que ocorre por meio de aproximações sucessivas, através da constante análise dos erros anteriores, um processo contínuo de retificações. Na visão de Bachelard (1996), importante epistemólogo, a ciência precisa ser constantemente revista, a considerar que todo conhecimento é provisório e verificável.

No processo de formulação dos saberes científicos ocorrem várias crises, relacionadas à desconstrução de pensamentos que implicam na reorganização dos saberes. A ciência avança por meio de *rupturas*, a partir da superação dos *obstáculos epistemológicos* que a impedem de progredir, causam estagnação e regressão. Portanto, a verdade não pode ser classificada como definitiva, mas circunstancial, alusiva ao período histórico.

No século XX, Gaston Bachelard² (1884-1962) e Thomas Kuhn³ (1922- 1996), teceram correntes filosóficas pautadas na história da ciência, com enfoque na noção de *rupturas*. Os epistemólogos empenharam seus estudos a questionar a ideia de ciência cumulativa, resultante de um processo linear de incorporação das verdades e teorias. Afinal, seu desenvolvimento também ocorre a partir de rupturas, retificações e erros.

Bachelard torna a noção de ruptura epistemológica uma categoria conceitual que objetiva exprimir a natureza descontínua do desenvolvimento histórico. Por esta ótica, as discontinuidades da ciência ocorrem mediante o rompimento com os modelos vigentes e passados, com vista a formulação de um novo objeto; rupturas que modificam o modo como conhecemos e interpretamos o mundo, que requerem abertura do espírito. Este panorama composto por expressivas rupturas é nomeado por Thomas Kuhn de revoluções científicas, em outros termos “aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior (KHUN, 1978, p. 125).

Kuhn defende a necessidade das rupturas ao progresso científico e modificação das formas de conceber o mundo, logo, as discontinuidades representam uma característica importante das revoluções, pois, a cada novo paradigma o campo científico é transformado e instauram-se novos conhecimentos, “[...] cada revolução científica altera a perspectiva histórica da comunidade que a experimenta” (KUHN, 1978, p. 14).

Esta mudança de perspectiva afeta a estrutura da pesquisa no cenário pós-revolucionário; processo que traduz não somente a ruptura das antigas formas de pensamento, mas a ressignificação do campo que é modificado intensamente, isto é “[...] a revolução científica como sendo um deslocamento da rede conceitual através da qual os cientistas veem o mundo.” (KUHN, 1978, p. 137). Nas palavras de Bachelard, uma verdadeira conversão de pensamento.

Em alguns episódios da história da ciência, os conhecimentos aceitos pela comunidade científica, passam a ser julgados errôneos mediante novas investigações, suscitam intensas discontinuidades, como veremos a seguir. O tempo histórico

² Gaston Bachelard, professor, epistemólogo e poeta, responsável pela formulação dos conceitos de obstáculos *epistemológicos* e *rupturas*.

³ Thomas Kuhn, físico, filósofo e sociólogo da ciência, fortemente influenciado pelo pensamento de Bachelard.

precisa ser compreendido pelos elementos que os constituem, inclusive pela forma de pensamento que orienta as ações, todavia as discontinuidades foram ou são motivadas pelas emergências de formas de pensamentos que alimentam a pensar e agir de forma diferente. De acordo com Vera Portocarrero (2009, p. 12, grifo nosso):

As continuidades e discontinuidades do processo de produção da verdade científica, de acordo com a epistemologia, evidenciam que o *erro* tem uma positividade, porque a ciência não alcançaria seus objetivos se não conseguisse representar a sucessão de impasses, tentativas e retomadas, suas continuidades e discontinuidades.

A ciência progride a partir do movimento tentativa-erro-retificações, etapas inerentes a produção científica, suscetíveis a ocorrer durante todos os processos, desde o levantamento das hipóteses à validação das teorias, além de permitir rever conhecimentos. Por este ângulo, cabe refletir acerca do papel dos erros na construção do conhecimento e das aprendizagens científicas. Bachelard (1996, p. 14, grifo do autor) questiona:

[...] a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? A experiência *científica* é, portanto, uma experiência que *contradiz* a experiência comum. Aliás, a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolve-se no reino das palavras e das definições; falta-lhe precisamente esta perspectiva de *erros retificados* que caracteriza, a nosso ver, o pensamento científico.

A retificação dos erros e dos conhecimentos primeiros representam aspectos fundamentais à atividade científica, ao propiciarem um novo ponto de vista acerca do objeto investigado. Entretanto, o espírito é mais suscetível a reafirmar e preservar conhecimentos do que a desconstruí-los, fruto de um movimento inconsciente e acrítico, isto é, a fonte dos erros e obstáculos epistemológicos é encontrada no próprio ato de conhecer e construir conhecimentos. Bachelard (1996, p. 295) tece o seguinte esclarecimento:

A posição de segurança causa certezas, impossibilita tentativas e erros. Saberes fechados impedem o progresso do pensamento e da ciência. “Assim, a nosso ver, o homem que tivesse a impressão de nunca se enganar estaria enganado para sempre”.

O espírito aberto reconhece seu estado de inacabamento, necessidade de rupturas, disposto a dialetizar as formas de pensamento, concebe os erros como mola

propulsora para o campo da produção do conhecimento, possibilidade de criação. Contrariamente, o espírito fechado e conformista permanece inerte, imutável, assim, é preciso alargar e flexibilizar o pensamento, suscitar intensas modificações, o espírito não pode permanecer fechado a novos saberes a ponto de considerar uma verdade universal, pelo contrário, precisa estar aberto, disposto a mudanças. Em suma, “incertezas e erros que podem fazer a ciência progredir, conforme mostra sua história [...]” (PORTOCARRERO, 2009, p. 135).

A *posteriori* a pesquisa irá percorrer a história da ciência e revisitar alguns episódios importantes do século XIX e XX, nos quais os erros tiveram um papel central na construção de conhecimentos essenciais para a ciência moderna, fornecendo contributos valiosos que auxiliam a compreensão acerca do mundo. O século XIX marca um período de expressivo desenvolvimento científico, tecnológico e filosófico, principalmente na França e na Alemanha, período de conhecimentos retificados, suplementados e integrados que propiciaram importantes descobertas científicas.

1.1 Ciência Moderna: Revoluções científicas

1.1.1 Revolução científica (século XVII - XVIII)

O termo Revolução científica refere-se ao movimento que engendrou profundas mudanças no pensamento científico e filosófico, cujo resultado culmina no surgimento da ciência moderna e em expressivo desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento. A origem deste processo nos remete a Europa renascentista prolongando-se até o final do século XVII, alguns historiadores são ainda mais específicos e demarcam este período a partir das figuras de Nicolau Copérnico (1473-1543), cuja formulação da teoria Heliocêntrica é considerada a aurora deste período, à Isaac Newton (1643-1727) mediante a enunciação da Lei da gravitação universal que circunscreve este contexto.

De acordo com Martins (2006, p. 10) “Durante a revolução científica do século XVII, surgiram vários pensadores que procuraram entender como a humanidade havia se equivocado tanto e como seria possível evitar novos erros”, estudiosos como Francis Bacon e René Descartes começaram a questionar a legitimidade dos conhecimentos científicos a ponderar que antes da revolução estes saberes eram construídos de forma especulativa ao remeter suas bases aos filósofos pré-socráticos.

Os estudiosos passaram a apontar a necessidade de mensurar para compreender os fenômenos atribuindo grande importância a obtenção de dados precisos, Descartes assim como Galileu atribuiu um papel crucial a matematização. Segundo Fara (2014, p.153):

[...] René Descartes dedicou-se a promover uma reviravolta ainda mais drástica. Sua política era duvidar de tudo, derrubar as antigas fortalezas do conhecimento e construir metodicamente um novo sistema, sobre bases sólidas e seguras.

O filósofo defende a investigação da natureza a partir da observação, experimentação e raciocínio matemático, ou seja, uma atividade lógica-dedutiva direcionada à busca da verdade, Descartes defende a dúvida metódica como elemento fundante dos conhecimentos científicos. A partir da revolução científica a ciência estabelece suas bases e se torna uma área do conhecimento autônoma, cujo objetivo visa a construção de conhecimentos rigorosos, práticos e fundamentados, pois, outrora, ciência e filosofia estavam intimamente relacionadas. Mas, é importante salientar que:

O conhecimento humano é uma busca sem fim, que leva a resultados provisórios, não à verdade. Não se deveriam utilizar expressões como "verdade científica" ou "cientificamente provado", que transmitem uma visão deturpada da natureza da ciência. Não há um "método científico" capaz de construir um conhecimento livre de falhas (MARTINS, 2006, p. 10, grifo do autor).

Na ciência toda verdade é provisória e proveniente de um contexto sócio-histórico, assim os erros na ciência representam tentativas de abstração e desvelamento do mundo no que tange os limites do conhecimento, sejam aqueles construídos ou os de natureza desconhecida. Este contexto marca mudanças de paradigmas e intensas rupturas na forma de produzir ciência, isto é, partimos do Geocentrismo ao Heliocentrismo, do conhecimento especulativo ao conhecimento experimental, do raciocínio qualitativo ao raciocínio quantitativo. Em outros termos, construímos novas formas de pensar e fazer ciência, cuja nova configuração caracteriza-se pela imagem da ciência universal, necessária e que permite progressos a partir de tentativas e erros.

Os estudos matemáticos, físicos e astronômicos impulsionaram a revolução científica, processo que também repercutiu no desenvolvimento da biologia e química. Ademais, algumas instituições a exemplo da Royal Society⁴ contribuíram exponencialmente neste cenário ao publicar os trabalhos dos cientistas, seus achados e teorias, favorecendo o desenvolvimento de outras pesquisas e o processo de refutação ou validação pela comunidade científica, nos moldes como conhecemos atualmente. Entre os estudiosos expoentes desta época estão Nicolau Copérnico (1473-1543), Francis Bacon (1561-1626), Galileu Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630), René Descartes (1596-1650) e Isaac Newton (1643-1727).

Na filosofia cabe destacar o início de um novo embate, entre aqueles que defendiam a corrente racionalista cartesiana, cujo conhecimento era construído por meio da razão e entre os adeptos da corrente empirista baconiana, cuja natureza do conhecimento provém das experiências. Neste cenário, Emmanuel Kant (1724-1804) criticou o reducionismo e propõe a conciliação e conjugação das abordagens.

Contudo, é imprescindível destacar que um dos principais obstáculos epistemológicos enfrentados pela ciência através dos séculos pode ser encontrado dentro da própria academia ao apresentar resistências e embates entre diferentes correntes de pensamento. Ademais, o conflito mais expressivo e radical foi traçado pela igreja católica que perseguiu muitos estudiosos por heresia, ao proibir e caçar suas obras e até mesmo aplicar penas de morte⁵ a aqueles que não retratassem suas ideias. Exemplos desta natureza podem ser resgatados desde a Antiguidade, como a figura de Sócrates que foi condenado a morte por corromper os jovens atenienses com sua filosofia, a Copérnico, Bacon, Galileu⁶, Kepler, entre outros (GRIBBIN, 2005).

⁴ A Royal Society é a academia científica mais antiga da história, fundada em 1660 a instituição ainda vigente possui 361 anos de tradição voltada a promoção do conhecimento científico, mundialmente reconhecida pela sua excelência.

⁵ Giordano Bruno “[...] esteve envolvido num longo julgamento que terminaria com a sua morte na fogueira em auto-de-fé em 1600” (GRIBBIN, 2005, p. 38), condenado por não abjurar suas crenças e defender a teoria Heliocêntrica.

⁶ Aos 69 anos o astrônomo passou por uma audiência com os representantes da inquisição e temendo a morte “[...] fez a famosa declaração na qual ele afirmou não acreditar no sistema de Copérnico e confessou que o seu erro foi o de ter ido demasiado longe em apresentar os pontos de vista a favor do Copernicanismo no seu livro, devido a o seu mal orientado orgulho na sua capacidade em apresentar estas ideias (apenas com objetivos pedagógicos) de um modo plausível. Eu “abjuro, amaldiçoo e detesto meus erros”, disse ele” (GRIBBIN, 2005, p. 113), episódio que resultou em prisão domiciliar e vigilância de suas obras. Ademais, a obra de Descartes “*O mundo e o tratado da luz*” estava prestes a ser publicada assim que as notícias da condenação de Galileu se espalharam. “Embora toda a história do julgamento não se tornasse clara senão mais tarde, o que parecia ser claro na altura era que Galileu tinha sido condenado por causa de suas crenças copernicanas, e o manuscrito de Descartes apoiava bastante as ideias de Copérnico. Ele parou imediatamente a sua publicação e o livro nunca foi publicado, embora grande parte dele fossem usadas como base para alguns dos trabalhos posteriores de Descartes (GRIBBIN, 2005, p. 124).

1.1.2 Segunda Revolução Industrial (século XIX – XX)

A eletricidade é objeto de estudo desde a Antiguidade, mais precisamente no século VI, por volta de 600 a.C. A palavra deriva do grego *eléktron*, cujo termo significado âmbar, nomeado desta forma pelo modo como foi descoberta pelo filósofo grego Tales de Mileto, ao friccionar pele de animal a um âmbar e observar a atração gerada, como o efeito de um ímã.

Em 1779, Alessandro Volta⁷ estudioso em eletricidade, descobriu que a submersão de alguns metais em líquidos condutores produzia tensão elétrica. A partir desta descoberta, cientistas da época realizaram diversas investigações. Em 1.800, Volta inventou a primeira fonte de eletricidade confiável, uma pilha elétrica, nos anos seguintes muitos estudiosos começaram a produzir baterias e pilhas, mediante estas invenções, começou-se a pensar em formas de produzir energia elétrica. Vale destacar que a palavra eletricidade é mencionada por volta do século VI a.C., mas sua produção só ocorre no século XVIII, mesmo assim, na modalidade de pilha (GRIBBIN, 2005).

Por volta do ano de 1802, Humphry Davy criou uma fonte luminosa, nomeada lâmpada a arco voltaico, a partir de um circuito elétrico, alimentado por uma bateria, e, embora queimassem com facilidade, foram muito utilizadas em ambientes públicos. Em 1835 James Bowman Lindsay provou a possibilidade da energia elétrica constante, as décadas seguintes concentraram esforços a encontrar o material adequado que permitisse a lâmpada funcionar durante o maior tempo possível.

Thomas Edison (1847-1931)⁸, apesar de ser considerado o inventor da lâmpada, não foi o único responsável pela criação, a considerar que haviam diversas investigações e experimentos precedentes. A eletricidade foi investigada por muitos estudiosos que durante anos tentaram construir lâmpadas a partir da fonte de energia elétrica, mas encontraram dificuldades, pois, os materiais utilizados permitiam curta duração, reduzida a minutos ou poucas horas, além de apresentarem uma expressiva utilização de energia e custo. Em 1878, Thomas Edison⁹ começa a pesquisar e

⁷ A unidade de tensão elétrica “volt” (V), foi nomeada em homenagem a Alessandro Volta.

⁸ Thomas Edison, inventor, um dos responsáveis pela revolução tecnológica do século XX, contabilizou cerca de 1.300 patentes, suas invenções voltaram-se principalmente para a geração de energia e comunicação, considerado o maior inventor do século.

⁹ Há controversas acerca da autoria da lâmpada, a considerar que inventores em todo mundo contribuíram e apresentaram diferentes versões do produto, estabelecendo uma disputa acirrada. Entretanto, Thomas Edison é visto como o principal responsável pelo seu aperfeiçoamento.

desenvolver um sistema de iluminação elétrica, e, em meio a erros, o inventor não demonstrou desmotivação, apresentava um olhar positivo, ao entender que cada experiência errônea representava uma possibilidade, um caminho diferente. Após cerca de um ano e meio de tentativas e erros, com mais de 1.200 testes e utilização de diferentes materiais, conseguiu desenvolver uma lâmpada incandescente com o filamento adequado, capaz de incandescer sem queimar e suportar uma longa duração, brilhando inicialmente por 45 horas. A lâmpada é considerada uma das grandes invenções do século XIX, fator que engendrou a era da eletricidade.

Em 1882, Thomas Edison demonstrou que a energia poderia ser distribuída e nos anos seguintes, a tecnologia elétrica transformou a indústria e a sociedade, influenciando na criação de usinas elétricas e permitindo a substituição da energia a vapor pela energia elétrica, que passou a ser utilizada pela população, impulsionando a revolução industrial, a comunicação e a criação de eletrodomésticos. Ademais, Thomas Edison desenvolveu a primeira estação de energia, nomeada Pearl Station, responsável por abastecer o distrito de Wall Street em Nova York, além do medidor elétrico para rastrear o consumo dos usuários (COLLINS; GITELMAN; JANKUNIS, 2002). Durante anos continuou a trabalhar no aperfeiçoamento da lâmpada, o mesmo ocorreu com suas demais invenções, assim como a bateria de carro, a câmera cinematográfica, estrada de ferro eletromagnética, entre outros, além de atuar no aperfeiçoamento de outras invenções, a exemplo do telefone.

Thomas Edison descobriu no movimento tentativa e erro, um caminho para importantes invenções, ao demonstrar que é possível aprender preciosas lições com os erros, afirmava que a cada “fracasso” descobria uma forma de não proceder, portanto, cada experiência era considerada válida; estava certo de que este representava o caminho para significativas construções humanas.

1.1.3 Revolução científica do século XX

A revolução científica do século XX é marcada pela Teoria da Relatividade proposta por Albert Einstein¹⁰ (1879-1955), publicada em dois momentos, a saber: Teoria da Relatividade Restrita ou Especial (1905) e Teoria da Relatividade Geral (1915), ano em que Einstein finalizou o estudo e apresentou sua versão mais ampla.

¹⁰ Albert Einstein, físico teórico, reconhecido como um dos maiores cientistas da história, responsável por formular a Teoria da Relatividade Especial e Geral que fornecem subsídios a física e astrofísica moderna.

Em 1905, Einstein publicou quatro artigos na renomada revista alemã *Annalen der Physik*. O primeiro destinava-se ao movimento browniano e o segundo ao efeito fotoelétrico. Nos artigos seguintes, Einstein apresentava a comunidade científica a Teoria da Relatividade Restrita, fundamentada nos estudos e dados empíricos de James Clerk Maxwell, Albert Michelson, Hendrik Lorentz, Henri Poincaré e outros. Em seu último artigo, afirma a equivalência entre massa e energia e formula a celebre equação $E = mc^2$ (GRIBBIN, 2005).

A Teoria da Relatividade, revoluciona o conhecimento científico, influencia diversas áreas do conhecimento, ao romper com a física clássica e a lei da gravitação universal de Isaac Newton (1643-1727)¹¹. De acordo com Fara (2014, p. 302-303,):

A relatividade abala as maneiras comuns de pensar sobre espaço e tempo, estabelecidas por Newton três séculos antes. Para Newton, o espaço é fixo, e o tempo passa inexoravelmente a uma velocidade constante. Para Einstein, o tempo depende de onde você está e da velocidade da movimentação; portanto, só faz sentido definir o tempo pessoal em relação a outro referencial. No cosmos relativista de Einstein, apenas um elemento é constante: a velocidade da luz.

A teoria concebe os movimentos do universo de forma relativa, e, não mais como um valor universal, além de concluir que espaço-tempo representam uma unidade geométrica unificada. Entretanto, Einstein estava dedicado a responder como a gravidade funciona, prosseguiu durante anos seus estudos e observações, focado em descrever com precisão a relação entre espaço, tempo, luz e matéria, a partir de um modelo matemático.

Entre 1907 a 1912 concentrou esforços em elaborar as equações que comprovariam sua teoria, aproximou-se da resposta. Todavia, cometeu um erro¹² que o levou a questionar suas formulações, tentou solucionar o problema durante dois anos, mas não obteve êxito. Em 1915, Einstein reconhece a causa de seu erro e soluciona o cálculo, fator que lhe permitiu prosseguir e representou um momento decisivo. A Teoria da Relatividade Geral fornece explicações importantes que auxiliam na compreensão acerca da origem do universo, da órbita dos planetas e dos buracos

¹¹ Para Khun (1978, p. 131-132) “Mas se novas teorias são chamadas para resolver as anomalias presentes na relação entre uma teoria existente e a natureza, então a nova teoria bem sucedida deve, em algum ponto, permitir predições diferentes daquelas derivadas de sua predecessora. Essa diferença não poderia ocorrer se as duas teorias fossem logicamente compatíveis. No processo de sua assimilação, a nova teoria deve ocupar o lugar da anterior”.

¹² O erro decorreu do cálculo de encurvamento da luz, Einstein previu um valor superior ao esperado, encontrado anos depois (1,75 segundos).

negros, estudo que fornece embasamento para a física e astrofísica moderna, descreve a gravidade como um fenômeno que modifica a geometria do espaço.

Em 1917, Einstein decide modificar a equação da teoria inicial e adicionar a constante cosmológica (Λ), energia repulsiva orientada a equilibrar a força gravitacional, concedendo ao universo uma estrutura estática. No mesmo ano, astrônomos britânicos intencionados a investigar a veracidade da teoria, iniciaram um processo de planejamento e organização de expedições com o intuito de observar o eclipse solar que ocorreria em 1919. Mediante a aproximação da data, de forma estratégica, os astrônomos elegeram dois locais, os estudiosos Andrew Crommelin (1865-1939) e Charles Davidson (1875-1970) destinaram-se a Sobral, no Brasil. Durante o tempo em que Arthur Eddington (1882-1944) e Edwin Cottingham (1869-1940) estiveram no arquipélago de São Tomé e Príncipe, na costa africana, pois em ambos seria possível observar o fenômeno do eclipse total (MOREIRA, 2019).

O episódio tão esperado, ocorreu em 29 de maio de 1919, data que marcou as observações astronômicas mais importantes do século; na oportunidade foram capturadas fotografias que forneceram a base para a medição do ângulo de desvio da luz, dados seguidos de cautelosas análises nos meses posteriores a passagem do eclipse. Após este processo, em 06 de novembro do mesmo ano, os estudiosos publicaram os resultados que comprovaram a teoria proposta por Albert Einstein (MOREIRA, 2019) e, posteriormente, por experimentos conduzidos pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), além de outros estudos realizados ao redor do mundo.

Ao comprovar a teoria da relatividade, Einstein demonstrou a compreensão equivocada que tínhamos acerca do universo. “A Teoria da Relatividade foi desenvolvida e testada ao longo de muitos anos, e alguns aspectos só foram comprovados depois de meio século” (FARA, 2014, p. 302). Embora seja aceita nos dias atuais, não é possível identificar seu alcance e validade teórica, a considerar o caráter mutável da ciência, portanto, eis o desafio de repensá-la.

Em 1929 o astrônomo Edwin Hubble (1889-1953), provou que o universo estava em expansão, Einstein acreditou que a constante cosmológica fosse desnecessária e declarou que este foi o grande erro de sua vida e carreira. Contudo, em 1998 os astrônomos Saul Perlmutter, Adam Riess e Brian Schmidt descobriram que o universo está em aceleração, em oposição ao que se acreditava em decorrência da força gravitacional. Assim, esta força de aceleração cósmica simboliza a força

repulsiva proposta por Einstein. Atualmente acredita-se que cerca de 70% do universo seja composto por esta energia, nomeada “energia ou matéria escura”.

Os avanços nas áreas da Química, Física e Matemática incitaram a retificação dos conhecimentos científicos em conformidade com o contexto de revoluções científicas dos séculos XIX e XX, mediante o tratamento epistêmico dos erros que possibilitaram a construção e fundamentação de novas abordagens. Neste sentido, ao analisar a história da ciência é possível observar seu caráter processual e descontínuo, a partir de rupturas e retificações, a partir do ato de repensar e recolocar pensamentos em movimento, construir e reconstruir teorias, métodos e práticas. Segundo Bachelard (1978b, p. 176):

O espírito tem uma estrutura variável desde o instante em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana pode perfeitamente, em suas paixões, em seus preconceitos, em tudo o que depende de impulsos imediatos, ser um eterno recomeçar; mas há pensamentos que não recomeçam; são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. Não retornam à sua área restrita ou indecisa. Ora, o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Ele julga seu passado histórico, condenando-o. Sua estrutura é a consciência de suas faltas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica dum longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira. Toda a vida intelectual da ciência atua dialeticamente sobre esta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A essência mesma da reflexão é compreender que não se havia compreendido. Os pensamentos não-baconianos, não-euclidianos, não-cartesianos são resumidos nas dialéticas históricas que apresentam a retificação dum erro, a extensão dum sistema, o complemento dum pensamento.

O conhecimento científico é fruto de uma construção humana em processo de edificação e aperfeiçoamento, representa a retificação dos erros, ao romper conhecimentos anteriores; comporta riscos, hipóteses ousadas. Afinal, tudo aquilo que diverge, que foge ao pensamento comum, que se propõe a questionar, refutar, reformular, estará, sem dúvidas, bem mais suscetível a equívocos.

Este período transitório entre os séculos, marca expressivamente o contraste entre linhas de pensamentos pretéritas e recém-chegadas, este cenário de revoluções científicas constitui o campo prolífero do novo espírito científico em objeção à concepção positivista, suscita rupturas e descontinuidades, sobretudo, motiva o rompimento de verdades universais, ressignifica o olhar científico acerca da realidade, fator que estabelece a necessidade de revisitar seus princípios e verdades. Em outros termos, a ciência contemporânea demanda uma nova perspectiva teórica:

[...] as novas construções científicas como a relatividade, a teoria dos *quanta*, a mecânica ondulatória ou a mecânica de Dirac, não *continuam* o conhecimento vulgar, mas nascem de uma crítica e de uma reforma dos seus postulados (BACHELARD, 1978a, p. 73, grifo do autor).

A construção dos conhecimentos científicos transcorre numa perspectiva dialética, a partir da interpretação epistemológica dos conhecimentos ancorados no processo histórico e dinâmico. A história das ciências não deve ser vista de forma linear ou como acúmulo de fatos e eventos, contrariamente, é em termos de descontinuidades, abertura e rupturas com o senso comum que o conhecimento é construído:

Podemos, para tanto, utilizar a noção de ciência como um tipo de saber que se constitui num processo de busca da verdade, cada vez mais depurada dos erros iniciais, por meio de um discurso, isto é, de um conjunto de proposições articuladas de modo sistemático, mas que não é um discurso exclusivamente verdadeiro. Estamos levando em consideração seu caráter de questionamento que se constitui de proposições verdadeiras e falsas; não apenas as soluções que foram mantidas até o presente como verdades. O erro tem uma positividade histórica, ele é necessário, como explica Canguilhem, por ser um caminho indispensável à formulação de novos saberes, sempre que contribui para a construção de conceitos fundamentais para compreender a configuração de uma nova racionalidade (PORTOCARRERO, 2009, p. 85).

As rupturas, erros, tentativas e retificações, representam elementos substanciais a atividade científica, possibilitam a movimentação do espírito, ao romper o estado de inércia e conforto intelectual, buscam construir caminhos e superar os obstáculos epistemológicos à construção do conhecimento. Sob a ótica descontínua da ciência em curso, é possível refutar os saberes passados e presentes, a considerar que não há ciência sem o exercício rigoroso da reflexão:

Trata-se, com efeito, de mostrar a acção de uma história julgada, distinguir o erro e a verdade, o inerte e o ativo, o prejudicial e o fecundo [...]. No domínio da história da ciência, é necessário, além de compreender, saber analisar, saber julgar. [...] Por outras palavras, o progresso é a própria dinâmica da cultura científica, e é essa dinâmica que a história das ciências deve fornecer. Deve indicar julgando-a, valorizando-a, eliminando toda a possibilidade de um regresso a noções erradas. A história das ciências só pode insistir nos erros do passado a título de elemento de comparação (BACHELARD, 2006, p.205).

A história e a filosofia da ciência oportunizam este processo de reconhecimento, análise e diferenciação, fundamentam uma aceção crítica, afinal,

não basta apenas identificar os erros do passado, é necessário não recorrer as mesmas práticas e retirar-lhes os mais expressivos ensinamentos. A ciência é movida pelo processo de depuração dos erros iniciais com vista a construção de resultados cada vez mais preciso:

A verdade se dá no interior do discurso, num processo cuja historicidade é constituída no movimento de verdade e erro. O elemento que exprime primordialmente sua normatividade é o *conceito*, cuja historicidade constitui o objeto da epistemologia (PORTOCARRERO, 2009, p. 116, grifo nosso).

Este movimento tentativa-erro, verdade-erro, constitui o cerne da ciência, é objeto de estudo da epistemologia em diferentes perspectivas teóricas, discussão que será ampliada posteriormente. Esta dinâmica representa possibilidade de aperfeiçoamento e elaboração de condutas mais adequadas ao objetivo proposto, simboliza efetuação; quem erra poderá descobrir novas respostas, novas direções e até mesmo novas perguntas, cada erro simboliza um ensinamento. Reconhecer o erro consiste a uma condição para novas formas de pensar os fenômenos sociais:

Ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual. No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização (BACHELARD, 1996, p. 17).

Assim como na ciência, o processo de ensino-aprendizagem comporta tentativas e erros, fruto de um domínio imperfeito e processual que permite ao sujeito construir e retificar saberes ao longo de seu desenvolvimento. O erro representa um caminho percorrido mediante a busca de conhecimentos, simboliza uma possibilidade na vida. Logo, não há ciência ou processo de ensino-aprendizado sem erros, a considerar que em ambos, os conhecimentos não foram previamente construídos ou automatizados. Desta forma, é preciso arriscar, aprender/reaprender e acima de tudo, tentar. “É então que se tem acesso ao erro positivo, ao erro normal, ao erro útil [...]” (BACHELARD, 1996, p. 298).

A escola também precisa aprender a lidar com as incertezas e “fracassos” e acima de tudo, perceber que a cada questionamento e erro existe uma oportunidade de avanço. Seja na ciência ou na educação, não podemos negligenciar os erros e os processos de aprendizagens centrados neles. Isto posto, é importante que os erros

sejam retificados, que as experiências primeiras sejam colocadas a prova, como forma de romper ideias e pensamentos concebidos de forma acrítica. O espírito científico requer este movimento de construção e reconstrução de saberes, superação dos obstáculos epistemológicos, bem como a colocação de problemas e uma atitude de vigilância epistemológica. Nas palavras de Bachelard (1996, p. 18) “aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado”.

Contudo, apesar das inegáveis contribuições dos erros no processo de construção dos conhecimentos científicos, atualmente ainda é possível notar de forma bastante expressiva, a supervalorização dos acertos em detrimento dos erros, seja na ciência, na atividade de ensino ou na própria sociedade. De forma análoga, é atribuído crédito aos resultados, sem enfatizar os processos que culminaram na construção destes conhecimentos. Compartilhar exclusivamente os sucessos e resultados favorece o fortalecimento da concepção de uma ciência “pronta” vista como produto ao desconsiderar o percurso que corroborou para a construção do conhecimento. Ademais, comumente difunde-se a visão de que apenas os resultados positivos são dignos de prestígios e reconhecimentos, valorizando exclusivamente os acertos, em oposição aos erros e tentativas de acertos, como se ambos não contribuíssem para o progresso da ciência.

Esta visão de uma ciência pronta e isenta de erros, é por vezes fortalecida pela própria escola, em seu discurso, nos livros didáticos, contribuindo para a disseminação desta perspectiva. Nas últimas décadas este debate acerca dos erros e acertos, resultados e processos, foi pauta de inúmeras reflexões pela comunidade científica tendo em vista a desconstrução deste estigma acerca dos erros e do compartilhamento quase exclusivo dos resultados positivos da ciência. Após muitos debates e um movimento de desconstrução, surgiram alguns periódicos internacionais voltados ao compartilhamento de pesquisas, cujos resultados não foram esperados, em outras palavras, “resultados negativos”, frutos de erros, hipóteses descartadas, resultados nulos ou inconclusivos. Pesquisas que normalmente seriam descartadas, passam a ser compartilhadas, desde que seus contributos sejam significativos para o campo de estudo. Neste viés, os periódicos “*Journal of Trial and Error*” (JOTE) e “*The All Results Journals*”, são destinados unicamente, a publicação destes resultados considerados “falhos”.

Journal of Trial and Error, em tradução livre, “Revista da tentativa e erro” é um periódico de origem holandesa influenciado pelo movimento ciência aberta que visa tornar os processos científicos mais transparentes e acessíveis. Os idealizadores enfatizam que “a forma como a ciência é comunicada afeta a maneira como a ciência é feita” (JOURNAL OF TRIAL AND ERROR, 2021). Nesta perspectiva, entende-se a relevância de compreender os processos, tentativas e erros, e, não somente os resultados desejados. O erro exerce um caráter fundamental, informativo e benéfico, ao compartilhá-los pesquisadores podem aprender lições valiosas, inclusive sobre o que não fazer, poupando energia, tempo e recursos. O periódico ressalta:

Na ciência e na educação, a tentativa e o erro são processos fundamentais de aprendizagem e descoberta. Estamos convencidos do papel produtivo dos erros, por isso *JOTE publica respostas à pergunta “o que deu errado?” na forma de comunicações curtas, bem como problematizando ‘a questão do fracasso’, facilitando reflexões e discussão sobre o que significa o fracasso na pesquisa [...]*.

JOTE vislumbra ‘tentativa e erro’ como um processo inerente à pesquisa. É o processo coletivo de aprendizagem com os sucessos e fracassos. O fracasso é um componente essencial da investigação: no limite do desconhecido, não podemos esperar senão cometer erros teóricos e práticos. O que é fundamental para tornar o fracasso produtivo, contudo, é incorporá-lo nesse processo dinâmico de tentativa e erro, ou seja, fazer com que os fracassos sejam conhecidos por outros pesquisadores da área [...] (JOURNAL OF TRIAL AND ERROR, 2021, grifo do autor, tradução nossa).¹³

O escopo da revista recebe artigos de todas as áreas de conhecimento, em três formatos; artigos de natureza empírica, de reflexão e de meta-pesquisa. Atribui a cada escrito, avaliadores especialistas na área e publica anualmente cerca de 20 estudos. A equipe responsável pelo periódico é composta por acadêmicos de cursos de pós-graduação, correspondentes ao mestrado e ao doutorado nas áreas de História, Filosofia, Neurociências e Psicologia.

“*The All Results Journals*”, em tradução livre, “Revista de todos os resultados”, é publicada pela Society for the Improvement of Science (SACSIS) - Sociedade para

¹³ Texto original: In science and scholarship, trial and error is a fundamental process of learning and discovery. We are convinced about the productive role of errors, and so JOTE publishes answers to the question “what went wrong?” in the form of short communications, as well as problematising ‘the question of failure’, facilitating reflections and discussion on what failure means in research [...]

JOTE envisions ‘Trial and Error’ as an inherent process of research. It is the collective process of learning from the successes and failures. Failure is an essential component of investigating: at the edge the unknown, we cannot expect other than making theoretical and practical errors. What is key to make failure productive, however, is to embed it within this dynamic process of Trial and Error, that is, to make failures known to other researchers in the field (JOURNAL OF TRIAL AND ERROR, 2021, grifo do autor).

o Aperfeiçoamento da Ciência, possui escopo destinado as áreas da Química, Física, Biologia e Nanotecnologia. Entretanto, algumas seções do periódico tiveram suas publicações descontinuadas, como ocorreu com as áreas da Física e Nanotecnologia que publicaram apenas sua primeira edição, em 2011 e 2015 respectivamente. A seção destinada à Química se manteve até o sexto volume, em 2015. Mas, apenas a área da Biologia possui publicações recentes, referentes ao segundo semestre de 2020. A revista justifica a constituição de seu escopo a partir dos seguintes dados:

Atualmente, mais de 60% dos experimentos não produzem resultados ou descobertas esperadas. Essa alta porcentagem de pesquisas “fracassadas” geram conhecimentos de alto nível. Mas, geralmente, todos esses experimentos negativos não foram publicados em lugar nenhum, pois foram considerados inúteis para o nosso alvo de pesquisa. O objetivo principal do The All Results Journals centra-se na recuperação e publicação de resultados negativos, informações valiosas na Ciência. Esses experimentos são considerados uma chave vital para o desenvolvimento da ciência e o catalisador para um conhecimento empírico real baseado na ciência (THE ALL RESULTS JOURNALS, 2021, grifo do autor, tradução nossa).¹⁴

Ao identificar erros na pesquisa, os cientistas podem questionar “O que deu errado?” “Por que deu errado?” E após um período de reflexão e análises será possível colocar em prática os novos conhecimentos construídos. Erros que impulsionam, representam passos importantes, seja como forma de redirecionar práticas, seja para fornecer novos pontos de vista. Além disso, percebemos o notório avanço e desconstrução em alguns periódicos que expandiram seus enfoques para recepcionar e publicar pesquisas cujos resultados são validos cientificamente independentes de serem resultados “positivos” ou “negativos”, provenientes de erros ou acertos. Afinal, ambos podem fornecer contributos para o processo de desenvolvimento da ciência. Como exemplificação, apresenta-se os periódicos “*Open Science Journal*”, “*Scientific Reports*” e “*Plos One*” que possuem este caráter dual, dentre outros.

Apesar da visão comumente compartilhada de erro através de uma perspectiva desfavorável, destaca-se um caráter demasiado fecundo e profícuo se

¹⁴ Texto original: At present, more than 60% of the experiments fail to produce results or expected discoveries. This high percentage of “failed” research generates high level knowledge. But generally, all these negative experiments have not been published anywhere as they have been considered useless for our research target. The main objective of The All Results Journals focuses on recovering and publishing negative results, valuable pieces of information in Science. These experiments are considered a vital key for the development of science and the catalyst for a real science-based empirical knowledge (THE ALL RESULTS JOURNALS, 2015, grifo do autor).

comparado a saberes fechados, visões engessadas e absolutas. No tocante, destaco a importância do ser despir-se de suas certezas e de demonstrar um espírito de abertura. O periódico “*Plos One*” exemplifica de forma bastante clara esta concepção, ao denominar a seção destinada aos resultados negativos, como “As peças que faltam” por compreender que os erros ou hipóteses descartadas, talvez representem o caminho para descobertas/construções. Popper (1975, p. 177, grifo do autor) afirma:

Admitidamente, todos nos esforçamos por evitar erro; e deveríamos ficar tristes ao cometer um engano. Todavia, evitar erros é um ideal pobre: se não ousarmos atacar problemas tão difíceis que o erro seja quase inevitável, então não haverá crescimento do conhecimento. De fato, é com nossas teorias mais ousadas, *inclusive as que são errôneas*, que mais aprendemos. Ninguém está isento de cometer enganos; a grande coisa é aprender com eles.

Ao equivocarse o cientista repensa, questiona o ocorrido e busca reajustar ou até mesmo descartar ideias e hipóteses, tendo em vista a construção de métodos e teorias. Atletas que erram e os reconhecem, treinam mais, aperfeiçoam suas técnicas e movimentos. O escritor que erra, apaga, recomeça e reescreve suas palavras. O professor que erra, pesquisa, busca metodologias e referenciais mais apropriados, além de redirecionar suas práticas. O aluno que erra, investiga novos caminhos, indaga, refaz e reformula. Portanto, se o sujeito estiver suscetível a aberturas, poderá aprender com seus erros (PERISSÉ, 2012). De fato, o erro não é reduzido a ciência, ao ensino, mas, é próprio da natureza humana, elemento constitutivo da vida, do próprio desenvolvimento do ser em seu processo de atualização e efetuação, o erro insere o sujeito na ação, representa possibilidade. Como descrito por Vera Portocarrero (2009, p. 81):

O erro ocorre quando o homem se coloca no lugar errado, numa relação errada com o meio, no lugar errado para receber a informação necessária à sobrevivência, à ação e ao crescimento. Temos que nos movimentar, errar e nos adaptar para sobreviver. Esta condição de errar ou mudar não é meramente acidental ou externa à vida, mas sua forma fundamental. De acordo com esta concepção de vida, o conhecimento é uma busca pela informação correta.

O erro é um ato criativo do homem em movimento de adaptação a novas situações, em busca de construir novas interpretações. Logo, a visão de certo-errado, verdade-erro, apenas refletem a ação do homem em um campo objetivo. Assim, é

possível falar em erro fundamental, próprio da existência humana, visto que o conhecimento é construído mediante o reconhecimento dos erros, a cada tentativa, na busca pelo desconhecido. Em outras palavras, “O erro é constitutivo do campo do possível em toda a extensão” (PORTOCARRERO, 2009, p. 59).

A seção seguinte constitui a etapa inicial da pesquisa, percurso investigativo que norteou o estudo em suas etapas. Ao proceder uma investigação de estado da arte/conhecimento obtém-se dados quali-quantitativos que fornecem subsídios a pesquisa. Buscou-se identificar os referenciais teóricos empregues nas dissertações e teses, seja como forma de reconhecer novas abordagens, seja para verificar/legitimar a utilização dos referenciais adotados. A investigação justifica-se pela possibilidade de fundamentar um estudo subsidiado por uma perspectiva pouco explorada no campo.

1.2 Percurso investigativo: estado da arte/conhecimento

O termo estado da arte ou estado do conhecimento denomina uma modalidade de pesquisa de natureza bibliográfica que apresenta o desafio de realizar um levantamento acerca das produções acadêmicas de um determinado tema em relação a uma área do saber específica, além da oportunidade de proceder análises e discussões de modo a identificar como o conhecimento está sendo produzido, seja do ponto de vista da abordagem teórico-metodológica, seja sobre as emergências de temáticas mais investigadas em determinado período. Estado da arte é um:

Estudo descritivo da trajetória e distribuição da produção científica sobre um determinado objeto, estabelecendo relações contextuais com um conjunto de outras variáveis, como por exemplo, data de publicação, temas e periódicos etc. (UNIVERSITAS *apud* VOSGERAU; ROMANOWSKI, 2014, p.171).

As investigações do estado da arte tornam-se cada vez mais relevantes ao cenário acadêmico, devido ao aumento crescente no volume de produções. Desta forma, ao realizar previamente este tipo de estudo, o pesquisador poderá refletir sobre fatores fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa, assim como: as temáticas mais recorrentes e as menos focalizadas, identificar as regiões do país e as instituições em que esses estudos tem sido desenvolvidos, quais os sujeitos

envolvidos, com base em quais abordagens teóricas-metodológicas, dentre outros aspectos.

Vosgerau e Romanowski alegam que (2014, p. 172) “não se restringe a identificar a produção, mas analisá-la, categorizá-la e revelar os múltiplos enfoques e perspectivas”. Para eventualmente, estabelecer novos caminhos, verificar potencialidades, fragilidades e lacunas, que podem resultar em novas investigações. As pesquisas desenvolvidas sobre:

Estados da arte podem significar uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 39).

As pesquisas do estado da arte possuem um caráter descritivo e são realizadas mediante o estabelecimento de categorias, palavras-chave ou descritores, tendo em vista o reconhecimento dos principais termos e conceitos empregues para otimizar as buscas. Em seguida, iniciamos a seleção das pesquisas em concordância com os critérios de maior aproximação, à luz dos objetivos propostos, a *posteriori* foram efetivadas leituras das pesquisas selecionadas para a investigação, etapa que viabiliza um intercâmbio de conhecimentos.

A pesquisa é de natureza bibliográfica, realizada no catálogo de teses e dissertações da CAPES, considerando os descritores: ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos, no período de 2015 a 2019. O estudo foi desenvolvido em duas etapas, inicialmente a partir da busca pelas dissertações e teses, em seguida, pela realização de um processo de imersão através da leitura e seleção dos resumos que mais se aproximavam do enfoque da pesquisa, mediante os critérios de inclusão e exclusão.

Categorias de inclusão:

- Atender aos descritores: ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos.
- Produções realizadas entre os anos de 2015 a 2019.
- Referenciais teóricos que se aproximam do propósito central da pesquisa.

Categorias de exclusão:

- Dissertações e teses que não fossem da área da Educação ou Ensino de Ciências.
- Produções que não atendessem o recorte de 2015 a 2019.
- Pesquisas cujos conceitos dos descritores não fossem compatíveis.

Com base no agrupamento, os resultados obtidos foram organizados em gráficos e tabelas, de modo a dinamizar a leitura, análises e interpretação dos dados, sendo categorizados entre dissertações e teses, temas de maior recorrência, número de publicações por ano, regiões, áreas do conhecimento e modalidades.

A análise de conteúdo de Bardin (2011) norteou o desenvolvimento da pesquisa a partir das etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados da interpretação. Na fase inicial realizamos a leitura flutuante dos trabalhos, seleção das teses e dissertações que comporiam o estudo, bem como o processo de sistematização e codificação. Em seguida, foram aplicadas as técnicas estabelecidas como parâmetros da investigação conforme supramencionado, por fim procedemos a seleção dos resultados e interpretação em formato de gráficos, tabelas e texto discursivo.

1.3 Estado da arte: ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos

O sistema de pós-graduação no Brasil tem se expandido nas últimas décadas, através da criação de novos programas *stricto-sensu* destinados as mais diversas áreas do conhecimento, fator que contribui para o aumento do fluxo de pesquisas no país. Uma das áreas contempladas diante deste processo é a de ensino de ciências, que apresenta vários enfoques de investigação científica, contribuindo para a produção do conhecimento e difusão da ciência.

Acompanhando esta ampliação, em 2011 a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) criou a Área 46, que incorporou os PPGs da antiga Área de Ensino de Ciências e Matemática, criado em 2000. Neste sentido, convém investigar os estudos que compõem este campo, mediado por descritores que possuem estreita relação com a temática analisada, assim como ensino de ciências, erro e obstáculos epistemológicos.

A pesquisa visa realizar um mapeamento acerca das dissertações e teses produzidas nos anos de 2015 a 2019, de modo a verificar o estado da arte, conhecer as abordagens desenvolvidas acerca da temática e as possibilidades de pesquisas para investigação científica, não se limita apenas a identificar os estudos, mas busca investigar, analisar e categorizar as perspectivas existentes. A coleta dos dados foi realizada com base no catálogo de teses e dissertações da CAPES, cujos resultados obtidos foram organizados e sistematizados em tabelas e gráficos visando a análise e compreensão do estado de conhecimento.

Resultados e discussões

Abaixo apresenta-se o quantitativo de dissertações e teses entre os anos de (2015-2019), a considerar os descritores e os filtros estabelecidos para seleção.

Tabela 1 - Dissertações e teses disponíveis acerca das temáticas (2015-2019)

Descritores	Dissertações 2015-2019	Teses 2015-2019	Total de produções por descritor:
Ensino de Ciências	2.355	918	3.273
Erro	159	106	265
Obstáculos epistemológicos	25	13	38
Total de produções (2015-2019)	2.539	1.037	3.576

Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Ao analisar os dados, observa-se que o maior quantitativo de pesquisas está destinado ao ensino de ciências, o que representa um avanço quantitativo importante e necessário a área. Entretanto, notamos a grande disparidade em se tratando de outras temáticas que possuem um fluxo muito menor de pesquisas, a considerar os descritores: erro com (265) pesquisas e obstáculos epistemológicos com apenas (38), fator que justifica a relevância de proceder um estudo acerca da temática, assim como nos propomos ao investigar o tratamento epistêmico da ideia de erro, considerando nesta perspectiva os obstáculos que se apresentam a construção dos conhecimentos científicos no contexto escolar, sobretudo, no ensino de ciências.

Esses últimos dados indicam a necessidade/possibilidades de investigações de cunho epistêmico, pois enquanto muitas áreas estão sendo amplamente discutidas, outras ainda carecem de pesquisas, discussões e novos enfoques.

A tabela a seguir corresponde aos dados obtidos a partir da realização da seleção dos trabalhos destinados a pesquisa.

Tabela 2 - Dissertações e teses selecionadas para esse estudo (2015-2019)

Descritores	Dissertações 2015-2019	Teses 2015-2019	Total de produções por descritor:
Ensino de Ciências	249	96	345
Erro	27	10	37
Obstáculos epistemológicos	13	9	22
Total de produções (2015-2019)	289	115	404

Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Com base nos dados do levantamento geral, considerando a leitura dos resumos e os critérios de inclusão/exclusão, selecionamos os estudos que se encaixavam nessa proposta de investigação, com vista a mapear as produções destinadas a serem analisadas neste estudo. Por conseguinte, obteve-se (345) pesquisas com enfoque no ensino de ciências, (37) destinadas aos erros e (22) sob a ótica dos obstáculos epistemológicos.

1.4 Análises sobre o descritor ensino de ciências – (345 produções)

O ensino de ciências representa um vasto campo de conhecimento, abrange os ramos da Física, Química, Biologia, Matemática e das Ciências Naturais. Tais disciplinas possibilitam ao aluno testar possibilidades, levantar hipóteses, adquirir conhecimentos, atitudes e habilidades que auxiliem na interpretação dos fenômenos relativos à vida, principalmente dos que demandam aportes das ciências.

Ao realizar a seleção das pesquisas referentes aos descritores mencionados, nos detivemos a investigar o ensino de Ciências Naturais no Ensino Fundamental I e II a partir do universo de 3.273 pesquisas identificadas, das quais (249) dissertações e (96) teses se aproximaram das categorias de inclusão, o que corresponde a 345 produções. Deste modo, buscou-se analisar as temáticas de maior interesse.

Tabela 3 - Temáticas mais pesquisadas - Dissertações (2015-2019)

Temas	Quantidade de trabalhos
Formação de Professores	19
Educação Ambiental	19
Alfabetização Científica	18
Ensino por Investigação	13
Tecnologias Digitais e Jogos Didáticos	13
Experimentação	9
Abordagem CTS/CTSA	9
Ensino de Astronomia e Robótica	8
Avaliação no Ensino de Ciências	8
Análise de Livros Didáticos de Ensino de Ciências	7
Abordagem Interdisciplinar	7
Ensino em Espaços não formais	6
Currículo no Ensino de Ciências	6
Divulgação Científica	4
Total:	156

Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Verifica-se que foi possível categorizar (156) estudos com aderência devido a recorrência dos temas, quanto aos demais trabalhos (93) apresentavam perspectivas diferentes e de menor incidência. Em maior número, nota-se as temáticas de Formação de Professores e Educação Ambiental, ambas com (19) pesquisas. A primeira diz respeito tanto ao nível de formação inicial quanto continuada, buscando compreender quais os enfoques dos cursos de formação e de que forma contribuem para a construção/reconstrução das práticas pedagógicas. Em Educação Ambiental focalizam a formação do indivíduo para a coletividade, na perspectiva das questões sociais, opondo-se a visão conservacionista do meio ambiente, contribuindo para a construção de conhecimentos e valores, bem como a adoção de competências, atitudes e habilidades que possam ser incorporadas às práticas sociais, uma educação para a sustentabilidade.

Os estudos voltados a Alfabetização Científica com (18) produções, empenham-se em compreender como ocorre a efetivação da prática nas escolas, apontando obstáculos e potencialidades, além de ressaltar sua importância no processo de formação do sujeito, oportunizando ao aluno compreender o mundo sob a ótica da Ciência em suas mais diversas manifestações, fornecendo os conhecimentos necessários para que o aluno possa interpretar e resolver os problemas relacionados a sua realidade. Ademais, nota-se o Ensino por Investigação

com (13) e o uso de Tecnologias Digitais e Jogos Didáticos com (13), na tentativa de aproximar o aluno do universo da ciência e torná-lo sujeito do processo ensino, contribuindo para a aprendizagem significativa. Posteriormente, temos produções com enfoque no Ensino por Experimentação com (9), Abordagem CTS/CTSA com (9), Ensino de Astronomia e Robótica com (8), Avaliação no Ensino de Ciências com (8), Análise dos Livros Didáticos com (7), Abordagem Interdisciplinar com (7), Ensino em Espaços não formais com (6), Currículo no Ensino de Ciências com (6) e Divulgação Científica com (4).

Referente às teses, foram selecionadas (96) pesquisas para esse estudo, deste total, (62) delas indicam perspectivas similares, conforme as temáticas:

Tabela 4 - Temáticas mais pesquisadas - Teses (2015-2019)

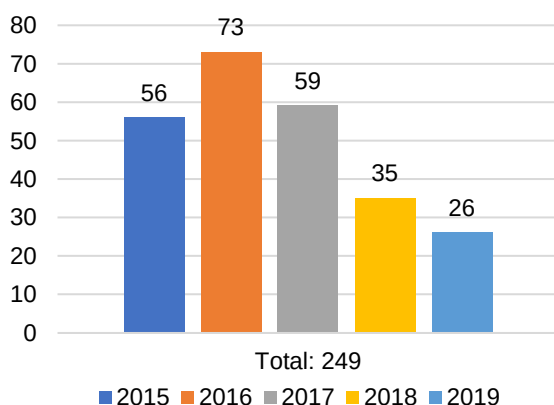
Temas	Quantidade
Formação de Professores	24
Investigação das Práticas Pedagógicas	7
Educação Ambiental	7
Ensino por Investigação	6
Abordagem CTS/CTSA	6
Alfabetização Científica	5
Ensino de Astronomia	4
Resolução de Problemas	3
Total:	62

Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Os dados da investigação apontam maior frequência para a temática Formação de Professores com (24) pesquisas, Investigação das Práticas Pedagógicas com (7), Educação Ambiental com (7), Ensino por Investigação com (6), Abordagem CTS/CTSA com (6), Alfabetização Científica com (5), Ensino de Astronomia com (4) e Resolução de Problemas com (3), cuja metodologia de ensino aplicada estimula o aluno a questionar e pensar cientificamente, valorizando o ensino por perguntas.

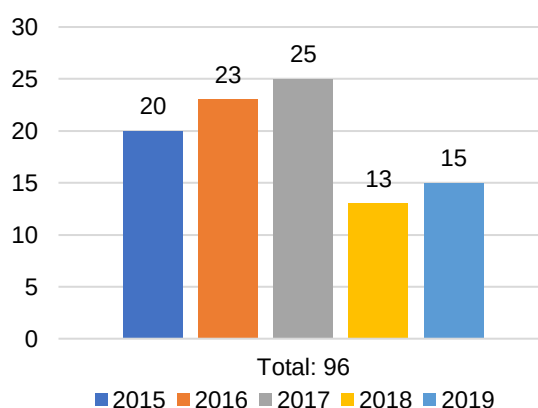
Os gráficos a seguir indicam o quantitativo de produções no decorrer de cada ano, de 2015 a 2019, entre dissertações e teses e suas respectivas frequências, a considerar o critério de inclusão adotado nessa pesquisa.

Gráfico 1 - Ensino de Ciências - Dissertações (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Gráfico 2 - Ensino de Ciências - Teses (2015-2019)



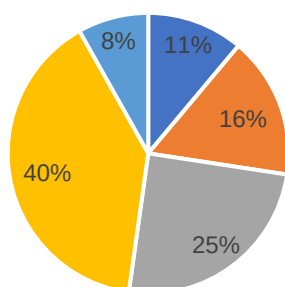
Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

No gráfico 1, nota-se que no ano de 2016 foi registrado o maior número de pesquisas destinadas ao ensino de ciências com (73) produções, mas nos anos seguintes, os estudos demonstram uma queda significativa. Em 2018 tivemos (35) produções e em 2019 (26), fator que pode estar diretamente relacionado aos cortes nos orçamentos destinados ao atendimento dos cursos de pós-graduação que ocorrem tanto nos níveis de mestrado quanto de doutorado.

No gráfico 2, é possível observar que houve um crescimento no número de pesquisas de 2015 a 2017, elevando o quantitativo de (20) em 2015 para (23) em 2016 e (25) em 2017. No entanto, logo após este período também ocorreu um declínio nas produções, registrando (13) estudos em 2018 e (15) em 2019.

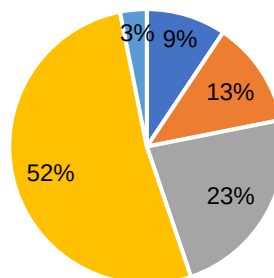
Mediante o exposto, também consideramos relevante identificar e visualizar o percentual de publicações por regiões no país

Gráfico 3 - Produções Regiões - Dissertações (2015-2019)



■ Norte ■ Nordeste ■ Sul ■ Sudeste ■ Centro-Oeste
Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Gráfico 4 - Produções Regiões - Teses (2015-2019)



■ Norte ■ Nordeste ■ Sul ■ Sudeste ■ Centro-Oeste
Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Ao realizar uma breve leitura e interpretação dos gráficos, verifica-se que as pesquisas direcionadas ao ensino de ciências possuem maior consolidação nos

programas de mestrado nas regiões Sudeste com (40%), Sul com (25%) e Nordeste com (16%). Em menor proporção encontram-se as regiões Norte obtendo (11%) e o Centro-Oeste com (8%). Similarmente, as de doutorado estão distribuídas pelas regiões Sudeste com (52%), demonstrando avanço em comparação a modalidade anterior. O Sul com (23%), o Nordeste com (13%), o Norte com (9%) e a região Centro-Oeste com (3%). As discussões acerca da temática abordam vários enfoques relevantes a constituição da área de conhecimento, conduzindo a reflexões acerca das perspectivas e desafios que se encontram perante esse processo de distribuição e pesquisas realizadas na área de ensino de ciências no Brasil, além de apontar questões emergentes ao ensino e aprendizagem de ciências no Ensino Fundamental.

Em meio aos referenciais teóricos utilizados para embasar as investigações, destacam-se os estudos de Cachapuz, Praia e Jorge, (2004); Cachapuz et al (2005); Carvalho e Gil-Pérez, (2011); Chassot, (2000); Lorenzetti, (2000) e Lorenzetti e Delizoicov, (2001). Autores que fornecem subsídios para a compreensão da temática, apresentam discussões pertinentes e contribuições que permitem repensar o ensino e as práticas pedagógicas. Dentre os trabalhos selecionados, o estudo de Pires (2017) corrobora de forma significativa ao abordar o ensino de ciências a partir do contexto histórico, legislativo e no processo de formação docente. O autor enfatiza:

Os Anos Iniciais do Ensino Fundamental se configuram como a etapa da Educação Básica em que os alunos terão os primeiros contatos com os conhecimentos científicos de forma sistematizada [...]. Se o ensino ocorrer de forma agradável e fizer sentido para as crianças, essas terão maior probabilidade de, nos anos posteriores, serem bons alunos. Nessa fase, suas curiosidades são bastante aguçadas, pois em geral procuram respostas e explicações para tudo que veem e ouvem (PIRES, 2017, p.33).

O ensino de ciências instrumentaliza o educando a compreender e interpretar as interações entre o mundo físico e social, visa o desenvolvimento de capacidades e competências que possibilitem ao aluno ver a ciência em suas mais diversas manifestações, ampliando suas percepções sobre o mundo e os fenômenos naturais. Em sua pesquisa de mestrado, Oliveira (2015) referencia os Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais (PCN):

Deste modo, ensinar Ciências Naturais, principalmente no Ensino Fundamental, necessita proporcionar condições para que a criança sinta-se dentro do espaço natural, contribuindo para sua formação crítica e pessoal, visando o fortalecimento dos laços homem-natureza, objetivando uma transformação de conceitos e atitudes sobre a natureza, bem como,

proporcionar a compreensão de seu próprio corpo, reconhecendo sua sexualidade, o espaço que ocupa dentro da atmosfera, possibilitando que o aluno perceba que é um ser natural e que sua vida está envolta dentro de um campo científico, sendo que sem noções básicas ele não conseguirá acompanhar todo o avanço da sociedade na qual está inserido (BRASIL *apud* OLIVEIRA, 2015, p. 32).

Os conhecimentos científicos são construídos pela criança de forma gradativa ao longo dos anos de escolarização. Neste sentido, o ensino de ciências se apresenta como um espaço privilegiado para a construção de conhecimentos, atitudes e habilidades desde a mais tenra idade. Diante desta perspectiva, a atuação docente torna-se fundamental, mediante a adoção de práticas capazes de orientar o aluno e criar um ambiente propício para construção dos conhecimentos científicos. O estudo de Persicheto (2016) traduz este processo. Em suas palavras é importante que o docente atue:

[...] na condução do processo de ensino e aprendizagem, de modo que o mesmo atenda as especificidades do desenvolvimento infantil e consiga encontrar um equilíbrio na mediação entre o conhecimento espontâneo da criança e a construção do conhecimento científico [...] (PERSICHETO, 2016, p. 38).

Portanto, busca-se proporcionar ao aprendente o domínio do processo de produção do conhecimento, atividade subsidiada pelo aporte epistêmico. Logo, cabe ao professor analisar, selecionar e inter-relacionar os saberes, transformando o conhecimento científico em conhecimento escolar. A tese de Muline (2018) aborda questões referentes a formação docente e as práticas pedagógicas nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Em seus escritos encontra-se o seguinte esclarecimento:

Por isso, o professor pode oferecer atividades aos alunos não somente de apresentar os conceitos científicos, mas na perspectiva de que o estudante tenha sua curiosidade aguçada para aprender aquele determinado conteúdo, sempre levando em conta situações do cotidiano, contextualizado e com um olhar atento para as demandas da sala de aula, já que o tema a ser trabalhado precisa ser relevante e significativo para o educando (MULINE, 2018, p. 69).

Deste modo, o professor contribuirá para a construção de uma aprendizagem significativa, na qual o aluno atua como sujeito ativo, estruturando seus saberes por meio de práticas que estimulem a curiosidade e o interesse. Também vale ressaltar que é importante relacionar os estudos ao cotidiano dos alunos, porém a ciência não

se faz somente nessa aplicação pragmática, visto que um dos seus propósitos consiste em despertar a capacidade de abstração de quem se envolve com ela.

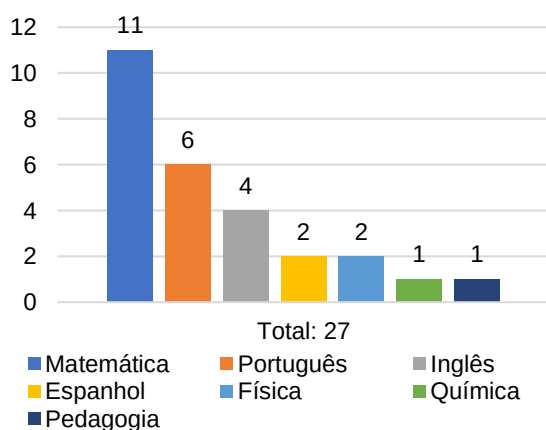
1.5 Análises sobre o descritor erro – (37 produções)

A noção de erro refere-se ao domínio imperfeito de ideias e conceitos, o que requer possibilidades de retificações, atuam como um indicador e analisador dos processos intelectuais, uma tentativa de assimilação que evita a reprodução estereotipada. Por este viés, os erros são vistos a partir da perspectiva construtivista, que os considera parte integrante do processo de ensino-aprendizagem, tendo como principais referências para as análises as obras dos autores Astolfi (1999), Bachelard (1996) e Piaget (1975a).

O descritor erro apresentou (265) pesquisas, sendo (159) dissertações e (106) teses, mediante as seguintes áreas do conhecimento: Educação; Ensino; Ensino de Ciências e Matemática; Ensino-aprendizagem; Letras; Língua Portuguesa; Matemática; Física; Química; Linguística e Psicologia. E ao finalizar a seleção dos trabalhos para essa pesquisa restaram (27) dissertações e (10) teses.

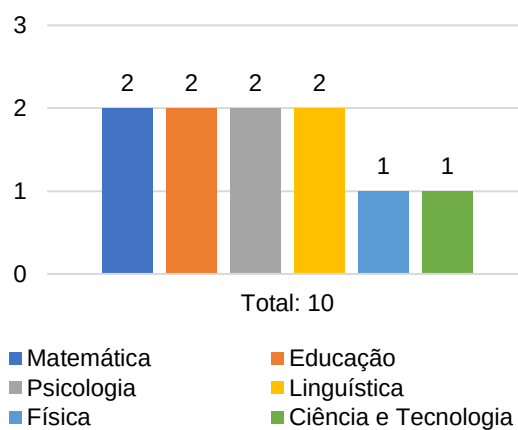
Os gráficos abaixo, indicam as dissertações e teses produzidas de acordo com as áreas do conhecimento, considerando o descritor erro.

Gráfico 5 - Áreas do conhecimento - Dissertações (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Gráfico 6 - Áreas do conhecimento - Teses (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

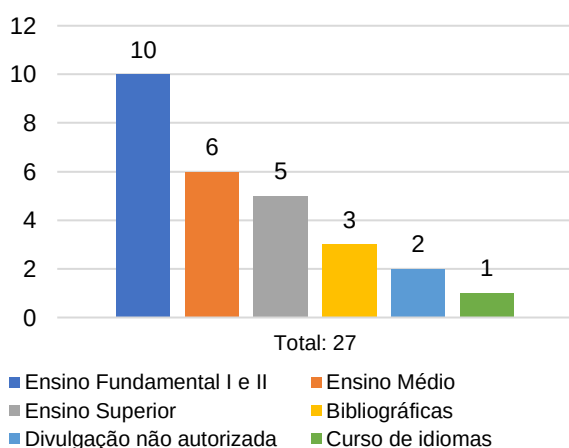
Ao efetivar a análise dos gráficos, é possível perceber que no gráfico 5 o maior quantitativo de pesquisas produzidas acerca da temática se concentra no campo da

Matemática com (11) dissertações ao abordar os erros na resolução de problemas e cálculos. A segunda colocação destina-se a disciplina de Língua Portuguesa (6), cujo objeto de pesquisa são os erros de natureza ortográficas, relacionados ao processo de aquisição da linguagem escrita. Paralelamente à está concepção, observa-se a mesma preocupação em se tratando das Línguas estrangeiras, mas que também consideram os erros no processo de aquisição da linguagem oral, ao observar a presença de fonemas existentes em uma língua e na outra não, fator que gera um certo grau de dificuldade e contribui para incidência de erros. Neste contexto, temos a Língua Inglesa em terceiro lugar, com um número mais expressivo de pesquisas com (4) e em seguida a Língua Espanhola com (2).

Em Física os estudos relacionam os erros ao processo ensino e aprendizagem, a primeira em se tratando de atividades investigativas e a segunda aponta as contribuições do tratamento dos erros em sala de aula. Na área de Química o estudo busca a ressignificação da ideia de erro a partir da ótica construtivista. E em Pedagogia, a investigação foi realizada de modo a evidenciar os erros nos processos avaliativos do próprio curso.

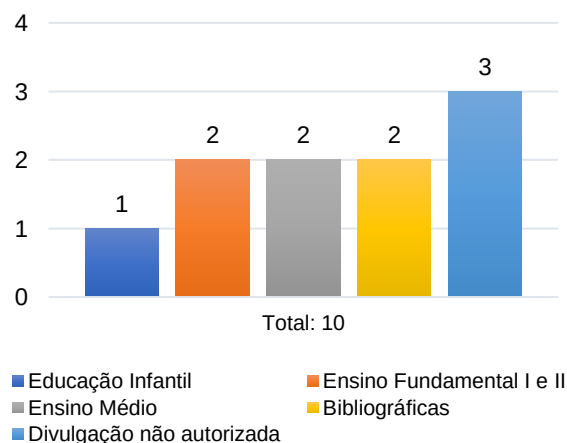
Nas teses selecionadas para pesquisa, observa-se que há uma distribuição igualitária entre as áreas da Matemática, Educação, Psicologia e Linguística com (2) produções cada. E por último, Física e Ciência e Tecnologia com (1) cada. Ao refletir acerca das contribuições ao ensino, torna-se pertinente compreender em quais modalidades as pesquisas estão sendo aplicadas.

Gráfico 7 - Modalidades - Dissertações (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Gráfico 8 - Modalidades - Teses (2015-2019)

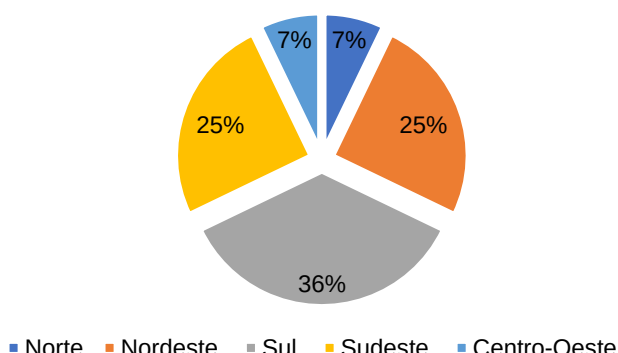


Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

No gráfico 7, constata-se que de 27 estudos, (10) estão voltados ao Ensino Fundamental, (6) ao Ensino Médio e (5) ao Ensino Superior, somados a (3) de natureza bibliográfica, (2) que não possuem divulgação autorizada e (1) destinado a cursos de idiomas. O gráfico 8, aponta (1) estudo realizado na Educação Infantil, modalidade que não foi contemplada anteriormente, a partir das produções de mestrado. No Ensino Fundamental e Médio (2) para cada nível. Contudo não há investigações voltadas ao Ensino Superior. Além disso, temos (2) pesquisas bibliográficas e (3) que não possuem divulgação autorizada.

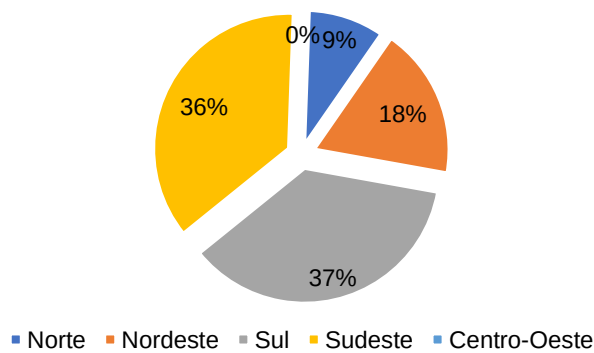
Adiante, verifica-se a distribuição das dissertações e teses em conformidade com as regiões.

Gráfico 9 - Produções Regiões - Dissertações (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Gráfico 10 - Produções Regiões - Teses (2015-2019)



Fonte: Dados da pesquisa, março de 2020.

Dentre as dissertações analisadas, o fluxo mais expressivo de produções encontra-se situado na região Sul do país com (36%). Em segundo lugar, o Sudeste que apresenta (25%). Na colocação seguinte, a região Nordeste com (25%). Em quarto lugar, o Norte do país com (7%). E por fim, a região Centro-Oeste que possui (7%). O percentual de teses aponta o fluxo de (37%) na região Sul, (36%) no Sudeste, (18%) no Nordeste, (9%) na região Norte e (0%) no Centro-Oeste. Assim, é possível inferir que as pesquisas acerca da temática *erro* não possuem uma comunicação horizontal entre os profissionais da área. Logo, percebe-se a necessidade e viabilidade de aprofundamento dos estudos e discussões.

Após o momento de leitura e análise das produções na íntegra, foi possível notar que nas pesquisas realizadas no mestrado os autores Gaston Bachelard e Jean Piaget que tratam da categoria erro no processo de ensino e aprendizagem apenas foram mencionados no decorrer dos textos. Entretanto, não houve aprofundamento

teórico, os conceitos e argumentos utilizados pelos autores para embasar a ideia de erro são apresentados por outros estudiosos que não discutem epistemologicamente o erro na ciência, tampouco no processo de ensino-aprendizagem.

Neste sentido, destacamos a importância de realizar a leituras dos clássicos, dos autores que inauguram o debate acerca de determinado tema, pois são obras que transcendem seu tempo histórico, fornecem fundamentação teórica a partir de um caráter rigoroso e possibilitam a constituição de um saber reflexivo. Além disso, o autor Jean Pierre Astolfi não foi citado em nenhuma das produções, apesar de possuir uma obra específica sobre o assunto *“El error, un medio para enseñar”* e fornecer grandes contribuições voltadas a compreensão do erro, desde o processo de análise, interpretação, as formas de tratamento epistêmico. As principais referências utilizadas são Carvalho (1997); Cury (2007); Demo (2001); Hoffman (2003); La Taille (2007); Luckesi (2006) e Pinto (2000); que não representam o foco da pesquisa, por esta razão, o estudo não se deterá em abordar os conceitos utilizados pelos autores, visto que nosso interesse investigativo está voltado a diálogos epistêmicos acerca da ideia de erro.

Uma pesquisa de doutorado demonstrou similaridade com a temática e com os referenciais utilizados, ao citar ambos os autores, Gaston Bachelard e Jean Piaget, se trata do estudo de Jailson da Costa Pontes, defendida em 2019. Em seguida, será feito um recorte a partir do estudo de Cristiane Silveira Santos, ao aproximar-se de Piaget. Em sua tese Pontes afirma que os erros atuam como fonte de conhecimentos, como estratégia de ensino, no sentido de identificá-los, compreendê-los, investigar suas causas, possibilidades/potencialidades e proporcionar o redirecionamento das práticas pedagógicas, sua correção fornecerá uma aprendizagem com maior significado ao aluno. Desta forma:

[...] o erro poderá ser visto como uma oportunidade de saber o porquê dele. A oportunidade de corrigi-lo trará um sentido mais fecundo de que um acerto imediato. Pode-se notar que para Piaget (1965), o erro é um momento de reflexão e correção (PONTES, 2019, p. 30).

A aquisição de saberes requer esforços e dedicação que comportam tentativas, erros e acertos. A aprendizagem depende de um ajustamento processual que envolve as etapas de *equilíbrio*, *assimilação* e *acomodação*, elementos que irão compor o equilíbrio cognitivo, permitindo construções e reconstruções contínuas,

características de uma auto-organização, processo individual e singular que depende do tempo e das experiências de cada aprendente. Em sua tese, Santos (2015, p. 52) faz referência aos estudos de Piaget (1975a):

A ideia do erro construtivo existente na teoria piagetiana, já que, nesta última, há um sujeito ativo perante o processo de aprendizagem. Durante tal processo, esse sujeito, dito “cognocente” poderá vir a fazer generalizações erradas, porém construtivas, ou seja, eles serão os pré-requisitos para que o sujeito chegue à resposta certa.

Os erros apresentam-se como uma etapa inerente do ato de conhecer, são naturais e representam a marca de uma legítima atividade intelectual, elemento poderoso na construção da aprendizagem pela criança, pois evitam a reprodução estereotipada e permitem ao aluno continuar caminhando. Sinalizam o status cognitivo da criança que está em busca de resolver os problemas relacionados a sua própria compreensão. Sob o ponto de vista de Bachelard (1996), Pontes destaca em sua tese:

Ele esboça que não só os erros poderiam tornar-se úteis, mas também necessários no processo de ensino e aprendizagem, distinguindo os erros que não são mais que “distração de um espírito cansado” do “erro positivo”, ou seja, o erro sendo útil para quem ensina e quem aprende determinado conteúdo, “destruindo conhecimentos mal feitos, superando aquilo, que no próprio espírito, tornou-se obstáculo à sua espiritualização” (BACHELARD, 1996, p. 18) [...]. Bachelard não considera o erro como negativo, mas como “mola propulsora” no processo de ensino e aprendizagem que leva o educando a criar ideias novas. A partir de uma análise de erros é possível conseguir reestruturar o conhecimento e superar os obstáculos epistemológicos (BACHELARD *apud* PONTES, 2019, p. 63).

Antes de representar uma dificuldade, os erros são, na verdade, uma facilidade facultada a mente, fruto de um conforto intelectual. Neste sentido, busca-se aprofundar a lógica dos erros e promover estratégias de superação que viabilizem ao aluno um movimento de retificação, substituindo saberes antigos e fechados pelo conhecimento dinâmico, o que Bachelard denominou de processo de espiritualização da formação do pensamento científico. Diante desta perspectiva, o espírito precisa ultrapassar os obstáculos que impedem a ciência de progredir e neste momento as tentativas, os erros e os acertos são fundamentais.

1.6 Análises sobre o descritor obstáculos epistemológicos – (22 produções)

A noção de obstáculos epistemológicos simboliza os entraves encontrados para a construção ou reconstrução de um novo saber, como uma espécie de lacuna, devido à ausência ou insuficiência de determinado entendimento, representam as dificuldades, aquilo que impede o aluno de progredir na aprendizagem. O termo é referenciado na obra de Bachelard (1996), está relacionado à cognição, ao espírito científico e possui uma dimensão Epistemológica e Psicológica.

Neste descritor, obteve-se (13) dissertações e (9) teses, contabilizando (22) produções, o descritor com o menor quantitativo. No mestrado os estudos dividiram-se em (4) na área de Química, (3) na Física, (2) em Biologia, (2) em Matemática e (2) em Ciências Naturais. No doutorado, as investigações agruparam-se em (3) na Química, (2) na Física, (2) em Matemática e (2) em Língua Portuguesa. As pesquisas apresentaram propostas bem articuladas aos campos de conhecimento, além de apontar as inegáveis contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard para o ensino. Assim, como na pesquisa de mestrado realizada por Vicentini (2018, p.30):

Os obstáculos epistemológicos foram estudados com maior destaque por Gaston Bachelard (1996), durante seus trabalhos sobre epistemologia científica. Tais obstáculos são iminentes aos processos de ensino e de aprendizagem, podendo-se defini-los como uma acomodação a um novo conhecimento [...]. A compreensão de informações equivocadas, provenientes de vivências empíricas ou escolares resulta em construções de obstáculos epistemológicos.

Os obstáculos epistemológicos emergem de um conhecimento inerte, não questionado, simbolizam a lentidão do pensamento por meio de uma rede de conexões que operam de maneira isolada e muitas vezes resistem a refutação e as negações, causam estagnação e regressão dos saberes e encontram-se em um nível profundo de representação. Em sua dissertação Santos (2018, p. 54), destaca um aspecto importante acerca da epistemologia de Gaston Bachelard:

Ao se pesquisar as obras de Bachelard para verificar suas concepções do ensino de ciências, percebe-se que ele não se propõe a responder questionamentos referentes à aprendizagem, antes, defende que a aquisição de conhecimento só pode ser feita com a superação dos obstáculos que se revelam durante esse processo. Neste sentido, as estratégias de ensino devem se preocupar e levar em consideração as estruturas internas dos alunos, que são o foco do processo educativo. Consequentemente, observa

que a ocorrência da aprendizagem está ligada à necessidade de um conhecimento novo romper e superar o conhecimento adquirido anteriormente.

O ato de conhecer é marcado por sucessivas rupturas epistêmicas, um processo contínuo de construção e desconstrução de saberes que visa a superação dos obstáculos epistemológicos que impedem a apropriação dos conhecimentos científicos e impossibilitam o espírito de progredir. A pesquisa de mestrado realizada por Pereira (2017) ressalta este processo:

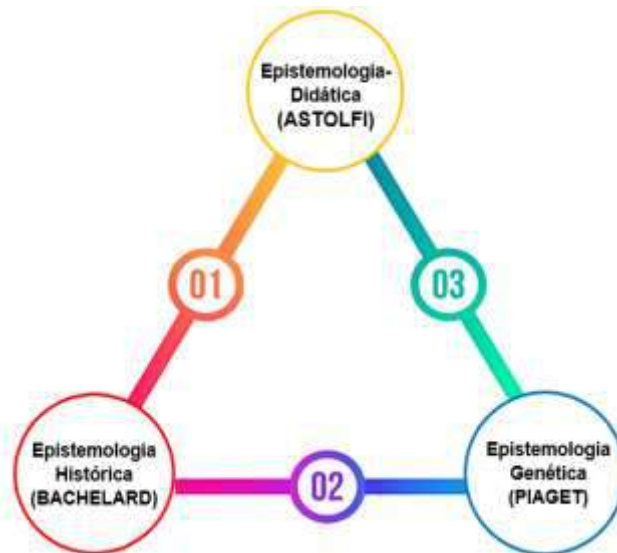
Gaston Bachelard (1996, p.17) com sua epistemologia fornece críticas importantes ao afirmar que “[...] no fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”. Assim o aprendizado é assinalado por rupturas, pois o conhecimento científico não é produto da continuidade do conhecimento cotidiano, mas acontece a partir da superação dos obstáculos epistemológicos se estabelecendo como um conjunto de retificações de erros (BACHELARD *apud* PEREIRA, 2017, p. 36).

Portanto, não é possível almejar um processo de ensino-aprendizagem sem obstáculos. As ações mediadoras do professor são fundamentais, pois, promovem o aprofundamento necessário, capaz de romper os obstáculos, trata-se de um movimento difícil, porém necessário. Em determinados momentos é preciso desacelerar e trabalhar os obstáculos, visando sua superação para que não sejam levados durante toda vida escolar do aluno, o que lhe causaria grandes prejuízos. Enfatizamos que o processo de produção do conhecimento científico e também do ensino, não estão apenas relacionados a metodologias, didáticas e recursos pedagógicos, mas a um processo de espiritualização do pensamento, a um esforço epistêmico, de modo a promover o seu movimento e as sucessivas rupturas com o saber espontâneo mediado pela vida.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS DA PESQUISA

Este capítulo destina-se a triangulação teórica, embasada nos principais autores que fundamentam o estudo. Autores que dialogam entre si e apresentam a possibilidade de um olhar atento e apurado acerca do objeto de investigação.

Figura 1 - Triangulação teórica do estudo



Elaborado pela autora (2020).

O estudo busca fundamentar suas discussões mediante aportes epistemológicos, psicológicos e didáticos, além de dialogar com a história das ciências com vista a evitar anacronismos. A estrutura de base da triangulação teórica está ancorada na epistemologia histórica de Gaston Bachelard e na epistemologia genética de Jean Piaget, e posteriormente ampliada mediante o enfoque da epistemologia-didática de Jean Pierre Astolfi. Ademais, cabe ressaltar que Astolfi, foi estudioso de Bachelard e Piaget, uniu as concepções teóricas e reflexões de ambos os autores para fundamentar sua epistemologia-didática, bem como a noção de erro, dentre outros conceitos centrais de sua obra.

2.1 Epistemologia

A epistemologia representa a área da filosofia que investiga a natureza do conhecimento humano, seus fundamentos, relações, trajetória, validade teórica, limites, rupturas e paradigmas. Consciência crítica dos métodos de um saber, pertence a uma das quatro áreas da filosofia, ao lado da ética, lógica e metafísica, recebendo papel de destaque. A constituição histórica da epistemologia remete a Grécia Antiga, a partir das inquietações dos filósofos acerca da gênese do conhecimento, entre os mais importantes epistemólogos deste período encontram-se Sócrates (470 - 399 a.C.), Platão (427 - 347 a.C.) e Aristóteles (384 - 322 a.C.). Em

Platão (1987), o termo *Episteme* refere-se ao conhecimento fundamentado e verdadeiro, construído e comprovado rigorosamente a partir do método científico, opõem-se à opinião ou *doxa*, cuja natureza é subjetiva e não comprovada.

O pensamento filosófico medieval também apresentou questões de natureza epistemológica, apesar de amplamente amparado pela filosofia cristã, entre os nomes mais expoentes é possível destacar Agostinho de Hipona (354 - 430 d.C) e Tomás de Aquino (1225-1274). Entretanto, apenas na Era Moderna a epistemologia se consolidou e passou a ser reconhecida como disciplina filosófica, ao romper concepções religiosas e metafísicas, características da primeira vertente de investigações filosóficas, busca distinguir e delimitar o senso comum do conhecimento científico, entre as principais questões busca questionar “O que é o conhecimento?”, “Como o conhecimento é construído?”. Neste sentido, entende-se que a epistemologia é anterior ao termo e a sua constituição enquanto campo de investigação. A epistemologia moderna é subdividida entre filósofos empiristas, assim como Francis Bacon (1561-1626), John Locke (1632-1704) e David Hume (1711-1776), e os racionalistas, a exemplo de René Descartes (1596-1650), Baruch Spinoza (1632-1677) e Gottfried Leibniz (1646-1716). Dentre os fundamentos epistemológicos é possível apontar três principais linhas de investigação (Astolfi *et al*, 1997a):

Epistemologia e teorias do conhecimento, originárias da tradição filosófica clássica, representa a primeira dimensão da epistemologia, proveniente das reflexões de Sócrates, Platão e Aristóteles, filósofos que fornecem a base de todo conhecimento filosófico ocidental. Assim, os pensadores supramencionados construíram e fundamentaram teorias do conhecimento com base na razão. Em Astolfi *et al* (1997a, p. 89, grifo do autor), encontra-se o seguinte esclarecimento:

A teoria do conhecimento inscreve-se na herança kantiniana, que emprega, de forma duradoura, as epistemologias positivistas, como a epistemologia genética de Piaget. Esta «filosofia da ciência» postula, de um lado, a *unidade da ciência*, e, do outro, a *unidade de um indivíduo* que produz e assimila essa ciência. Nesta óptica, fala-se, no singular, *do tempo, do espaço, da causa*, como de conceitos unificados, senão únicos. Bachelard fará explodir essa unidade numa pluralidade de racionalidades «regionais». Paralelamente, a unidade do indivíduo, no sentido de *processos universais*, tal como postulados por Piaget, é igualmente submetida a exame crítico.

Logo, é possível observar a articulação do pensamento, as influências, bem como a adição de novas perspectivas teóricas. O pensamento filosófico é resultado

de construtos históricos, uma maneira de pensar que parte do objeto existente a um plano reflexivo, simboliza o homem e a sociedade de seu tempo.

A *epistemologia genética*, formulada por Jean Piaget em estudos psicológicos experimentais a questões de natureza epistemológica, objetiva a investigação da gênese do desenvolvimento cognitivo pela criança e adolescente, seus processos, avanços e deslocamentos desde o nascimento à vida adulta, além de analisar a correspondência entre conhecimentos novos e adquiridos. Nas palavras do autor:

[...] epistemologia genética, pesquisa essencialmente interdisciplinar que se propõe a estudar a significação dos conhecimentos, das estruturas operatórias ou de noções, recorrendo, de uma parte, à sua história e ao seu funcionamento atual em uma ciência determinada (sendo os dados fornecidos por especialistas dessa ciência e da sua epistemologia), e de outra, ao seu aspecto lógico (recorrendo aos lógicos) e enfim à sua formação psicogenética ou às suas relações com as estruturas mentais (esse aspecto dando lugar às pesquisas de psicólogos de profissão, interessados também na epistemologia). Assim concebida, a epistemologia não é mais trabalho de simples reflexão, mas, propondo-se a apoderar-se do conhecimento no seu desenvolvimento (a própria formação é um mecanismo de desenvolvimento, não comportando jamais um começo absoluto) (PIAGET, 1975b, p. 245).

Na concepção da epistemologia genética a construção das aprendizagens ocorre a partir de reequilibrações sucessivas que permitem a criança realizar novas ultrapassagens e progredir na aprendizagem. Neste movimento o sujeito formula seus conhecimentos, desde esquemas cognitivos elementares às mais ousadas construções científicas.

Epistemologia e história das ciências, linha teórica tecida por Gaston Bachelard, fundamenta a ciência em sua constituição histórica e dinâmica, ao considerar as continuidades e descontinuidades do pensamento; marcada por rupturas com o passado, reflete sobre as causas de estagnação que se situam à formação do espírito científico. A epistemologia de Bachelard, postula a proposição de cortes epistemológicos, rupturas e inconformismo intelectual fundamentado na visão de desenvolvimento histórico, como forma de romper a ideia de ciência engessada, contínua e conformista. Após traçar este breve panorama acerca das correntes epistemológicas, cabe enfatizar três pontos substanciais:

1. *O mundo da ciência é uma construção* e não uma simples observação do real, mesmo instrumentada [...];
2. Na troca entre a teoria e a experiência, *é sempre a primeira que empreende o diálogo*. É ela que determina a forma da questão, portanto, os limites da resposta;
3. A epistemologia é a «consciência crítica dos métodos actuais de um saber». Interroga a adequação entre os métodos empegues e o seu objecto teórico [...] (ASTOLFI *et al*, 1997a, p. 92-93, grifo do autor).

Estes pontos constituem a base da epistemologia moderna e irão subsidiar as discussões desta investigação. O estudo, centraliza-se, principalmente, na epistemologia de Gaston Bachelard e Jean Piaget por entender que as linhas fornecem a fundamentação teórico-metodológica necessária para repensar o objeto de estudo a partir de sua abrangência e especificidades.

2.2 Epistemologia genética: processos de construção da aprendizagem pela criança, entre equilíbrios e desequilíbrios

Jean Piaget (1896-1980), biólogo, psicólogo e epistemólogo, considerado um dos maiores pesquisadores do século XX, ao revolucionar a visão de criança e desenvolvimento infantil. Piaget propôs uma articulação entre os processos biológicos e psicológicos para fundamentar a construção do desenvolvimento e da aprendizagem humana, sobre uma epistemologia de fundo, dedicou mais de 30 anos de estudo a investigar o desenvolvimento infantil, a gênese e o processo de construção da inteligência humana, buscando compreender: Como as crianças conhecem o mundo? Como constroem conhecimentos? Como o pensamento evolui? Outrora, cabe destacar que antecedente a sua teoria, as explicações acerca da inteligência humana eram restritas ao pensamento dos filósofos (BANKS-LEITE, 2010).

A jornada de Piaget com crianças iniciou, de forma expressiva, em 1920, ao ser convidado a trabalhar na Escola Laboratorial Alfred Binet em Paris, coordenada por Théodore Simon, coautor do teste de inteligência ao lado de Alfred Binet. No laboratório, Piaget foi designado a aplicar testes de inteligência padronizados em crianças em idade escolar, durante a aplicação dos testes, percebeu que Simon estava negligenciando um importante dado da pesquisa, ao deter-se a simples observação do resultado total de respostas corretas concedidas pelas crianças e

desconsiderar as alternativas errôneas, bem como a natureza e tipologia destas respostas. A partir de estudos e análises acerca das respostas incorretas, Piaget observou que as crianças apresentavam diferentes tipos de erros, de acordo com a faixa etária em que se encontravam (COLINVAUX, 2010).

Desta forma, uma criança mais nova estaria mais suscetível a certos erros, em relação a uma criança mais velha. Ademais, identificou que crianças de idades próximas cometiam erros semelhantes, a saber: as crianças do grupo 1 (de 5 a 7 anos), estariam mais suscetíveis a cometerem erros de natureza X, enquanto que as crianças do grupo 2 (de 8 a 10 anos), apresentavam erros de natureza Y, além de não revelarem os mesmos erros e dificuldades das crianças do grupo anterior.

Subsidiado pelas observações, Piaget demonstrou grande interesse pelos erros e chegou à conclusão que as crianças pensavam de formas diferentes, fator que o incitou a realizar fecundas investigações e marcou o início dos estudos que resultaram na teoria do desenvolvimento cognitivo, também conhecida como “Ciência cognitiva” ou “Ciência do comportamento humano”. A teoria visa compreender os processos de evolução cognitiva aos quais o sujeito perpassa no decorrer de sua vida, em seu desenvolvimento, além de explicitar a vinculação entre conhecimentos adquiridos e novos saberes. No ano seguinte, em 1921, Piaget iniciou o processo de publicação das descobertas deste estudo, foi o primeiro especialista a realizar uma pesquisa sistemática acerca das diferenças cognitivas entre crianças e adultos. Em seus estudos Piaget dialogou com as áreas da Filosofia, Biologia e Psicologia, com influências diretas nos pensamentos de Immanuel Kant (1724-1804), Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) e Édouard Claparède (1873-1940), nas respectivas áreas.

Piaget utilizou-se do pressuposto interacionista de Kant, unindo as vertentes racionalistas e empiristas a considerar sujeito e objeto, razão e sentidos, opondo-se ao inatismo; realizou diversos estudos filosóficos, centrado, sobretudo, no campo da epistemologia, sua área de maior interesse. Em Biologia recorreu a inúmeras pesquisas, com ênfase, principalmente nos estudos de Lamarck e Darwin ao tratar das teorias evolucionistas. Em Psicologia, fundamentou-se nas investigações de seu mestre Claparède, pioneiro nos estudos acerca da psicologia infantil, ao prosseguir e aprofundar sua linha de pesquisa (MUNARI, 2010).

O desenvolvimento da inteligência na criança parte de um processo de organização cognitiva, proveniente da maturação biológica e das experiências de interação com o meio, elementos que propiciam construções e reconstruções

intelectuais e permitem ao sujeito construir sistemas explicativos coerentes de interpretação do mundo. Neste curso, a criança atravessa a formulação e reformulação de habilidades cognitivas, modificações cada vez mais elaboradas de natureza quali-quantitativa, que inicialmente partem do concreto, da ação, e aos poucos, avançam rumo as operações simbólicas e abstratas. Portanto, o processo de desenvolvimento simboliza expansão, a retificação de seus erros, superação dos estados de desequilíbrio, isto é, processo de aprimoramento constante que comporta equívocos, inadequações, a considerar que a criança constrói conhecimentos a partir de hipóteses.

A capacidade da mente é imensurável, ao ter em conta sua plasticidade, seu caráter de mutabilidade e adaptabilidade a novas situações, ou seja, a ação de redirecionar, possibilita a cinesia da mente. Dessa forma, as organizações mentais sucessivas, representam força vital da vida que permite ao sujeito constituir-se e atualizar-se ao longo de sua história de existência, desde os primeiros esquemas motores, palavras e garatujas, a formulação das mais ousadas hipóteses e saberes científicos. Isto posto, “O pensamento parte de estruturas imanentes à organização vital, reconstruindo-se no plano que lhe é característico, prolongando e enriquecendo as estruturas indefinidamente” (MORAES, 2017, p. 33). A inteligência é um processo de atualização a medida em que as estruturas se tornam progressivamente estáveis, resultado da ação humana, mediante a capacidade de estabelecer relações:

O sujeito abre-se ao mundo e encontra-se com ele. Resguardados os extremos das grandes diferenças e das grandes semelhanças, esse mundo, novo, desperta-lhe o interesse. Esse interesse, interesse pelo mundo, inaugura um modo de existência do mundo. Uma ontologia: o mundo é relação. Ou, o objeto é relação. Modo de existência que deve ser estendido ao sujeito. O sujeito também é relação (ABIB, 2003, p. 65).

Na interação com o mundo, com o outro, o sujeito tece seus conhecimentos, depara-se com novas perspectivas, modos de pensar, agir e viver, esta relação representa inúmeras possibilidades, um contínuo vir-a-ser. Logo, o sujeito é convidado a tecer seus saberes na relação com o outro. “Desde seu nascimento, o ser humano está submerso em um meio social que, à semelhança do meio físico, age sobre ele” (PIAGET, 2013, p. 221), em outros termos, o indivíduo se constitui mediante a ação do meio físico e social, a partir de intercâmbios.

A construção da aprendizagem pela criança depende de um ajustamento processual que envolve as etapas de *equilibração*, *assimilação*, *acomodação* e *desequilíbrio*, elementos que irão compor o desenvolvimento cognitivo e subsidiar a formação do conhecimento por parte do sujeito. Inicialmente, iremos conceituar a *equilibração* como resultado do estado de estabilidade parcial entre as estruturas cognitivas, isto é, harmonia do sujeito com os conhecimentos que possui. Este sistema corresponde a um “processo indispensável do desenvolvimento e um processo cujas manifestações se modificarão de estágio em estágio, no sentido de um melhor equilíbrio em sua estrutura qualitativa como em seu campo de aplicação” (PIAGET, 1975a, p. 23), nomeado *equilibrações* progressivas que ocorrem ao longo de toda vida e demandam uma autorregulação interna. Segundo Piaget (1975a, p. 11) a *equilibração* “[...] conduz de certos estados de equilíbrio aproximado a outros, qualitativamente diferentes, passando por múltiplos *desequilíbrios* e *reequilibrações*”. Entretanto, o conceito de *equilibração* é amplo e perpassa todo sistema cognitivo, possui relação de interdependência com os processos de *assimilação* e *acomodação*, sem os quais não poderia ocorrer.

Assimilação, processo de integração de novas informações e vivências a esquemas¹⁵ cognitivos existentes, ou seja, o sujeito consegue administrar as novas demandas subsidiado por conhecimentos previamente construídos, resulta na modificação de ideais sem a necessidade de intensos ajustamentos. Em outros termos “*assimilação* ou incorporação de um elemento exterior (objeto, acontecimento, etc.) em um esquema sensório motor ou conceitual do sujeito” (PIAGET, 1975a, p. 13).

A *acomodação* parte do mesmo pressuposto, necessidade de incorporação de ideias. Todavia, nesta situação, o esquema cognitivo é incapaz de assimilar a informação recém adquirida devido a limitação dos esquemas cognitivos do sujeito, por isso é preciso proceder ajustamentos, levando-o a reorganizar esquemas ou criar novos, como forma de conceder o ingresso da nova informação. Em síntese, a inteligência origina-se da inter-relação entre os processos de *assimilação* e *acomodação*, subprocessos da *equilibração* cognitiva.

¹⁵ Os esquemas permitem ao sujeito atribuir sentido ao mundo, são mapeamentos das ações desenvolvidas pelo sujeito, possibilitam a aplicação da mesma ação em situações diferentes; articula ideias, percepções e ações, meios que a criança dispõe para assimilar novas informações, resultado de um processo de construção ativa que engloba as experiências recentes e passadas, fornece mudanças nas estruturas cognitivas. Neste sentido, esquemas antigos atuam como base estruturante as novas composições.

O estado de insatisfação cognitiva frente a novas situações é denominado *desequilíbrio*, estado causado por conflitos, perturbações de natureza passageira que evidenciam a insuficiência de esquemas, bem como a necessidade de realimentá-los, como forma de propiciar reequilibrações. Em situações de *desequilíbrio*, a criança precisa assimilar uma nova informação, pois, os esquemas que possui não conseguem fornecer as referências necessárias ao sistema explicativo; esta *desestabilização* permite ao sujeito retornar ao estado anterior de *equilíbrio*:

Está realmente, claro que numa perspectiva de *equilíbrio*, uma das fontes de progressos no desenvolvimento deve ser procurada nos *desequilíbrios* como tais, que obrigam um sujeito a superar seu estado atual e a procurar o que quer que seja em direções novas (PIAGET, 1975a, p.18).

O *desequilíbrio* corresponde ao pilar do desenvolvimento cognitivo, *motivação* para construções e aprendizagens, ao impulsionar o sujeito. Embora, seja importante destacar que a *superação* do *desequilíbrio* nem sempre ocorra, pois, é preciso disposição para flexibilizar o pensamento, possibilitar deslocamentos e suscitar intensas modificações, “Durante toda a sua formação, o pensamento se encontra em *desequilíbrio* ou em estado de *equilíbrio* instável: qualquer nova aquisição modifica as noções anteriores ou ameaça desencadear a contradição” (PIAGET, 2013, p.75). O epistemólogo afirma que o exemplo mais claro deste processo pode ser evocado a partir da ciência, mediante sua constituição contínua, união entre novos saberes, reformulações e integração do próprio passado, como forma de comprovar sua vitalidade.

O estado de *equilíbrio* cognitivo, possibilita construções e reconstruções contínuas, características de uma auto-organização, processo individual e singular que depende do tempo e das experiências de cada aprendente:

Em suma, o que era perturbador torna-se variação dentro de uma estrutura reorganizada, graças as relações novas que unem o elemento incorporado aqueles que já estavam organizados (PIAGET, 1975a, p. 63).

Nesta ótica, a necessidade e posteriormente o desejo, movem o homem a construir novas aprendizagens, a solucionar problemas, responder perguntas, questionar o mundo ao seu redor e superar estados de *desequilíbrio*. Para Piaget (1970, p. 53-54):

[...] a necessidade supõe uma organização em “equilíbrio móvel”, do qual ela traduz, simplesmente, o desequilíbrio passageiro. Em ambas as linguagens, a necessidade é, assim, a expressão de uma totalidade momentânea inacabada e que tende a reconstituir-se, isto é, aquilo que denominamos, precisamente, um ciclo ou um esquema de assimilação: a necessidade é a manifestação de que o organismo ou um qualquer órgão reclamam a utilização de um dado exterior, com vista ao seu contínuo funcionamento.

Esta capacidade de efetuação simboliza a principal característica do sujeito epistêmico, sujeito da ação, ativo, criativo, potente e dinâmico, capaz de elevar suas aptidões. Desta forma, a mobilidade da mente e do espírito representam um importante papel formador que permite ao sujeito adaptar-se. A aprendizagem advém desta dinamicidade, de tentativas e construções, sejam positivas ou negativas, assim, questiona-se: quantas vezes o bebê cai para aprender a andar? No processo de alfabetização, quantos erros a criança comete ao construir suas hipóteses de escrita? Erros que, longe de representarem a ausência, traduzem processos, sejam cognitivos ou motores, representa um elemento constitutivo do desenvolvimento humano.

Construir conhecimentos implica atuar diretamente sobre o objeto, formular sistemas explicativos, hipóteses ousadas que busquem corresponder a realidade. Os erros representam a movimentação dos alunos, rumo a construção de saberes, ao cometê-los, colocam a prova suas estruturas cognitivas, tentativa ousada de assimilação, “[...] a criança necessita passar por um certo número de fases caracterizadas por ideias que adiante irá considerar erradas, mas que parecem ser necessárias para o encaminhamento as soluções corretas” (PIAGET, 1976, p. 21), isto é, o processo de aprendizagem comporta um método ativo de adaptação a novas circunstâncias que abrange tentativas e erros. Piaget não buscava rotular as respostas em certas ou erradas, seu interesse estava voltado as pistas fornecidas, que permitiam analisar a percepção, o raciocínio e a lógica que conduziam o pensamento da criança.

Em seus estudos o epistemólogo estabelece uma relação diferente com o erro, ao privilegiar o pensamento da criança e a construção de suas hipóteses, propõe desconstruir a dicotomia entre erro/acerto, além de utilizar as respostas errôneas para compreender as construções cognitivas dos alunos. Embasado nos estudos de Piaget, Astolfi (1999, p.42, tradução nossa)¹⁶ afirma:

¹⁶ Texto original: “En este marco, los errores de los alumnos pueden interpretarse como la forma particular con la que, a distintas edades, se organizan sus esquemas. Estos se transforman y evolucionan al interactuar con la experiencia y con el medio, bien sea por diferenciación (es un esquema

Os erros dos alunos podem ser interpretados como a maneira particular pela qual, em diferentes idades, seus esquemas são organizados. Estes são transformados e evoluem interagindo com a experiência e com o meio ambiente. Muitas das respostas que parecem absurdas ou aberrações são, como veremos, produções intelectuais que explicam as estratégias cognitivas "provisórias" que os alunos colocam em prática, por mais curiosas que pareçam para quem sabe as respostas corretas.

No processo de tentativa e erro, as crianças constroem progressivamente seus saberes, o erro representa uma mola propulsora da vida que permite criar, inovar e prosseguir, uma atividade de ensino que admite erros, oportuniza a construção de inúmeras aprendizagens, “numa pedagogia ativa, o erro tem um caráter nobre e deve ser reconhecido como elemento integrante da elaboração dos esquemas cognitivos” (PIAGET, 1975b, p. 194), cenário profícuo para a construção de aprendizagens, possibilitam avanços cognitivos importantes. Por fim, é oportuno enfatizar que na perspectiva de Becker (2010) Piaget corroborou de forma significativa para a construção de uma nova filosofia da educação.

Por este ângulo, na tentativa de provar a influência positiva e expressiva dos erros nas operações cerebrais, em 2011 o psicólogo Jason Moser e sua equipe publicaram a pesquisa “Preste atenção aos seus erros: Evidência de um mecanismo neural que liga o crescimento mental aos ajustes adaptativos do pós-erro”¹⁷, em livre tradução. O artigo apresenta estudos voltados a reação das operações cerebrais dos mecanismos neurais em situações de erro, realizada com 25 estudantes de 20 a 25 anos mediante sessões experimentais que contabilizaram 480 ensaios.

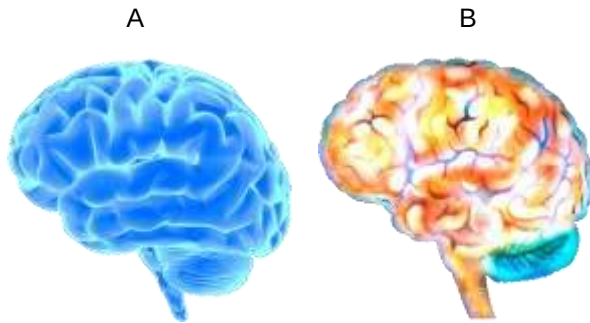
A pesquisa se propôs a investigar dois aspectos; a negatividade e a positividade dos estudantes mediante os erros, além de relacioná-los aos ajustes adaptativos manifestos pelos participantes no processo pós erros. Os resultados obtidos apontam que a aceitabilidade e adaptação aos erros melhora o desempenho intelectual ao conduzir as performances posteriores, propicia *feedback* corretivo e evolução. Ao reagir positivamente aos erros, o sujeito ativa suas sinapses, estabelece novas conexões entre neurônios, ou seja, a cinesia e dinamicidade do cérebro favorece avanços qualitativos, movem o processo cognitivo rumo a construção de uma

único que se divide en varios), o bien por coordinaciones. Muchas de las respuestas que parecen un disparate o una aberración son, como vamos a ver, producciones intelectuales que dan cuenta de las estrategias cognitivas “provisionales” que los alumnos ponen en marcha, por curiosas que puedan parecer al que conoce las respuestas correctas” (ASTOLFI, 1999, p.16).

¹⁷ Título original: “Mind Your Errors: Evidence for a Neural Mechanism Linking Growth Mind-Set to Adaptive Posterror” (MOSER et al, 2011).

nova aprendizagem. Todavia, o cérebro que demonstrou atitude de negatividade aos erros, permanece inerte. Estudos mais recentes, a exemplo de Schroder *et al* (2017) demonstram resultados similares.

**Figura 2 - Cérebro A (estado de inércia)
Cérebro B (cinético e dinâmico)**



Fonte: Elaborada pela autora, adaptado de (MOSER *et al*, 2011).

Figura 3 - Neurônios e sinapses



Fonte: ABCPNL Desenvolvimento humano (2017).

A plasticidade do cognitiva representa um fator fundamental a aprendizagem, seu caráter de abertura e mutabilidade no processo de identificação-correção-retificação permite ao cérebro trabalhar ativamente no sentido de construir novos caminhos, estabelecer conexões, reconstruir e consolidar campos, além de incitar novas buscas e perspectivas. No decorrer do desenvolvimento cognitivo, o sujeito percorre estágios hierárquicos pelos quais todos os indivíduos perpassam no decorrer da vida, mediante processos que culminam no trinômio construir-desconstruir-retificar, elementos que constituem o alicerce da inteligência humana.

Para o entendimento dos estágios cognitivos, é oportuno elencar três pontos centrais, a saber: os estágios ocorrem de forma sucessiva, sempre na mesma ordem; as etapas não podem ser descontinuadas; cada novo estágio incorpora e transforma as construções do estágio anterior, fator que resulta no desenvolvimento cognitivo. Contudo, salientamos que o tempo da vida, é de natureza qualitativa, não pode ser quantificado, isto é, cada ser possui sua temporalidade e espacialidade. Logo, cabe relativizar, considerar as subjetividades e articular aos estágios.

Em sua tese Piaget afirma que os estágios transcorrem uma ordem sequencial, isto porque as estruturas cognitivas construídas pelo sujeito durante os estágios iniciais são aplicadas como pontos de referência nos estágios seguintes, o

sistema é refinado e reestruturado por meio de reequilibrações que fornecem a criança equilíbrações sucessivas, além de viabilizar novas construções e ultrapassagens:

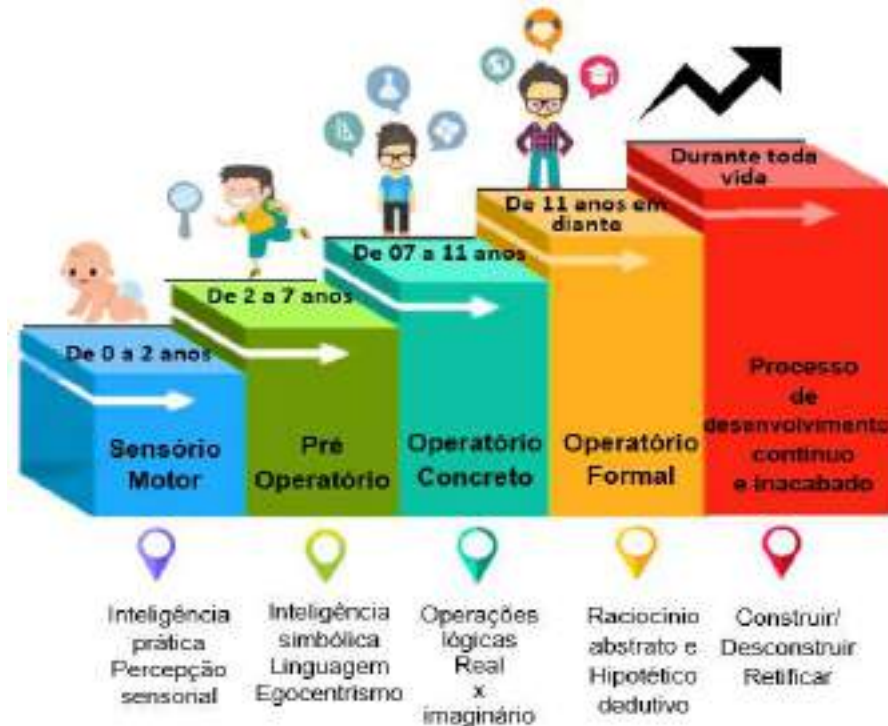
Para bem apresentá-lo, é preciso primeiro notar que seria errôneo fechar-se na alternativa da continuidade ou da descontinuidade apresentada em termos lineares, como se a inteligência, uma vez desencadeada, prosseguisse em linha reta num único e mesmo plano. Na realidade, a inteligência se constrói por etapas de equilíbrio sucessivas, de modo que o trabalho começa, em cada uma delas, por uma reconstrução do que já tinha sido adquirido na etapa precedente, mas sob uma forma mais restrita (PIAGET, 1975b, p. 258-259).

As equilíbrações sucessivas representam a retomada do campo cognitivo e o direcionamento a novas estruturas que irão integrar os conhecimentos novos e passados a cada novo estágio. A aprendizagem comporta um itinerário de natureza diversificada ao ter em conta as subjetividades, temporalidades e necessidades de cada aprendente, isto posto, é importante salientar que os estágios representam um panorama, no entanto, não devem ser rigorosamente aplicados.

Nos estágios iniciais a recorrência de conflitos cognitivos é expressiva, fator que motiva erros de natureza teórica e lógica devido o domínio imperfeito de conceitos e ideias, além disso, representam um grau mais elevado de dificuldade o que implica diretamente em sua superação, isso ocorre porque a assimetria entre as afirmações e as negações compromete o sistema e as partes. Assim, geralmente é necessário aguardar a formação das operações concretas para que este ciclo de formação das negações seja concluído, nesse período é importante que os erros gerados sejam corrigidos, como forma de modificar e superar o estado de perturbação, em outras palavras a equilíbrio representa uma compensação progressiva entre os caracteres positivos e negativos.

Nesta acepção, além dos conhecimentos acerca da disciplina e das metodologias de ensino, é importante que o professor esteja informado sobre os processos de desenvolvimento da inteligência da criança ou do adolescente, especialmente no nível em que atua, a considerar que tal fator influencia no sucesso das práticas pedagógicas a partir do entendimento acerca dos limites, possibilidades e construções em cada estágio.

Figura 4 - Prováveis estágios de desenvolvimento cognitivo



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Piaget (1999).

Sensório Motor (de 0 a 2 anos) - estágio primário, o nascimento da inteligência na criança resulta de construções progressivas mediante a percepção sensorial, ações e esquemas motores à medida em que o bebê experencia o mundo ao seu redor, processo que inicialmente ocorre pela exploração visual e descoberta do próprio corpo, e posteriormente, pela manipulação dos objetos, comporta o conhecimento de si e do ambiente, dos fatores externos. Em outros termos:

O período que vai do nascimento até a aquisição da linguagem é marcado por extraordinário desenvolvimento mental. Muitas vezes mal se suspeitou da importância desse período; e isto porque ele não é acompanhado de palavras que permitam seguir, passo a passo, o progresso da inteligência e dos sentimentos, como mais tarde. Mas, na verdade, é decisivo para todo o curso da evolução psíquica: representa a conquista, através da percepção e dos movimentos, de todo o universo prático que cerca a criança (PIAGET, 1999, p.17).

A inteligência é de natureza prática, utilizada para coordenar atos físicos como mamar, pegar, chutar, jogar, isto é, parte de esquemas reflexivos ao pensamento simbólico, ao final do estágio. Entre 18 a 24 meses, mediante as interações com o ambiente, a criança elabora sistemas representativos que permitem reconhecer

objetos e eventos, fator que culmina na noção de *permanência dos objetos*, a construção cognitiva mais significativa deste estágio, ao configurar modificações de natureza qualitativas. Assim, a criança passa a compreender que o objeto continuará a existir, por mais que não esteja em seu campo de visão, este entendimento corresponde a capacidade de representação mental dos objetos e traduz o desenvolvimento do pensamento simbólico.

Pré-operacional (de 2 a 7 anos) - em graus cada vez mais expressivos a criança descobre e explora o mundo ao seu redor, conceitos e ideias são formados a partir de experiências concretas e visuais, estágio que simboliza o raciocínio primitivo, relacionado as ideias intuitivas. A criança utiliza símbolos para representar o ambiente a sua volta, pessoas, objetos e lugares, por este motivo a inteligência é nomeada simbólica, surge também a manifestação da linguagem, sem dúvidas a característica mais notável da primeira infância que unida as mudanças nos aspectos cognitivos, afetivos e sociais permitem à criança interagir socialmente, representar situações vividas e relatar fatos:

Com o aparecimento da linguagem, as condutas são profundamente modificadas no aspecto afetivo e no intelectual. Além de todas as ações reais ou materiais que é capaz de efetuar, como no curso do período precedente, a criança torna-se, graças à linguagem, capaz de reconstituir suas ações passadas sob forma de narrativas, e de antecipar suas ações futuras pela representação verbal. Daí resultam três consequências essenciais para o desenvolvimento mental: uma possível troca entre os indivíduos, ou seja, o início da socialização da ação; uma interiorização da palavra, isto é, a aparição do pensamento propriamente dito, que tem como base a linguagem interior e o sistema de signos, e, finalmente, uma interiorização da ação como tal, que, puramente perceptiva e motora que era até então, pode daí em diante se reconstituir no plano intuitivo das imagens e das "experiências mentais". Do ponto de vista afetivo, segue-se uma série de transformações paralelas, desenvolvimento de sentimentos interindividuais (simpatias e antipatias, respeito etc.) e de uma afetividade inferior organizando-se de maneira mais estável do que no curso dos primeiros estágios (PIAGET, 1999, p. 24).

Neste percurso de construções intensas a curiosidade é aguçada, a criança questiona o funcionamento do mundo e das coisas, despertando os “porquês”, período repleto de descobertas que permite a criança formular respostas que irão nortear sua compreensão. O egocentrismo representa uma forte expressão do pensamento pré-operacional, o pensamento infantil está centrado em seu próprio ponto de vista, a criança não consegue reconhecer concepções diferentes das suas, acredita que todos pensam e sentem as coisas a seu modo, fator decorrente da ausência de esquemas

conceituais e de uma estruturação lógica do pensamento, além disso, a criança comumente utiliza características animistas para descrever objetos e animais.

Operatório concreto (de 7 a 12 anos) - neste estágio, a criança paulatinamente adquire a capacidade de distinguir o real e o imaginário, o pensamento renuncia a orientação pelas percepções. A criança constrói as operações lógicas, fator que fomenta a elaboração de conhecimentos cada vez mais refinados e compatíveis com a realidade; importante etapa do desenvolvimento cognitivo que propicia a compreensão das situações vivenciadas, bem como a habilidade de solucionar problemas concretos com o aporte de elementos palpáveis:

A idade média de sete anos, que coincide com o começo da escolaridade da criança, propriamente dita, marca uma modificação decisiva no desenvolvimento mental. Em cada um dos aspectos complexos da vida psíquica, quer se trate da inteligência ou da vida afetiva, das relações sociais ou da atividade propriamente individual, observa-se o aparecimento de formas de organizações novas, que completam as construções esboçadas no decorrer do período precedente, assegurando-lhes um equilíbrio mais estável e que também inauguram uma série ininterrupta de novas construções (PIAGET, 1999, p. 40).

Neste cenário, a criança necessita de experiências manipuláveis tendo em vista a construção da compreensão lógica da realidade, pois, ainda não possui o domínio do pensamento abstrato. Contudo, se estes conhecimentos não forem integrados ao nível concreto, permanecerão no pensamento infantil, como informações memorizadas. A visão egocêntrica da criança apresenta declínio, fator que permite a coordenação entre os sujeitos, influencia as ações e a própria linguagem ao torná-las mais socializadas. A *posteriori* são construídos os valores morais, em virtude disto a criança pode apresentar um intenso senso de justiça, segundo Piaget (1999, p. 53) este período “[...] caracteriza-se pela aparição de novos sentimentos morais e, sobretudo, por uma organização da vontade, que leva a uma melhor integração do eu e a uma regulação da vida afetiva”. A criança torna-se capaz de seguir regras coletivas, refletir acerca de fatos e discutir opiniões.

Operatório Formal (de 11 anos em diante) - nível de construção do raciocínio abstrato e hipotético dedutivo que habilitam o sujeito a pensar de forma lógica e sistemática, a criança reconhece e interpreta situações fora de seu campo de experiência, torna-se apta à resolução de problemas e ao levantamento de hipóteses sem o aporte de subsídios concretos, além de desenvolver a capacidade de refletir

acerca de seu próprio pensamento, avaliando possíveis falhas ou contradições. Nas palavras de Piaget (1999, p. 59):

Ora, após os 11 ou 12 anos, o pensamento formal torna-se possível, isto é, as operações lógicas começam a ser transpostas do plano da manipulação concreta para o das ideias, expressas em linguagem qualquer (a linguagem das palavras ou dos símbolos matemáticos etc.) mas sem o apoio da percepção, da experiência, nem mesmo da crença. [...] O pensamento formal, é portanto, “hipotético-dedutivo”, isto é, capaz de deduzir as conclusões de puras hipóteses e não somente através de uma observação real. Suas conclusões são válidas, mesmo independentemente da realidade de fato, sendo por isto que esta forma de pensamento envolve uma dificuldade e um trabalho mental muito maiores que o pensamento concreto.

As representações superam o estado imediato e adquirem as competências necessárias ao estabelecimento de conclusões sobre as situações hipotéticas e afirmações contrárias aos fatos, a manipulação de ideias e variáveis possibilita ao sujeito fazer uso de inferências e compreender analogias e metáforas. Neste estágio, as estruturas cognitivas evoluem ao nível mais elevado de desenvolvimento. Todavia, este aspecto não representa um processo concluído, longe disso, marca o início de um novo ciclo, repleto de desafios e construções que suscitam um *Processo de desenvolvimento contínuo e inacabado*, o sujeito possui o desafio renovar-se, dialetizar e instaurar novos pensamentos, questionar a permanência de seus saberes, bem como cultivar a curiosidade epistêmica e a vontade de potência. Assim, está posto o desafio da vida: construir conhecimentos, desconstruí-los quando necessário e, sobretudo, retificar, ser um eterno aprendiz, demonstrar flexibilidade e mutabilidade.

Neste contexto, gostaríamos de destacar a proximidade da abordagem epistemológica das obras de Piaget e Bachelard, ambas de natureza descontínua, que requerem construções, desconstruções e retificações de pensamento, bem como a movimentação ativa do sujeito, reconhecem a incidência de erros como um processo, sobretudo, fundamental a aprendizagem. Ademais, identificamos a presença de inúmeros obstáculos epistemológicos que entravam os processos de assimilação e acomodação dos conhecimentos, cuja superação torna-se necessária ao alcance de um novo estágio, como estratégia pedagógica para um trabalho sistemático voltado a retificação das ideias, destacamos as situações de conflitos cognitivos como uma possibilidade que permite desestabilizar, retificar e superar obstáculos.

Apesar das inegáveis contribuições ao abordar o desenvolvimento da criança, Piaget foi alvo de inúmeras críticas por priorizar os aspectos cognitivos e biológicos, fator que representa o alcance de sua teoria. Contudo, esta pesquisa busca investigar o sujeito em sua totalidade, não apenas o aspecto cognitivo, mas na relação corporeamente, em seus sentidos e expressões. No capítulo seguinte a discussão será retomada e ampliada a partir dos estudos de Spinoza, Merleau-Ponty e Nóbrega.

2.3 Epistemologia histórica de Gaston Bachelard: a pedagogia do novo espírito científico e o ensino de ciências

Gaston Bachelard (1884-1962), professor de química e física, epistemólogo e poeta, um dos estudiosos expoentes da filosofia contemporânea, responsável pela formulação dos conceitos de *obstáculos epistemológicos* e *rupturas*, exercendo influência sobre o pensamento de filósofos, sociólogos e historiadores da ciência, assim como Thomas Kuhn (1922- 1996), Michel Foucault (1926-1984), Louis Althusser (1918-1990) e outros.

A Primeira Guerra Mundial (1914-1918) conduziu Bachelard a ingressar no magistério, formou-se e passou a lecionar aulas de química e física. Por volta de 1919, Bachelard demonstra interesse crescente pela filosofia e se insere aos estudos e leituras de natureza filosófica. Em 1928, defende suas primeiras teses intituladas “Ensaio sobre o conhecimento aproximado” e “Estudo sobre a evolução de um problema de Física: a propagação térmica dos sólidos”. Em 1930 é convidado a lecionar na Faculdade de Dijon, episódio que reflete de forma expressiva em sua obra, mediante a ramificação de seus estudos em dimensões históricas, pedagógicas e psicológicas.

O caráter histórico da teoria bachelardiana é, sem dúvidas, o mais evidente; na obra “*A formação do espírito científico*” (1938) o autor descreve de forma cronológica o percurso do pensamento científico, utiliza-se de exemplos da química e física para ilustrar a evolução do espírito, desde o espírito pré-científico ao novo espírito científico, mediante episódios de tensões e renovações; demonstra o quanto a mente em seus arcaísmos e preconceitos pode prejudicar e obstruir o progresso da ciência. Nesta continuidade, Bachelard introduz o âmbito psicológico, ao analisar as resistências que se apresentam a formação do pensamento científico, causam

estagnação e regressão, denominados obstáculos epistemológicos, posteriormente desloca o método psicanalítico de Sigmund Freud e propõe a psicanálise do conhecimento objetivo.

O caráter pedagógico bachelardiano é justificado ao longo de toda sua obra, em sua pedagogia científica voltada a formação do homem, a formação do espírito científico, mediante processos de rupturas, superação dos obstáculos epistemológicos, retificações de erros e abertura a novos conhecimentos. Bachelard teceu críticas as formas de ensino tradicionais e sugere a adoção de uma nova pedagogia orientada a suscitar a vitalidade do espírito.

A epistemologia de Gaston Bachelard foi intensamente influenciada pelo contexto de revoluções científicas dos séculos XIX e XX, por estudos como a teoria da relatividade, a física quântica e a mecânica ondulatória que tiveram grandes repercussões no pensamento científico, sua epistemologia objetiva a análise da produção do conhecimento a partir da compreensão histórica que evidencia a mudança de conceitos e ideias em períodos marcados por rupturas, além de refletir sobre as causas de estagnação que impedem a ciência de progredir e se colocam à formação do espírito científico. Além disso, Bachelard criticou as correntes filosóficas, positivistas, empiristas, racionalistas e ao método cartesiano, apontando os limites da aplicação de tais correntes, bem como a adoção de uma única abordagem de modo a considerá-la inquestionável, formula o racionalismo aplicado como corrente filosófica da ciência contemporânea.

Neste contexto de revoluções, retificações e rupturas, Bachelard verifica que os conhecimentos provenientes dos campos da física, química e matemática instauram novos campos epistemológicos. Em outros termos, Bachelard (1972) afirma que a ciência vivencia o que nas palavras de Nietzsche é nomeado “tremor dos conceitos” mediante a colocação dos conhecimentos em novas bases. Assim, o filósofo defende que este movimento requer a formulação de uma nova filosofia da ciência, orientada a investigar, refletir e problematizar sua própria composição, a questionar o fazer científico, seus métodos, conceitos, bem como a duração e permanência de seus saberes.

O “problema da novidade científica” surge nestas circunstâncias, exige do espírito uma atitude de reação e mobilização em sua estrutura; busca romper com o passado, inquietar a razão. Em conformidade com este cenário, Bachelard propõe uma epistemologia não-cartesiana, refuta a premissa da razão como essência do real,

salienta a emergência da superação das visões absolutas e noções metafísicas, visto que a atividade científica contemporânea requer dinamismo e abertura do espírito. No método cartesiano, Bachelard critica principalmente o sistema mecanicista, a inércia do pensamento e a noção de um objeto “completo” que se intitula verdadeiro e universal, a exemplo de um modelo fundamentalmente axiomático. Em outras palavras:

O método cartesiano é *redutivo*, não é *indutivo*. Tal redução falseia a análise e entrava o desenvolvimento extensivo do pensamento objetivo. Ora, não há pensamento objetivo, sem objetivação, sem essa extensão. Como o mostraremos, o método cartesiano que consegue explicar tão bem o Mundo, não chega a *complicar* a experiência, o que é a verdadeira função da *pesquisa objetiva* (BACHELARD, 1978b, p. 159, grifo do autor).

Em oposição a esta perspectiva, Bachelard enfatiza que a ciência precisa ser regularmente questionada, revista, defende o pluralismo científico e filosófico, concebe a ciência em sua dialética, em suas continuidades e descontinuidades, além de refutar o pensamento simplista e reducionista:

Assim, falando de uma epistemologia não-cartesiana, não é sobre a condenação das teses da física cartesiana, ou mesmo sobre a condenação do mecanicismo cujo espírito continuava cartesiano, que pretendemos insistir, mas sim sobre uma condenação da doutrina das naturezas simples e absolutas (BACHELARD, 1978b, p. 161).

O novo espírito científico emerge de um novo racionalismo de natureza setorial e aberta, fruto de uma atividade construtiva, busca superar uma perspectiva dualista ao tecer uma filosofia de dois polos, subsidiada pela movimentação entre o *priori* e o *a posteriori*, entre o empirismo e o racionalismo (BACHELARD, 1978a). Filosofia que requer abertura, criatividade e dinamicidade do espírito com vista a interrogação das formas de pensamento, a retificação de seus erros, no sentido de ampliar e reorganizar saberes. Bachelard (1978a, p. 7) reconhece:

[...] a filosofia do conhecimento científico como uma filosofia aberta, como a consciência de um espírito que se funda trabalhando sobre o desconhecido, procurando no real aquilo que contradiz conhecimentos anteriores. Antes de mais, é preciso tomar consciência do fato de que a experiência nova diz não à experiência antiga; se isso não acontecer, não se trata, evidentemente, de uma experiência nova. Mas este não nunca é definitivo para um espírito que sabe dialetizar os seus princípios, constituir em si novas espécies de evidência, enriquecer o seu corpo de explicação sem dar nenhum privilégio àquilo que seria um corpo de explicação natural preparado para explicar tudo.

A Filosofia do *não* representa a filosofia do novo espírito científico, consiste na tentativa de conceber novas formas de conhecimento e reconciliar a relação entre sujeito e objeto, razão e experiência, mediante a superação dos conhecimentos primeiros, das experiências de generalização e, sobretudo, acerca da visão de uma ciência imóvel; racionalidade que edifica suas bases no desenvolvimento histórico descontínuo, a partir de rupturas:

[...] a antiga filosofia do como se é substituída, em filosofia científica, pela filosofia do por que não. Para usar a expressão de Nietzsche: tudo o que é decisivo só nasce apesar de. Isto é tão verdadeiro no mundo do pensamento quanto no mundo da ação. Toda e qualquer verdade nova nasce apesar da evidência, toda e qualquer experiência nova nasce apesar da experiência imediata (BACHELARD, 1978b, p.93).

Configura-se uma filosofia racional, dinâmica, ativa, que contradiz o passado, as certezas, compreende a ciência em sua mobilidade e instaura o sentido de vigilância epistemológica, de questionamento, de dúvida, isto é, uma dialética do pensamento, do espírito e da ação, de natureza heterogênea e descontínua, longe de representar um negacionismo ou niilismo. Logo, a tarefa de incorporar o juízo de negação ao juízo de afirmação, talvez represente o ponto mais expressivo de um processo formativo subsidiado pelo aporte da filosofia.

A condução das discussões permitiu observar desde o primeiro capítulo, o exponencial desenvolvimento científico mediante processos de descontinuidades e rupturas, contrapondo-se a uma visão sequencial e cumulativa. Analogamente a pedagogia científica de Gaston Bachelard compreende o processo de ensino-aprendizagem das ciências, composto por sucessivas rupturas e retificações de conhecimentos, fruto de um movimento de inacabamento. O aporte epistemológico bachelardiano fornece subsídios a educação, em especial, ao ensino de ciências, representa a possibilidade de pensar as aprendizagens científicas, provoca uma atitude de reflexão e formação contínua.

Em sua obra, Bachelard constrói uma abordagem construtivista pedagógica da ciência e do ensino, ilustra mediante fatos históricos que a ciência e as aprendizagens científicas não ocorrem de forma linear, mas envolvem desvios, rupturas e erros. Desse modo, o ato de ensinar e aprender precisam ser concebidos em sua natureza processual, uma pedagogia da incerteza e do descontínuo que insere o espírito em estado de mobilização. De acordo com o filósofo:

Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar (BACHELARD, 1996, p. 310-311).

Por este ângulo, Bachelard sugere a adoção de um processo formativo permanente, uma atividade que requer do espírito receptividade a novas formas de pensamento, bem como atitudes de redirecionamentos e retificações das ideias, a considera que o conhecimento nunca está fadado a finitude, frequentemente novos saberes instauram diálogos e reformulações. Entretanto, a mente que resiste e demonstra uma atitude de imutabilidade permanece fechada, a posição de segurança causa certezas e impossibilita a movimentação do pensamento. Mas, não cabe ao professor desconstruir a cultura experimental dos alunos, é preciso ressignificá-las, “[...] uma pedagogia em ruptura com o conhecimento usual” (BACHELARD, 1978 b, p. 158).

O ato de conhecer é falho, repleto de imperfeições, e assim como na ciência, em alguns momentos é necessário refazer os caminhos e questionar o que impede o progresso da aprendizagem, reconhecer as lentidões e obstáculos epistemológicos. Este movimento, característico do novo espírito científico, requer sucessivas rupturas, e posterior a este processo, demanda uma atitude de retificação, cujo pensamento possa submeter seus pressupostos à reflexividade.

Os obstáculos epistemológicos entravam a construção dos conhecimentos e das aprendizagens científicas, apresentam-se em objeção a formação do espírito, na obra “*A formação do espírito científico*” (1996) Bachelard analisa e exemplifica os obstáculos que se apresentam como entraves ao progresso da ciência e também podem ser encontrados na atividade de ensino (a experiência primeira, obstáculo generalizante, obstáculo verbal, obstáculo do conhecimento unitário e pragmático, obstáculo substancialista, obstáculo realista e obstáculo animista). Ademais, cabe ressaltar que no ensino de ciências surgem diferentes obstáculos característicos de domínios psicológicos, didáticos, bem como do próprio saber¹⁸.

A *experiência primeira*, tentativa do espírito de absorver o máximo de informações à sua volta, mas o faz de maneira acrítica, tornando o conhecimento objetivo o primeiro erro, há mais apego pelas imagens do que à sua explicação

¹⁸ A discussão será ampliada no tópico 3.1.

científica, fator que comporta a adesão de uma hipótese não verificada. O conhecimento primário é aceito como verdadeiro, não é analisado, discutido ou repensado, constitui uma base inconfiável. Na busca pelo conhecimento científico é necessário superar as impressões e instaurar a crítica à procura da verdade, mediante um espírito de dúvidas que busca romper a adesão imediata das primeiras concepções. Assim, tentar substituí-la demanda um procedimento árduo, cujo objetivo visa a construção de uma atitude reflexiva sobre os processos de produção do conhecimento. No que concerne ao ensino, Bachelard (1996, p. 50) afirma:

[...] as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto.

Nesta perspectiva, é importante que o professor extrapole a experiência, as imagens e seja capaz de orientar o aluno a compreender o conceito, a teoria que sustenta o fazer, rumo a abstração. Mas, para isso é necessário superar o estado de passividade e construir os conhecimentos pautado na racionalidade.

O *obstáculo generalizante* surge neste contexto, mediante às ausências e insuficiências do pensamento instauradas no obstáculo anterior, fator que potencializa o surgimento de erros de natureza conceitual, visto que ao generalizar a experiência o espírito não as submete a fundamentação, ao caráter de reflexividade, pelo contrário, adentra um estado de conformismo intelectual, é conduzido ao raciocínio indutivo e, conseqüentemente, à estagnação do conhecimento. O espírito pré-científico tenta explicar fenômenos de origens diferentes através de observações imprecisas e gerais. De acordo com Bachelard (1996, p. 69) “Nada prejudicou tanto o progresso do conhecimento científico quanto a falsa doutrina do geral [...]”. Na educação, o obstáculo generalizante culmina em conhecimentos de natureza imprecisa e genérica, conduz o aluno a “descobertas” demasiadamente rápidas, levando-o a acreditar que diferentes problemas podem ser vistos a partir da mesma lente, atitude que restringe a confrontação das ideias, a curiosidade epistemológica, torna o espírito mais rígido e entrava a retificação e o aprofundamento dos estudos.

Obstáculo verbal, condição ligada ao pensamento, exposição de hábitos de natureza verbal carregado de adjetivos, acúmulo que prejudica a razão. No processo de construção do conhecimento a palavra pode assumir a forma de imagens e

interferir no pensamento, o espírito procede uma generalização apressada, explica uma diversidade de fenômenos a partir de uma única palavra ou imagem, este excesso caracteriza o empirismo ingênuo, deixa o espírito confuso e com dificuldade de esquivar-se.

As analogias e metáforas comumente utilizadas no processo de ensino podem suscitar este obstáculo por meio da propagação de imagens equivocadas, seu uso inadequado pode dificultar o aprendizado, ao invés de facilitar a compreensão, “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (BACHELARD, 1996, p.101), em virtude disto, seu uso deve ser realizado após a aplicação do plano teórico, para servir de auxílio a concretização do conhecimento e não como foco.

O *obstáculo do conhecimento unitário e pragmático*, advém de linhas fechadas, a partir da submissão do pensamento a uma filosofia unificadora e extensiva, força da indução utilitarista que possui tendência a buscar pela unidade, isto é, reduzir o fenômeno a uma função, um objetivo:

Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. Para tal, basta uma maiúscula. As diversas atividades naturais tornam-se assim manifestações variadas de uma só e única Natureza. Não é concebível que a experiência se contradiga ou seja compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se de erro. Essa necessidade de unidade traz uma multidão de falsos problemas (BACHELARD, 1996, p.107).

A inconsciência torna a experiência imóvel, pois, o espírito vê na unidade um princípio alcançado sem maiores esforços. A natureza é concebida como única, assim ocorre a confirmação do pensamento segundo uma filosofia unificadora que promove generalizações exacerbadas, desconsidera as formas de racionalismo regionais e heterogêneas. Logo, “[...] todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da Natureza” (BACHELARD, 1996, p.103). No ensino de ciências, o grande desafio centra-se em superar as formas de conhecimento simplistas e unas por entender que este aspecto caracteriza a imobilidade do espírito, limita a experiência e o pensamento a partir de sistemas isolados e fechados.

O *obstáculo substancialista*, resulta da concessão de características, qualidades e imagens à substância a partir de um sentido polissêmico, subsidiado por interpretações errôneas; possui um aspecto geral e vago, dotado de uma falsa pista. Um dos obstáculos mais difíceis de superar, pois, encontra-se encrustado em uma filosofia fácil, ainda que necessite de uma explicação minuciosa, bastante comum em práticas pré-científicas, a exemplo da alquimia. Segundo Bachelard (1996, p. 120):

O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. É constituído por intuições muito dispersas e até opostas. Por uma tendência quase natural, o espírito pré-científico condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos. Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Seria possível falar de um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo da qualidade evidente.

Substancialismo do interior e do oculto, marcado pelo espírito pré-científico que tenta dar conta de vários aspectos a partir de uma explicação monótona, aceita o caráter substancial do fenômeno e insere na experiência uma imensidão de imagens. Ademais, na prática educativa o obstáculo substancialista foge a crítica, os problemas suscitam experiências sem valor, cujo resultado negativo não servirá como advertência. A convicção substancialista é tão forte que satisfaz o espírito com pouco e inviabiliza a variação.

O *obstáculo realista* transforma o objeto em fonte de prazer, considera a verdade incontestável, espírito ingênuo que se satisfaz com a alegria avarenta, reduz a experiência ao concreto e impede que o conceito seja ultrapassado, logo, não é capaz de progredir ao plano abstrato, apresenta imagens e analogias para descrever o real:

De fato, a convicção primeira do realismo não é discutida, como nem chega a ser ensinada. De forma que o realismo pode, com razão, ser considerado a única filosofia inata, o que não nos parece vantagem. Para aquilatá-lo, é preciso ultrapassar o plano intelectual e compreender que a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal (BACHELARD, 1996, p. 162).

O realista acredita ser detentor de verdades, julga estar sempre a frente por deter o plano real, conduta que impede rupturas epistemológicas, o espírito permanece fechado a novas formas de compreensão. Assim, seja na pesquisa ou no

ensino, busca-se romper com a visão avarenta e obstruída do realista, demonstrar abertura as rupturas e o inacabamento do espírito, além de construir e fundamentar o conhecimento abstrato.

Obstáculo animista bastante utilizado no ensino científico, configura a atribuição de traços antropomórficos às substâncias, busca relacionar questões animadas e vitais a objetos inanimados com vista a explicação dos fenômenos. Em outros termos “Constitui-se, então, um verdadeiro fetichismo da vida, com cara de ciência, que persiste em épocas e em domínios nos quais, espantosamente, não causou escândalo” (BACHELARD, 1996, p. 186). A exemplificação de manifestações biológicas a fenômenos físicos pode distanciar o aluno da compreensão desejada, deslocar sua atenção a outros aspectos, ou até mesmo, supervalorizar uma face em detrimento da outra. Esta tentativa de alcance e aproximação do aluno aos conceitos, regularmente resulta em representações errôneas, difíceis de serem desconstruídas e retificadas.

Os obstáculos estão interligados e possuem uma forte relação, apresentam-se como entraves a construção da ciência e das aprendizagens científicas. Reconhecê-los permite programar estratégias de ensino com vista ao processo de enfrentamento, retificação e superação, ações que possibilitam ao espírito continuar progredindo. Contudo, no dizer de Bachelard (1996, p.23, grifo do autor):

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. [...] Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana.

A superação dos obstáculos epistemológicos representa um momento crucial nas aprendizagens científicas e na própria ciência, pois, converte atitudes de reprodução em esforço de renovação e criação, insere o espírito numa dialética, “Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que *é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado*” (BACHELARD, 1996, p.17, grifo do autor).

A ideia central da teoria bachelardiana é retificar, ao romper com o passado, o senso comum e os juízos pré-estabelecidos. Em outros termos, o espírito possui a idade de seus preconceitos, mas é capaz de rejuvenescer ao superar os obstáculos e romper com o passado.

Ao refletir acerca do ofício do cientista, Bachelard (1978b, p.8) interroga “[...] como pensais, quais são as vossas tentativas, os vossos ensaios, os vossos erros? Quais são as motivações que vos levam a mudar de opinião?” Questionamentos que podem ser transpostos para o ensino de ciências de modo a conduzir reflexões. Bachelard enfatiza o papel central das rupturas, erros e retificações no processo formativo e na construção do conhecimento científico, além de professar uma visão de ciência como atividade pautada no dinamismo intelectual.

A pedagogia científica bachelardiana incita um processo contínuo de formação, tanto do professor quanto do aluno, com vista a reorganizar, reconstruir o pensamento, requer flexibilidade, rigor e abertura, objetiva a reformulação de ideias a partir de novos domínios, pois, é mediante um esforço autônomo que se conquista uma modificação. O espírito que retifica seus erros permite pensar o novo, pensar o diferente, a partir da construção de uma nova racionalidade:

A retificação parece-nos não um simples retorno a uma experiência malograda que pode ser corrigida por uma atenção mais forte e mais competente, mas sim o princípio fundamental que sustenta e dirige o conhecimento e o instiga sem cessar a novas conquistas (BACHELARD, 2004, p. 19).

A retificação consiste no sistema central do conhecimento objetivo, processo psicológico que implica a reorganização de saberes e a correção de erros, em outros termos, ajustamentos que ocorrem ao longo de toda formação, mediante o aporte da pedagogia científica. “Tudo aquilo que retifica a razão reorganiza-a” (BACHELARD, 1978a, p. 17) as retificações possibilitam a reformulação de conceitos e ideias de acordo com diferentes níveis de abstração, evoluem no decorrer da vida e no avançar das etapas de escolarização. Mas, este processo de reconhecimento dos erros, identificação dos obstáculos e retificações, demanda tempo. A atividade educativa, sobretudo o ensino de ciências, requer um tempo maior de assimilação e abstração, tendo em vista que construções demasiadamente apressadas podem culminar em obstáculos e desentendimentos. “Dito de outro modo, o aluno deve olhar, raciocinar e concluir, adquirindo assim os seus conhecimentos, da mesma maneira que os saberes

científicos se construíram, lenta “silenciosamente”, a partir de dados” (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998, p. 38).

No entanto, o tempo da escola é subsidiado por currículos que ditam “o que aprender”, “quando aprender”, currículos em muitos casos, excessivamente extensos que estimulam a “visitação” de alguns conteúdos, sem o devido aprofundamento necessário. Nesta acepção, Sandra Corazza (2016) propõe o currículo e a didática da tradução, embasada nos estudos de Deleuze e Guattari (1992)¹⁹, movimento que objetiva a construção de uma verdadeira atividade intelectual pelo professor, permite criar mediante aquilo que já foi criado, a partir da releitura e interpretação crítica do currículo e da didática, de modo a fundamentar uma tradução criadora, ao articular saberes, teorias e *epistemes* de acordo com as necessidades educacionais, especificidades e temporalidades. De acordo com Corazza (2016, p. 1323):

Como professores-tradutores, relemos e reescrevemos o existente, mediante uma atitude crítica, que exige compreensão e superação das matérias originais, lendo e escrevendo entre linhas; atentando para singularidades menos transparentes; decompondo-as de fora para recompô-las por dentro – dentro que é coextensivo ao fora (o que pode ser chamado tempo) [...] traduzir passa a ser realizar a melhor leitura e a melhor escritura possíveis de um plano de pensamento (filosofia), de composição (arte) e de referência (ciência).

Mas, este processo de *fazer-pensar* a educação precisa partir da vontade de potência do próprio professor, representa força plástica, impulso, ação criadora, no sentido de produzir, efetuar, formar e criar uma docência autoral, ao propor articulações e rupturas dinâmicas e inventivas (CORAZZA, 2016). Em síntese:

Assim, operar com um currículo e com uma didática da tradução serviria para transformar o discurso dogmático da dependência dos professores, que limita o desenvolvimento da teoria educacional sobre uma formação docente, autonomamente criadora; bem como para permitir aportes e abordagens transdisciplinares, que romperiam com o impasse de noções arcaicas e de termos estagnados (CORAZZA, 2016, p. 1332).

Esta atitude do professor-tradutor conduz a análises críticas, a construção de saberes e melhores formas de compreensão acerca das especificidades. Cabe ressaltar que não estamos propondo a negação dos currículos, mas um

¹⁹ DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **O que é a Filosofia?** Tradução: Bento Prado Jr. e Alberto Alonso Muñoz. Rio de Janeiro: Editora 34, 1992.

repensar/fazer-pensar a educação, em defesa da autonomia docente e de um ensino “lento”, significativo, que possa impactar positivamente o sujeito, levando-o a construir os conhecimentos científicos.

O entendimento do professor acerca da ciência e de sua natureza, refletem essencialmente no ensino, de modo a corroborar ou obstruir a prática do trabalho pedagógico. Todavia, no ensino de ciências a abordagem positivista é amplamente compartilhada pelos professores, configura uma atividade de ensino acrítica, reduzida a reprodução e disseminação de conceitos, teorias e resultados, uma visão de ciência como produto. Neste contexto, os alunos exercem estado de passividade e atuam como meros consumidores, além disso, não há margem para erros. “Mas um método puramente mecânico, que não pede ao espírito nenhum esforço de invenção, não pode ser realmente fecundo” (BACHELARD, 1978b, p.173).

Bachelard (1996) relata que o ensino da Física e da Química compartilhavam uma visão de ciência fechada, imóvel e com vestígios de pensamento pré-científico, no qual não era preciso compreender, pois, bastava ver e aplicar, não havia espaço para questionamentos, apenas para a reprodução:

[...] ao diminuir a dificuldade dos problemas de física, ao implantar, em certos casos, até um ensino de física sem problemas, feito só de perguntas orais, desconhecem o real sentido do espírito científico (BACHELARD, 1996, p. 50).

Ao proceder desta forma, o professor desperdiça o potencial do ensino científico. Contrariamente, a perspectiva proposta pelo filósofo representa uma visão construtiva da ciência, de natureza processual e em contínua edificação e produção de conhecimentos, objetiva que os alunos compreendam esse desenvolvimento, construam habilidades cognitivas e, posteriormente, sejam convidados a se tornarem os produtores desta ciência, nesta abordagem, os erros são vistos como elementos constituintes das aprendizagens. “Em outros termos, para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo [...]” (BACHELARD, 1996, p. 300).

Bachelard afirma que o prazer intelectual é um ato nocivo ao progresso do espírito, pois, uma atividade intelectual que apenas afirma suas concepções e não as submete ao exercício analítico da reflexão está fadada a imobilidade e a rigidez. É preciso abandonar o estado de conforto intelectual, no processo educativo o espírito precisa ser afetado, somente assim poderá voltar-se para o plano real, ou seja, a

abstração. A facilidade retira do pensamento o sentido de problema, levando o espírito a acomodar-se, substituindo o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens, fomenta a preguiça intelectual, limita o ser e origina o obstáculo generalizante. Desta forma:

Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. Tais observações podem, aliás, ser generalizadas: são mais visíveis no ensino de ciências, mas aplicam-se a qualquer esforço educativo (BACHELARD, 1996, p. 24).

Isto posto, eis o desafio: a formação do espírito ativo e dinâmico, capaz de dialetizar as formas de pensamento, voltado ao abandono das ideias errôneas, da experiência primeira e do obstáculo de generalização, um espírito criativo e autônomo, orientado a construção de conhecimentos objetivos e a ultrapassar as formas de reprodução. No entanto, “Antes de se comprometer num conhecimento objetivo qualquer, o espírito deve ser psicanalisado não só na generalidade como ao nível de todas as noções particulares” (BACHELARD, 1978a, p. 14). O espírito precisa se opor às imagens, buscando retirar as analogias e metáforas existentes através do processo de psicanálise.

A psicanálise do conhecimento objetivo examina de forma sistemática os conhecimentos construídos pelo sujeito, processo de depuração que retira as impressões primeiras, imagens ingênuas e metáforas, esforço psicológico para reconhecer e interpretar os saberes. Com efeito, não basta apenas libertar o espírito dos erros, é necessário psicanalisar, submeter ao processo de refinamento e retirar-lhes os erros mais capciosos. Nas palavras de Canguilhem (2012, p. 185) o “[...] desconhecimento da tenacidade dos erros que por muito tempo obscureceram um problema”.

O erro encontra-se no inconsciente, no âmago do ato de conhecer. Essa pedagogia científica voltada ao erro requer esforço não apenas no plano epistêmico, mas no plano psicológico, demanda uma condição de suscetibilidade do espírito, é importante salientar que “Psicologicamente não há verdade sem o erro retificado” (BACHELARD, 1996, p. 293). Nesta lógica busca-se, incentivar a autonomia intelectual, valorizar o ensino das perguntas e cultivar o espírito de dúvidas. A

educação científica apresenta-se como um espaço privilegiado para a construção de conhecimentos, a ponderar que a curiosidade infantil é comparável à dos cientistas:

Sem dúvidas, seria mais simples ensinar só o resultado. Mas o ensino dos resultados da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas. É preciso “que ele compreenda”. Só se consegue guardar o que se compreende. O aluno compreende do seu jeito (BACHELARD, 1996, p. 289).

O processo de ensino-aprendizagem é construído em vias de aprimoramento, atividade que precisa ser retificada, repensada e redirecionada, o professor na prática pedagógica científica, busca fomentar uma atividade intelectual autêntica, para esse fim assume uma postura aberta voltada ao desenvolvimento do estudante enquanto sujeito participativo que constrói e retifica conhecimentos a partir dos momentos de interação, problematização, investigação, debates, conflitos de ideias, dentre outras possibilidades.

A construção do olhar epistemológico permite ao professor orientar seu pensamento epistêmico não somente aos conteúdos de ensino, mas o reorienta a pensar o ensinar e o aprender, a clarificar a reflexão e as práticas de ensino, representa uma possibilidade fecunda na formação dos professores de ciências, pois, permite uma visão apurada acerca do objeto, ao ultrapassar os conteúdos de ensino, levando em conta os fatores sócio-históricos, as especificidades do processo de construção destes conhecimentos e os obstáculos epistêmicos. Ademais, a epistemologia irá integrar o campo da didática ao fornecer a base teórica que permite subsidiar as situações de ensino-aprendizagem.

2.4 Epistemologia-didática: possibilidades a formação docente²⁰

Jean Pierre Astolfi (1943-2009) professor, acadêmico francês especialista em ciências da educação e didática das ciências, mais amplamente sobre a questão da aprendizagem escolar, defensor da educação científica na escola. Autor de inúmeras

²⁰ A epistemologia-didática representa uma fonte potencial ao processo de ensino-aprendizagem ao realizar a articulação necessária entre teoria e prática e propiciar a análise das situações didáticas seguidas de intervenções e formas de tratamento epistêmicas.

obras Astolfi foi pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais vinculado ao Instituto Francês de Educação. Estudioso de Bachelard e Piaget, Astolfi estabelece articulações entre os autores, fundamenta sua concepção didática e as práticas de ensino de ciências na dupla dimensão epistemológica, de natureza histórica e genética, destaca entre a vasta obra dos autores, “*A formação do espírito científico*” (BACHELARD, 1996) e “*A equilibrção das estruturas cognitivas*” (PIAGET, 1975) como as produções de maior influência.

Didática, ciência da educação, área de conhecimento articulada que reúne perspectivas e concepções de criança enquanto ser no mundo, processos de ensino-aprendizagem, ciência e formação docente, fruto de composições sócio-históricas. O surgimento da didática remete a Grécia Antiga durante a Idade Média, por volta de 1554, o vocábulo advém do grego *didakito*, expresso como adjetivo, cujo significado traduz a ação ou efeito de ensinar e instruir, associada a natureza científica ou técnica. Contudo, durante um longo período a didática comportou uma visão linear e sistêmica, sem a preocupação de fornecer uma base teórica, sendo, portanto, utilizada de forma implícita e difusa, ao preceder seu processo de sistematização.

No século XVI, o educador Wolfgang Ratke (1571-1635) ressignificou o termo didática, atribuindo-lhe o sentido de “ciência reguladora do ensino”. Anos depois, o também educador, cientista e escritor Jan Amos Comenius (1592-1670) reúne os conhecimentos e metodologias da didática ao teor filosófico, referenciado pelos estudos de Ratke e de outros autores em ambos os campos; publica a obra “*Didática Magna*” em 1649, primeira tentativa de tornar a didática um campo autônomo (CASTRO, 1991).

Entre os séculos XVIII e XIX a didática recebeu contributos de educadores como Jean-Jaques Rousseau (1712-1778), Heinrich Pestalozzi (1746-1827) e Friedrich de Herbart (1766-1841). No final do século XIX, o filósofo John Dewey (1859 -1952) funda o movimento de renovação de ensino denominado Educação Progressista, vigente por 60 anos, fruto de críticas ao ensino tradicional vigente, ao acusar a ineficácia na formação dos estudantes. No Brasil este movimento iniciou em 1882 e ganhou força na década de 1930, nomeado Escola Nova (CASTRO, 1991).

Em oposição ao método de Herbart²¹, Dewey defendeu o método ativo, ao focalizar a criança como o sujeito do processo ensino-aprendizagem, uma educação integral de natureza prática, concepção que repercutiu na didática de forma expressiva. No século XX, o advento da Psicologia e a forte influência da teoria de Jean Piaget acerca do desenvolvimento cognitivo e dos estágios operatórios transformaram profundamente os processos de ensinar e aprender. Neste contexto, em 1951 Hans Aebli (1923-1990) publica a obra “Didática Psicológica: Aplicação à didática da psicologia de Jean Piaget”. Hans foi docente pesquisador nas áreas de pedagogia, psicologia e didática, propôs a renovação do campo, como forma de englobar os novos conhecimentos e expandir o alcance da didática. Mediante os avanços das áreas de estudo voltadas aos processos de ensino-aprendizagem, em 1955 o termo didática foi repensado, seu uso recente atribui o sentido de substantivo, orientado a simbolizar a evolução e ressignificação do campo, busca romper dualidades e a visão linear das aprendizagens (ASTOLFI *et al*, 1997b).

Entre 1980 a 1985, a epistemologia é incorporada ao arcabouço teórico da didática que se torna uma disciplina de caráter teórico-prático ao refletir e fundamentar as práticas de ensino e o trabalho docente. Assim, Astolfi e Develay (2012) sugerem a nomenclatura epistemologia-didática, como forma de simbolizar esta união intrínseca entre o campo epistemológico que fornece subsídios as reflexões, direcionamentos e tomadas de decisões com base na rigorosidade teórica e a didática ao propiciar os saberes práticos, escolha das situações de aprendizagem mais apropriadas, bem como o processo de análise acerca dos conteúdos de ensino e dos obstáculos epistemológicos.

A didática originalmente foi estruturada em um âmbito abrangente, mas conforme o aprofundamento teórico e sua consolidação enquanto campo de conhecimento, recebeu desdobramentos e ramificações nas demais áreas de conhecimento. A didática geral destina-se aos fundamentos e métodos de ensino, visa a construção de conhecimentos de natureza teórica que possam subsidiar o professor no processo de ensino-aprendizagem, fornece um panorama acerca da atividade docente. Está presente em todos os cursos de formação inicial de professores, direcionada desde a educação infantil ao ensino superior. Por outro lado, as didáticas

²¹ Herbart propôs o método de instrução, mediante 5 passos que objetivam o desenvolvimento da aprendizagem pelo aluno: 1. Preparação; 2. Apresentação; 3. Assimilação; 4. Generalização; 5. Aplicação.

específicas, a exemplo da didática das ciências, propiciam ao docente o aprofundamento teórico-prático em seu campo de atuação particular, objetivam o processo de reflexão, análise e investigação acerca das especificidades da disciplina, abrange os conteúdos, conceitos, metodologias, técnicas e processos de apropriação por parte dos alunos, tendo em vista a construção das aprendizagens.

A didática articula a relação entre professor, aluno e conhecimento, possui vínculos intrínsecos entre os campos da Pedagogia, Psicologia e Epistemologia, com aporte na história da ciência, objetiva a apropriação dos conhecimentos científicos pelos alunos, bem como o processo de renovação das práticas pedagógicas. A didática atua:

- de um lado, acima da reflexão pedagógica, levando em conta os conteúdos do ensino como objetos de estudo. A didática permite, então, a referência dos principais conceitos que funcionam na disciplina e análise de suas relações. Ela se interessa por sua história, suas retificações respectivas, as modalidades de sua introdução no ensino. Examina o funcionamento social desses conceitos, as práticas sociais às quais eles remetem [...]
- e, de outro lado, abaixo, aprofundando a análise das situações de classe para melhor compreender do interior como isso funciona e o que está em jogo. O estudo das representações dos alunos, de seus modos de raciocínio e da maneira como decodificam as expectativas do ensino intervém nesse assunto. Mas também a análise do modo de intervenção do docente a fim de lhe sugerir uma gama de possibilidades e não seu fechamento numa modalidade única de intervenções (ASTOLFI; DEVELAY, 2012, p. 12).

A didática objetiva refletir acerca dos conteúdos, objetivos, estratégias de ensino e obstáculos as aprendizagens científicas, subsidiada pelas seguintes questões: O que ensinar? Qual o objetivo de ensino? Qual a forma mais apropriada para o ensino de determinado conteúdo? Quais os obstáculos a construção deste conhecimento? A *posteriori* busca analisar, selecionar e inter-relacionar conteúdos, objetivos e metodologias apropriadas ao ensino, as faixas etárias dos alunos e graus de escolarização, tendo em vista a progressão das aprendizagens.

A didática é regularmente ilustrada na forma de um triângulo (ver figura 5, simboliza a conexão entre os pilares que constituem o processo de ensino-aprendizagem (saber-aluno-professor), cada vértice representa um campo de investigação que compõe a didática (epistemologia-pedagogia-psicologia). O centro destina-se ao núcleo dos saberes, estrutura conceitual embasada nos fundamentos epistêmicos. Nas laterais, de um lado é possível observar os alunos, mediante as

reflexões da pedagogia, e do outro, o docente mediado pelos modelos de ensino e conhecimentos acerca da psicossociologia (ASTOLFI *et al*, 1997 b). Posteriormente, novos conceitos e teorias são integrados a estrutura do triângulo didático, (ver figura 6) orientada às etapas de elaboração dos conteúdos, construção das situações, interações didáticas e estratégias de apropriação, a saber:

Figura 5 - Triângulo didático

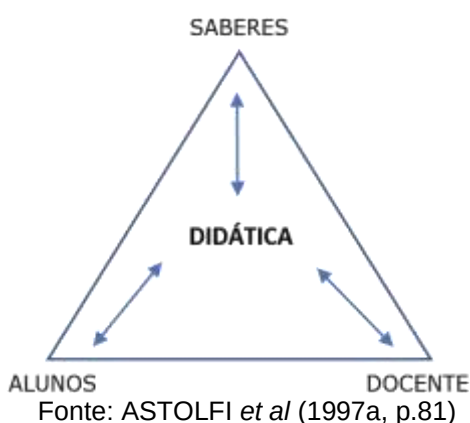
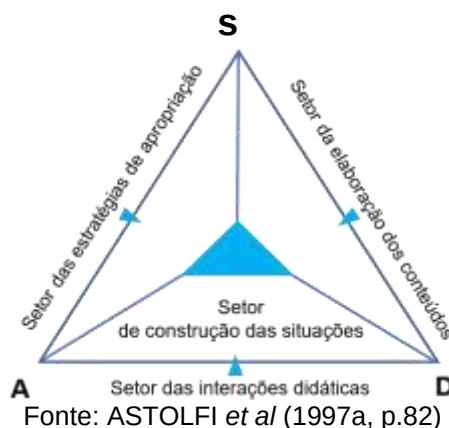


Figura 6 - Triângulo didático (setores)



A didática possui uma composição interdisciplinar e dinâmica que objetiva a construção da aprendizagem pelo aluno, ao integrar e articular estes campos de conhecimento. Ademais, à estrutura do triângulo didático são inseridos quatro setores, cada um responsável por abranger e trabalhar determinados conceitos e teorias que norteiam as práticas pedagógicas científicas.

O setor de elaboração dos conteúdos abrange a noção de transposição didática, prática social de referência, tramas conceituais e nível de formulação dos conceitos. O nível de estratégias de apropriação engloba os conceitos chave para a compreensão do docente acerca dos processos de construção das aprendizagens científicas pelos alunos, referente aos conceitos de representações, erro, obstáculos epistemológicos e resolução de problemas. Por fim, o nível de interações didáticas envolve as ideias de costume didático e auxiliar didático, que se desdobra no setor de construção das situações didáticas, responsável pelo gerenciamento das atividades em sala de aula, embasado nos conceitos de objetivo-obstáculo, estruturação, contrato didático e situações problemas (ASTOLFI *et al*, 1997a). Esta pesquisa terá como enfoque as estratégias de apropriação e a construção das situações didáticas.

Nessa perspectiva, destaca-se a importância de o processo formativo docente propiciar a construção destes conhecimentos, tendo em vista que toda atividade

educativa requer embasamento teórico-prático, como forma de clarificar a interpretação acerca dos processos de ensino-aprendizagem, além de estabelecer articulações. Portanto, o docente precisa compreender, refletir e dialogar com os campos que compõem o cerne da didática. Astolfi *et al* (1997a, p.81) tece o seguinte esclarecimento:

A epistemologia constitui hoje uma das bases mais sólidas da Didáctica das Ciências e, mais largamente, de qualquer reflexão pedagógica preocupada com o ensino e a apropriação dos saberes científicos. Com efeito, espera-se dela uma representação renovada e enriquecida da ciência, susceptível de modificar as próprias práticas educativas: uma representação tal que os discentes e os docentes pensem a ciência como processo, encaminhamentos, procedimentos e já não como acumulação de resultados objectivos e definitivos, providos de alguma verdade intemporal e absoluta.

A integração entre os campos epistemológicos e didáticos representa um fator substancial ao processo formativo docente, tanto a nível de formação inicial quanto continuada, ao fornecer uma base consistente às práticas educativas e propiciar um olhar mais sensível as particularidades do ensino científico:

O que, na realidade, a fundamenta é a tomada de consciência de que existem dificuldades de apropriação que são intrínsecas aos saberes, dificuldades essas que é necessário diagnosticar e analisar com grande exactidão, para que os alunos sejam bem sucedidos. Com efeito, os conhecimentos adquiridos da didática das ciências põem em evidência inúmeros obstáculos, que permanecem invisíveis à análise quotidiana dos docentes e formadores. Ajudam, assim, a melhor compreender a realidade dos processos de aprendizagem em ciências, porque é sempre forte a tentação de atribuir a sua lentidão ou o seu malogro a características pessoais dos alunos, como a sua falta de esforços ou de motivação. Abstemo-nos, então, de ver aí problemas «ocultos nos próprios saberes» [...] (ASTOLFI *et al*, 1997b, p. 7-8).

No processo formativo do professor o enfoque da epistemologia-didática proporciona ao docente mais clareza na organização da disciplina, seleção das estratégias de apropriação, construção das situações de aprendizagem e tomadas de decisões, além de oportunizar a reflexão acerca da constituição do campo, suas nuances, perspectivas e especificidades, fatores que interferem diretamente no ensino. Nas palavras de Astolfi e Develay (2012, p. 15):

A reflexão epistemológica propõe-se um exame da estrutura do saber ensinado: quais são os principais conceitos que funcionam na disciplina, quais relações unem esses conceitos (qual é então o status numa disciplina dada da noção de lei, de teoria), quais retificações sucessivas de sentido se produzem numa história desses conceitos (quais obstáculos foram levantados em sua estrutura). Esta epistemologia escolar deveria permitir inferir consequências didáticas.

Estes aspectos são imprescindíveis ao processo de ensino, o professor que compreende a importância de refletir acerca do saber a ser ensinado, estará mais suscetível a oportunizar aprendizagens científicas. Assim, o aporte epistemológico-didático permite refletir sobre três aspectos centrais (ASTOLFI *et al*, 1997a):

A ideia de *campos conceituais delimitados*, referente aos problemas específicos da disciplina no processo de ensino-aprendizagem, reflexão destinada aos obstáculos subjacentes a determinada temática ou conceito. Aos *conteúdos de ensino*, na tentativa de desconstruir a visão de um programa de ensino pronto, tendo em vista a importância de construí-lo durante o processo de modo a permitir adequações de acordo com as demandas, realidades e nível dos alunos. Por fim, classificado pelos autores como o mais importante, refere-se à necessidade de analisar os processos de aprendizagem em *campos conceituais limitados*, tendo em vista a criação e ressignificação de conteúdos com vista a progressão do ensino. Segundo Astolfi e Develay (2012, p. 12):

A reflexão didática permite nessa ótica traduzir em atos pedagógicos uma intervenção educativa, sendo agora o docente um eterno artesão [...] que deve contextualizar as ferramentas que lhe propõe a pesquisa em didática em função das condições de suas práticas.

As teorias, métodos, técnicas e estratégias de ensino integram as reflexões e decisões do docente, processo que se concretiza na prática, resultado de um processo formativo que demanda tempo, esforço, abertura, interesse e vontade de potência, o professor se reconhece como aprendiz, o que solicita a adoção de uma atitude dinâmica e de vigilância epistemológica. De acordo com Ramos (2003, p. 33):

[...] a construção do “ser professor” também pode ser vista como uma caminhada epistemológica. Além do que, um professor que tem uma postura epistemológica tem mais condições de discernir sobre o ensino mais adequado de um menos adequado, tem melhores condições de avaliar o processo de construção dos alunos e o próprio processo de ensino e tem mais chances de ter mais clareza sobre o significado de ensinar e de aprender ciências.

O professor em sua caminhada epistemológica, reconhece sua condição de inacabamento, necessidade de rupturas e investigação acerca de sua prática, utilizando-a para analisar, refletir e redirecionar. Dessa maneira, a formação docente não representa uma acumulação de saberes, mas um movimento de renovação. Em conformidade com esta linha de pensamento, Astolfi *et al* (1997b, p. 14) afirmam:

- Uma aprendizagem e uma formação nunca são lineares, mas correspondem a um itinerário que comporta retornos, meandros, acelerações também [...]
- Uma aprendizagem e uma formação empenham as representações e as convicções daquele a quem são destinadas [...]
- Uma aprendizagem e uma formação passam pela solicitação da atividade própria do indivíduo, porque é ela que permite interiorizar pessoalmente os conhecimentos adquiridos e evitar o formalismo de coisas que são conhecidas, sem estarem verdadeiramente disponíveis [...].

A formação do professor simboliza um processo de transformação e renovação que incita o dinamismo intelectual, demanda uma colocação em forma, no sentido de utilizar os conhecimentos, metodologias e estratégias em situações reais de ensino que permite investigar, minimizar ou solucionar os impactos e problemáticas diagnosticados pelos professores, de modo a favorecer a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. O aporte dos fundamentos teórico-práticos oportuniza a construção de novas matrizes de conhecimento, ampliam as possibilidades de análise, reflexão e discussão, elementos que irão nortear o docente em sua prática pedagógica:

Esta reflexão epistemológica – que se interessa pelos métodos, princípios e conclusões de uma ciência – coloca quatro perguntas fundamentais no plano filosófico e também no plano didático: O que é um conceito científico? Qual o lugar dos fatos na descoberta? Qual pode ser a função didática da noção de obstáculos epistemológicos? Como pensar as leis e as teorias? (ASTOLFI; DEVELAY, 2012, p. 25).

Reflexões que permitem embasar a formação e as práticas docentes, a partir um olhar de dupla dimensão. Mediante o aporte da epistemologia-didática o professor diz não ao conformismo intelectual e se coloca em movimento, ao mesmo tempo em que desafia o fazer-pensar, investiga, analisa, questiona e redireciona frequentemente suas práticas; compreende o ensino em sua dinâmica, limites e possibilidades, articula teoria e prática, além de dar importância aos aspectos históricos e aos obstáculos que se colocam a construção das aprendizagens científicas.

Um processo formativo que não esteja embasado no aporte epistemológico apresenta fragilidades, seja a nível de formação inicial ou continuada, é imprescindível construir, fundamentar, unificar e robustecer os conhecimentos epistemológicos, científicos e pedagógicos, visto que todos perpassam a prática do trabalho docente. Portanto, é necessário firmar este diálogo e integração entre os saberes.

Por intermédio das discussões de Lucas Roxo (2010) propusemo-nos a refletir acerca da redução da pedagogia e da didática a metodologia, de modo a exemplificar os prejuízos de uma atividade de ensino desprovida de subsídios epistêmicos, ao inverter os fins (conhecimento) e os meios (métodos e técnicas de ensino), mediante a aplicação acrítica dos campos, sem aporte teórico, direcionada, sobretudo, as formas e metodologias. Em alguns momentos a escola desempenha este papel, e, parece esquecer ou negar, os aspectos epistemológicos e psicológicos. Assim, em determinadas salas de aula a presença de recursos, tecnologias e metodologias inovadoras é expressiva, o que gera estímulos e torna as práticas mais atrativas. Todavia, somente a presença destes artefatos não representa a garantia de construção da aprendizagem; se o professor não tiver clareza de sua intencionalidade e objetivos, aliada a uma postura crítica mediante o processo de ensino, corre o risco de investir em uma prática prazerosa, mas vazia de sentido e de conteúdo.

A didática representa o meio, não o fim da atividade educativa, isto posto, é importante salientar que nesta discussão não estamos em defesa da utilização da didática reduzida aos métodos e técnicas de ensino, pois, ao fazer esta inversão perde-se de vista o mais importante: o processo formativo dos aprendentes. Logo, é importante que a prática do professor esteja subsidiada não somente no aspecto didático, mas, principalmente na fundamentação epistêmica. Cabe ressaltar que no ensino de ciências o professor na abordagem da epistemologia-didática planeja as aulas e intervenções pautado em problemas científicos ou vivências do cotidiano dos alunos, aspectos relacionados a história das ciências, experimentos, inquietações, dentre outras possibilidades, elementos que tornam as aulas além de atrativas, revestidas de aprendizagens científicas.

2.5 O ERRO PLURAL²²

Ao abordar o erro é importante refletir de que erro estamos falando? A palavra apesar de estar no singular, possui um caráter plural, abrangente, ao representar uma multiplicidade de caminhos, possibilidades e organizações cognitivas, capaz de traduzir a diversidade de operações intelectuais, seja no sentido de dificuldade, excesso, falta de entendimento, entre outros aspectos.

Tabela 5 - Tipologia dos erros

TIPOLOGIA DOS ERROS	
Natureza do diagnóstico	Mediações [...]
1. Erros devido à escrita e compreensão das instruções.	• Análise da legibilidade dos textos escolares. • Trabalhar na compreensão, seleção e formulação de instruções.
2. Erros resultantes de hábitos escolares ou uma má interpretação das expectativas.	• Análise do modelo e dos hábitos didáticos em vigor. • Trabalho crítico sobre expectativas.
3. Erros como resultado de concepções alternativas dos alunos.	• Análise das representações e dos obstáculos subjacentes à conceito estudado. • Trabalho de escuta, de tomar consciência pelos alunos e debate crítico dentro da classe.
4. Erros ligados às operações intelectuais envolvidas.	• Análise das diferenças entre exercícios que parecem próximos, mas que acionam diferentes capacidades lógico-matemáticas. • Seleção mais rigorosa de atividades e análise de erros nessa estrutura.
5. Erros nos processos adotados.	• Análise da diversidade de processos "espontâneos", distanciados da estratégia "modelo" esperada. • Trabalhar nas diferentes estratégias propostas para favorecer a evolução individual
6. Erros devido à sobrecarga cognitiva na atividade.	• Análise da carga mental da atividade. • Decomposição em subtarefas com dimensões cognitivas que podem ser gerenciadas.
7. Erros que têm sua origem em outra disciplina.	• Análise das características estruturais comuns das diferentes características superficiais nas duas disciplinas. • Trabalho de investigação sobre os elementos invariáveis das situações
8. Erros causados pela complexidade do próprio conteúdo.	• Análise didática dos pontos de dificuldade intrínsecos aos conceitos, analisados insuficientemente

Fonte: ASTOLFI (1999, p. 82, tradução nossa).

²² Terminologia utilizada por Astolfi (1999).

1. *Compreensão das instruções e escrita*: erros constituídos a partir dos enunciados e problemas propostos em situações de aprendizagem, mediante as dificuldades que os alunos podem apresentar ao compreender e interpretar determinadas instruções de trabalho. As questões podem suscitar dificuldades, erros e dúvidas para aqueles que não conhecem a resposta. Neste sentido, destaca-se a importância de atentar para o grau de formulação da pergunta e utilizar uma linguagem adequada ao nível de compreensão dos alunos. Ademais, também é possível propor uma inversão nos hábitos escolares, e apresentar aos alunos uma resposta, solicitando que formulem a pergunta.

2. *Costumes escolares e má compreensão*: relacionado ao modelo didático vigente, a permissividade ou repulsividade dos erros no ambiente escolar. A turma funciona como uma sociedade de costumes que possui suas próprias características e regras, se em determinada classe o erro é visto como algo negativo, os alunos poderão decodificar informações e expectativas implícitas com vista a evitar constrangimentos. Este fator contribui a formulação de uma resposta correta, mas que simboliza um falso êxito, capaz de mascarar os processos intelectuais, “Assim, há numerosas situações em que as respostas que dão fazem duvidar “da lógica de raciocínio dos alunos” [...]” (ASTOLFI, 1999, p. 55, tradução nossa)²³. O aluno busca analisar a situação e os enunciados e formula uma resposta plausível, mais próxima as expectativas do professor. Todavia, salientamos que a aprendizagem comporta uma história imperfeita, que engloba obstáculos, desvios e retornos. Algumas respostas, apesar de errôneas, podem apresentar certa coerência, além de sinalizar verdadeiras construções intelectuais.

3. *Concepções alternativas*: Concepções alternativas ou representações, traduzem a persistência de um modelo construído, além da expressiva resistência aos esforços de superação. Representações e obstáculos subjacentes ao conteúdo, o sujeito muitas vezes a desconhece, reproduz de forma inconsciente²⁴.

4. *Operações intelectuais*: erros decorrentes da diversidade de operações intelectuais. Os problemas resolvidos por alguns sem grandes dificuldades, podem representar obstáculos a outras crianças, pois, cada um utilizará os campos conceituais que dispõe. Este fator também envolve os estágios de desenvolvimento

²³ Texto original “Así, son numerosas las situaciones em que las respuestas que dan hacen dudar de “la lógica de razonamiento de los alumnos” [...]”. (ASTOLFI, 1999, p.55).

²⁴ A discussão será ampliada no tópico 3.1.

cognitivo, a considerar que determinadas operações apenas são construídas ao atingir um novo estágio, como por exemplo, a capacidade de realizar abstrações. Assim, “O problema é que, devido à falta de formação, os professores consideram que todos esses problemas são mais ou menos equivalentes e não são sensíveis às “variáveis didáticas” que os distinguem” (ASTOLFI, 1999, p.67, tradução nossa)²⁵.

5. *Processos adotados*: relacionado a diversidade de estratégias para a solução de um problema, colocam em evidência a espontaneidade e subjetividade dos processos cognitivos. No entanto, “Algumas produções dos alunos são rotuladas com excessiva rapidez como erros, quando manifestam a diversidade de procedimentos possíveis para resolver uma pergunta e o professor espera um tipo de resposta bem precisa” (ASTOLFI, 1999, p.69, tradução nossa)²⁶. As crianças adotam diferentes procedimentos para a resolução de um mesmo problema, por exemplo, ao formular operações, cujo resultado seja 360:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. $60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 = 360$ | 2. $200 + 100 + 60 = 360$ |
| 5. $1.000 - 640 = 360$ | 4. $540 - 180 = 360$ |
| 5. $90 \times 4 = 360$ | 6. $26 \times 14 = 364 - 4 = 360$ |
| 7. $720 : 2 = 360$ | 8. $1.440 : 4 = 360$ |

É possível observar diferentes estratégias e operações, desde formulações mais elaboradas, a caminhos mais práticos. O professor aguarda a resposta X, mas não quer dizer que a resposta X¹ esteja incorreta. Em determinadas situações esta diversidade de operações pode ser clara, assim como no exemplo supramencionado, em outros casos, talvez não seja óbvia à primeira vista. Além disso, apesar da resposta errônea concedida, a lógica construída pelo aluno para sua formulação pode ser adequada. Ao invés de julgar as respostas demasiadamente depressa, cabe compreender a concepção do aluno e seus caminhos. Nesta lógica, o professor poderá solicitar que a criança explique como obteve a resposta, seja de modo individual ou coletivo, ao realizá-lo no coletivo, poderá observar de modo mais abrangente, a diversidade de formulações na turma.

²⁵ Texto original: “El problema es que debido a su falta de formación, lo enseñantes consideran que todos estos problemas son más o menos equivalentes, y no son sensibles a las “variables didáticas” que los distinguen” (ASTOLFI, 1999, p.67).

²⁶ Texto original: “Algunas producciones de los alumnos se etiquetan con excesiva rapidez como errores, cuando manifiestan la diversidad de los procedimientos posibles para resolver una pregunta y el enseñante espera un tipo de respuesta bien preciso” (ASTOLFI, 1999, p.69).

6. *Sobrecarga cognitiva*: erros decorrentes do excesso de informações, a considerar que a aprendizagem não diz respeito ao armazenamento desconexo de informações na memória, a serem replicadas em situações novas e semelhantes. O ensino pela memória valorizado pelo método tradicional, representa limitações e prejuízos a aprendizagem. Para Astolfi (1999, p. 74, tradução nossa)²⁷:

A memória não é linear e sedimentar, mas está estruturada como uma "trama semântica". Nestas condições, todos os momentos escolares que permitem aos alunos expandir e tornar esta trama mais densa, em vez de acumular detalhes sem sentido, seriam muito valiosos.

A aprendizagem não é mensurável a partir de dados quantitativos, aproxima-se bem mais, de uma visão qualitativa, voltada a aprendizagens significativas e a capacidade do aluno de estabelecer relações entre os conhecimentos.

7. *Origem em outra disciplina*: transferência de conhecimentos de outra área, por circunstâncias e situações parecidas, na qual a criança estabelece uma relação com os conhecimentos que possui e mobiliza as ferramentas intelectuais para compreender a nova situação, ao aplicar conceitos, fórmulas, ideias. Pensamento análogo ou generalizante, pode resultar da intencionalidade da escola em trabalhar de forma interdisciplinar.

8. *Complexidade do conteúdo*: neste tópico, o foco está centrado no ponto de vista epistemológico, na própria estrutura do conteúdo. A análise habitual das disciplinas e programas, nem sempre consegue identificar a complexidade interna que estes saberes podem apresentar, possui relação direta com as demais categorias, natureza das operações intelectuais, carga mental e outras. Isto posto, é importante proceder análises e reflexões rigorosas acerca dos conteúdos, métodos e procedimentos que irão subsidiar o ensino, "a análise deste tipo de erros é típica do trabalho propriamente didático" (ASTOLFI, 1999, p. 78, tradução nossa)²⁸.

É oportuno salientar que entre os erros supramencionados, os de natureza cognitiva apresentam maior resistência a refutação, requerem desconstruções profundas e conversões do espírito. "Nunca se acaba de compreender. Todo saber

²⁷ Texto original: La memoria no es lineal y sedimentaria, sino que está estructurada como una "trama semántica". En estas condiciones, todos los momentos escolares que permitan a los alumnos ampliar y hacer más densa esta trama, en lugar de acumular detalles sin sentido, serían muy valiosos (ASTOLFI, 1999, p. 74).

²⁸ Texto original: El análisis de este tipo de errores es típico del trabajo propriamente diáctico (ASTOLFI, 1999, p. 78).

autêntico e vivo envolve sua neblina e suas zonas escuras, por isso devemos nos dedicar um verdadeiro elogio à imperfeição” (ASTOLFI, 1999, p.25, tradução nossa)²⁹. Pode-se dizer em outras palavras, em erro fundamental que permite ao sujeito progredir.

O erro se manifesta em situações didáticas como símbolo de um esforço intelectual, atitude que marca a tentativa de uma construção autônoma. É o indicativo dos processos mentais que estão sendo realizados, além de pôr em evidência as representações dos alunos. O conhecimento é provisório e caracteriza-se pelo domínio imperfeito, muitas vezes é necessário retomar o processo e refazer os caminhos, isso porque as aprendizagens científicas não ocorrem de forma automatizada, comportam desvios, retificações e erros. Afinal, “Como não "errar" quando não se conhece o caminho?” (ASTOLFI, 1999, p. 19, tradução nossa)³⁰. O erro representa um fator absolutamente fundamental, ao retirar o sujeito do estado de inércia, de sua zona de conforto, e inserir o espírito em uma dialética, o desafiando a traçar um caminho diferente a ponto de construir algo novo.

Em outros termos “[...] consiste efetivamente em postular sempre uma lógica dos erros, em reconhecer por trás das formulações aparentemente errôneas sistemas coerentes de explicação do mundo” (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998, p. 89). Cada erro possui um sentido, um significado, salvo exceção dos equívocos cometidos por desatenção. Nesta acepção:

Considerar os erros como defeitos formais de trabalho nos impede de penetrar em sua própria essência para descobrir seu potencial e suas possibilidades. Além disso, a ambiguidade de saber se o julgamento é emitido sobre a ação ou sobre o autor, sobre o resultado ou sobre o processo ainda está presente. Então você cai cedo na avaliação ..., antes de ter analisado seriamente o aprendizado (ASTOLFI, 1999, p.85, tradução nossa)³¹.

É importante que o professor reflita sobre a lógica oculta dos erros, buscando considerá-los para fins didáticos. O ofício do professor perpassa o processo de

²⁹ Texto original: “Nunca se acaba de comprender. Todo saber auténtico y vivo comporta su halo de bruma y sus zonas oscuras, por lo que deberíamos dedicar aquí un verdadero elogio a la imperfección” (ASTOLFI, 1999, p.25).

³⁰ Texto original: “¿Cómo no “errar” cuando no se conoce el camino?” (ASTOLFI, 1999, p. 19).

³¹ Texto original: “Considerar los errores como defectos formales del trabajo, nos impide penetrar en su propia esencia con el fin de descubrir sus potencialidades y posibilidades. Además sigue estando presente la ambigüedad de saber si el juicio se emite sobre la acción o sobre el autor, sobre el resultado o sobre el proceso. De forma que se cae pronto en la evaluación..., antes de haber analizado seriamente el aprendizaje” (ASTOLFI, 1999, p.85).

identificação, análise e correção dos erros, demanda reflexão, ao invés de partir de uma prescrição mecânica e sem intencionalidade. Assim, destaca-se os benefícios de deter-se a uma pedagogia ou didática dos erros:

Afirmar uma certa "tolerância" frente os erros dos alunos - mesmo que apenas pelo tempo necessário para compreendê-los e analisá-los cuidadosamente - não significa, em absoluto, que você tenha de "ser complacente" com eles. Pelo contrário, trata-se de se posicionar estrategicamente e fornecer os meios para realmente tratá-los. Lembre-se de que os erros são indicadores do que o pensamento dos alunos está enfrentando, assim como o raciocínio que eles estão ensaiando (ASTOLFI, 1999, p.86, tradução nossa)³²

Esta receptividade frente ao erro no processo didático, unido a intervenções ativas corrobora de forma significativa para a construção dos conhecimentos científicos. "Portanto, a principal virtude do trabalho didático sobre o erro seria, por fim, oferecer aos alunos ferramentas adequadas para descobrir a unidade de conhecimento desejável" (ASTOLFI, 1999, p. 94, tradução nossa)³³.

2.6 Representações e obstáculos à construção das aprendizagens científicas

As representações são modelos individuais de organização cognitiva, sistema explicativo que permite ao sujeito decodificar informações e construir significados acerca do objeto, construídas antes e durante o ensino de determinada noção, consciência antecipada que propicia uma sensação de familiaridade acerca da temática, mesmo que este saber formulado seja incompleto ou incoerente. Deste modo, "A gênese das representações é, ao mesmo tempo, individual e social. É com suas estruturas subjacentes que o indivíduo efectua a sua própria estruturação dos conhecimentos" (ASTOLFI, 1997b, p.169), possuem uma organização profunda, algumas tornam-se tão eficazes que são utilizadas durante toda vida escolar.

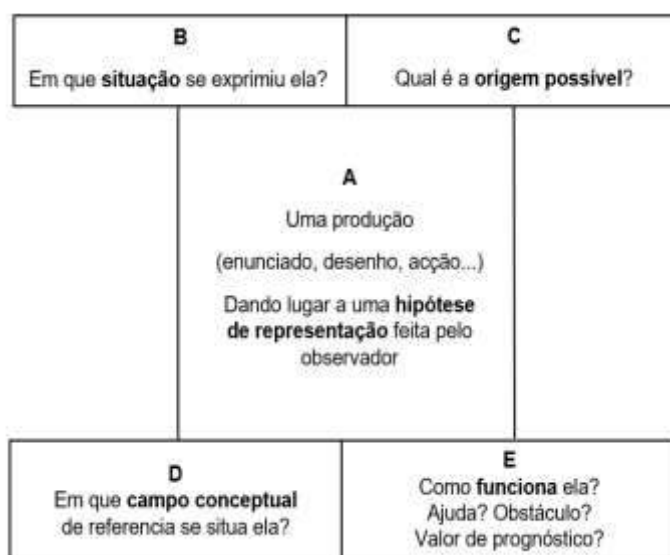
³² Texto original: "Reclamar una cierta "tolerancia" frente a los errores de los alumnos - aunque sólo sea durante el tiempo necesario para comprenderlos y analizarlos detenidamente - no quiere decir en absoluto que haya que "tener complacencia" con ellos. Por el contrario, se trata de situarse estratégicamente y de proporcionar los medios para tratarlos realmente. Recordemos que los errores son indicadores de con qué se está enfrentando el pensamiento de los alumnos, así como de los razonamientos que ensayan" (ASTOLFI, 1999, p. 86).

³³ Texto original: "Por tanto, la virtud principal del trabajo didáctico sobre el error sería, finalmente, ofrecer a los alumnos herramientas adecuadas para que descubran la unidad de saberes deseables" (ASTOLFI, 1999, p. 94).

Renunciar as representações pode ser uma tarefa difícil, pois, em alguns casos a ideia formulada estrutura a percepção de mundo do sujeito; por esta razão podem ser expressas na forma de obstáculos epistemológicos a serem superados e estão no centro dos objetivos do professor que visa transformá-las. Segundo Astolfi (1999, p. 63, tradução nossa)³⁴ “Compreender o significado profundo das representações é um desvio indispensável para modificar o status que se dá a certos erros dos alunos [...]”. Neste sentido, convém conhecer e interpretar as representações dos alunos, na tentativa de fazer emergir os obstáculos. É preciso psicanalisar as representações, retificar os conhecimentos primeiros construídos de forma acrítica, o que permitirá desobstruir o caminho para continuar seguindo.

Para Astolfi *et al* (1997a) o docente vê as representações dos alunos como aquilo que obstaculiza e se opõe a aprendizagem, ao sucesso de seu projeto. O aluno por sua vez, concebe as representações como um aparato intelectual com o qual ele pensa e explica a realidade. Logo, é do interesse do professor reconhecer e psicanalisar as representações dos estudantes, identificar suas origens, campo conceitual, ramificações, para que seja possível estabelecer parâmetros e estratégias de superação, Astolfi (1997b) apresenta o esquema abaixo, como um modelo possível para análise das representações dos estudantes:

Figura 7 - Análise das representações



Fonte: ASTOLFI *et al* (1997b, p. 168).

³⁴ Texto original: “Comprender el significado profundo de las representaciones es un desvio indispensable para modificar el status que se le da a ciertos errores de los alumnos [...]” (ASTOLFI, 1999, p. 63).

Subsidiado pelas produções dos alunos o professor irá interrogar-se acerca das representações e analisá-las cuidadosamente, as representações assim como os erros possuem diferentes origens e campos conceituais, dentre elas destacam-se as provenientes do próprio pensamento infantil, de atitudes inconscientes, representações de natureza sociais e as representações relacionadas as aprendizagens anteriores. Após proceder as investigações e reconhecer seu funcionamento o docente poderá atuar e intervir na tentativa de fazer emergir os obstáculos subjacentes. Todavia, além de reconhecê-las é importante conceber rupturas e retificações, ao criar condições favoráveis a evolução das representações e posteriormente à superação dos obstáculos.

O espírito passa por conversões de pensamentos “[...] toda transformação de representações intelectuais é igualmente, uma remodelação das identidades e um questionamento das ideias recebidas” (ASTOLFI, 1999, p.14, tradução nossa)³⁵. Desestabilizar uma representação equivocada consiste em mobilizar o espírito, permite a progressão das aprendizagens em direção a novos domínios que antes compuseram campos vagos, limitados ou obstruídos. Em Astolfi (1994, p. 216, tradução nossa)³⁶ encontra-se o seguinte esclarecimento:

Essas representações constituem a manifestação de obstáculos subjacentes, cuja tenacidade se justifica por sua função explicativa para os alunos. Os obstáculos não diminuirão a menos que o ensino científico permita a construção de alternativas razoáveis e acessíveis ao intelecto. Isso não pode ser feito em uma única operação, pois é necessário, sucessivamente, tomar consciência desses obstáculos, trabalhá-los por confronto, ter novos modelos acessíveis à mente, e assim por diante. Tudo isso supõe a elaboração de fases contrastadas no ensino científico [...].

Os obstáculos surgem de uma atitude de conforto intelectual mediante uma ideia inquestionada que apenas confirma os saberes construídos, sem o exercício da

³⁵ Texto original: “[...] toda transformación de las representaciones intelectuales es igualmente, una remodelación de las identidades y una puesta en cuestión de las ideas recibidas” (ASTOLFI, 1999, p.14).

³⁶ Texto original: “Estas representaciones constituyen la manifestación de obstáculos subyacentes, cuya tenacidad se justifica por su función explicativa para los alumnos. Los obstáculos no cederán a menos que la enseñanza científica permita construir alternativas razonables y accesibles al intelecto. Esto no puede hacerse mediante una operación única, ya que es necesario, sucesivamente, concienciarse de dichos obstáculos, trabajarlos por confrontación, disponer de nuevos modelos accesibles a la mente, etc. Todo ello supone la elaboración de fases contrastadas en la enseñanza científica [...]” (ASTOLFI, 1994, p.296).

reflexão com o intuito de refutá-los, representam imperativos, lentidão dos pensamentos:

A palavra latina *obstare* se define como “o que vem pela frente”, o que obstrui o caminho. Os obstáculos são, primeiro, interiores; eles não são “aquilo contra o qual o pensamento vem a colidir”, mas residem no mesmo pensamento, nas palavras, na experiência cotidiana, no inconsciente... O erro é, portanto, constitutivo do próprio ato de conhecer, e, segundo outra frase bonita, é a “sombra que lança a razão”. Você não pode, pois, sonhar em aprendizagem sem obstáculos (ASTOLFI, 1999, p. 35, tradução nossa)³⁷.

A noção de obstáculos epistemológicos possui implicação direta no ensino de ciências e na prática docente, permite compreender, refletir e redirecionar o processo de ensino-aprendizagem; pode ser investigada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. Os obstáculos causam estagnação e regressão, concernentes à cognição e ao espírito, simbolizam os entraves que se colocam a construção/reconstrução de saberes; possuem dimensões epistemológicas e psicológicas, e, especificamente no ensino, dimensões didáticas, sua ultrapassagem depende de um custo de natureza conceitual e cognitiva que requerem abertura do espírito a rupturas e novas formas de compreensão.

No processo de ensino-aprendizagem, os obstáculos traduzem o status intelectual do estudante que está em busca de resolver os problemas relacionados a sua compreensão, sinalizam as dificuldades enfrentadas na construção do conhecimento, representam lacunas, ausência ou insuficiência de determinados saberes. Entretanto, antes de sinalizar uma dificuldade, o obstáculo é uma facilidade concedida a mente, refere-se ao conforto intelectual, a um jogo de analogias e metáforas, uma “certeza do íntimo”. Assim, “O obstáculo não é o vazio da ignorância, mas uma forma de conhecimento como qualquer outra. É até um “excesso” de conhecimento disponíveis, que já estão lá e que impedem a construção de novos conhecimentos” (ASTOLFI, 1999, p. 37, tradução nossa)³⁸. Para ilustrar a tenacidade dos obstáculos, Astolfi (1999) utiliza a metáfora do *iceberg*:

³⁷ Texto original: “La palabra latina *obstare* se define como “lo que se tiene delante”, lo que obstruye el camino. Los obstáculos son, en primer lugar, interiores; no son “aquello contra lo que el pensamiento viene a chocar”, sino que residen en el mismo pensamiento, en las palabras, en la experiencia cotidiana, en el inconsciente... El error es, pues, constitutivo del propio acto de conocer, y, según otra hermosa frase, es la “sombra que arroja la razón”. No se puede, pues, soñar con un aprendizaje sin obstáculos” (ASTOLFI, 1999, p. 35).

³⁸ Texto original: “El obstáculo no es el vacío de la ignorancia, sino una forma de conocimiento como cualquier otra. Es incluso un “exceso” de conocimientos disponibles, que ya están ahí y que impiden construir nuevos conocimientos” (ASTOLFI, 1999, p. 37)

Figura 8 - Metáfora do *iceberg*



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Astolfi (1999).

Os obstáculos encontram-se incrustados em um nível profundo de compreensão, simbolizam as representações dos alunos. Mas somente é possível visualizar a parte que emerge, um pequeno extrato que não é capaz de traduzir o todo, apenas o “local”. Por conseguinte, antes de expressar causas externas, os obstáculos traduzem construções internas, “[...] é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos” (BACHELARD, 1996, p. 16).

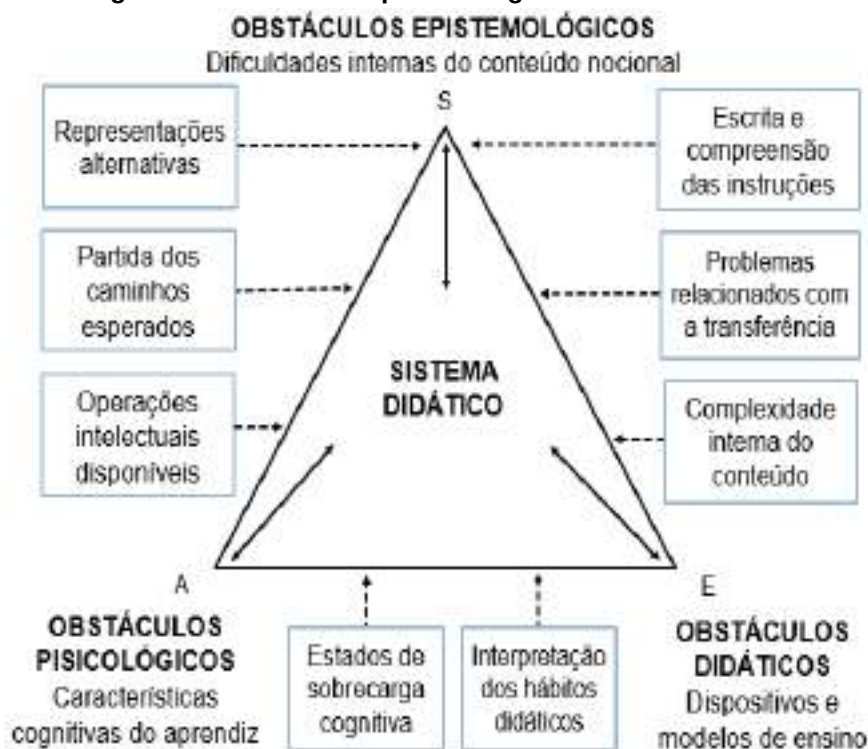
A visão de obstáculos como núcleos rígidos, engessados e muitas vezes invisíveis e inconscientes por parte dos alunos, aspectos que dificultam sua superação, identificação e transposição. “O obstáculo é um “tecido de erros construídos”, tenazes e solitários, que resiste, portanto, à refutação” (ASTOLFI, 1999, p. 37, tradução nossa)³⁹, englobam significações de natureza epistemológicas, psicológicas e didáticas, reconhecê-los permite ao professor direcionar/redirecionar os objetivos, conteúdos e estratégias didáticas. Assim, “O obstáculo consiste em agir e refletir com os meios disponíveis, enquanto o aprendizado consiste em construir meios melhor adaptados à situação” (ASTOLFI, 1999, p18, tradução nossa)⁴⁰. Neste

³⁹ Texto original: “El obstáculo es un “tejido de errores construidos”, tenaces y solidarios, que se resiste, por tanto, a la refutación” (ASTOLFI, 1999, pg. 37).

⁴⁰ Texto original: “El obstáculo consiste en actuar y reflexionar con los medios de los que se dispone, mientras que el aprendizaje consiste en construir medios mejor adaptados a la situación” (ASTOLFI, 1999, p.18).

contexto, é importante reconhecer suas dimensões, a fim de promover situações de aprendizagem adequadas as necessidades dos estudantes, a saber:

Figura 9 - Obstáculos epistemológicos e sistema didático



Fonte: ASTOLFI (1999, p. 83, tradução nossa).

Conhecer as dimensões dos obstáculos fornece ao professor subsídios para a formulação dos objetivos e estratégias essenciais às aprendizagens científicas. Neste sentido, Astolfi (1994) apresenta três estágios para um trabalho pautado nos obstáculos:

A *localização* do obstáculo, resulta do processo de análises, reflexões e interpretações das situações didáticas desenvolvidas em sala de aula, mediante dados obtidos nas atividades diárias, expressos por meio de falas, de escritos, de desenhos, dentre outros. Isso requer a tomada de consciência por parte dos alunos como forma de desautomatizar as representações. Para a exemplificação deste processo, o autor utiliza a analogia do salto à distância, e afirma que neste caso, não é necessário saltar, pois, o mais importante é aprender a identificá-lo, para posteriormente, evitá-lo ou contorná-lo. Na perspectiva de Bachelard (1996) reconhecer os obstáculos epistemológicos contribui para fundamentar uma psicanálise da razão, simboliza um importante passo na prática docente, ao viabilizar

o processo de identificação acerca das causas de estagnação, dificuldades e erros enfrentados pelos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

A *fissuração ou ruptura* dos obstáculos ocorre por meio da desestabilização conceitual, processo possível, principalmente, a partir das situações de conflitos sociocognitivos que propiciam ganhos e deslocamentos conceituais, mediante a confrontação entre representações, oposição entre pontos de vista, situações favoráveis a novas aquisições e reequilibrações cognitivas. De acordo com Astolfi, Peterfalvi, Vérin (1998, p. 98, grifo do autor):

Não se podem evitar os obstáculos: é necessário trabalhá-los mentalmente, experimentá-los em *situação* para estar em condições de os ultrapassar. Isto porque, continuamos a insistir, as aprendizagens científicas não são meros conhecimentos a memorizar, mas resultam de uma verdadeira transformação intelectual, de uma espécie de *conversão do pensamento*.

A *superação* do obstáculo consiste na atitude de renúncia ou ressignificação do antigo sistema explicativo por parte dos alunos, esta superação inicia nos estágios anteriores, em especial no processo de fissuração ou ruptura. Cabe destacar que:

A superação de um obstáculo requer várias operações intelectuais que não se efetuam necessariamente no mesmo momento de aprendizagem: a localização do obstáculo, a sua fissuração, uma reconstrução alternativa e a automatização do novo modelo. Aqui não se trata de etapas obrigatórias que devem respeitar esta ordem (ASTOLFI, 1994, p. 214, tradução nossa)⁴¹.

Os obstáculos simbolizam oportunidades de progressão na construção do conhecimento e na aprendizagem. Ao serem superados, o aluno poderá continuar caminhando mediante a lógica de construção/reconstrução de fundamentos e conceitos, que representa a passagem do plano interpsíquico⁴² ao intrapsíquico, convertendo atitudes de reprodução em esforço de criação. Entretanto, ao concebê-los como empecilhos, o professor desperdiça a ocasião de trabalhar *in loco* e fazer o espírito progredir.

⁴¹ Texto original: “La superación de un obstáculo precisa varias operaciones intelectuales que no se efectúan necesariamente en el mismo momento del aprendizaje: la localización del obstáculo, su fisuración, una reconstrucción alternativa y la automatización del nuevo modelo. Aquí no se trata de etapas obligadas que tengan que respetar dicho orden” (ASTOLFI, 1994, p. 214).

⁴² Conceitos provenientes da teoria de Vygotsky (1934): Interpsíquico, relação de interação entre sujeitos, no qual o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio de trocas. Intrapsíquico, ideias e pensamentos que foram adquiridos pelo sujeito e passam a compor seus esquemas.

Astolfi (1994) utiliza o termo objetivo-obstáculo para reunir reflexões e práticas, o vocábulo oriundo dos estudos do autor Jean-Louis Martinand (1986) compreende dois termos que se complementam de forma dialética, ao estabelecer os objetivos pedagógicos destinados ao trabalho das representações e os obstáculos apresentados pelos alunos. Os obstáculos, como vimos, evidenciam a profundidade e conservação de dificuldades de natureza conceitual, resistências que obstruem as aprendizagens científicas. E, os objetivos visam tornar o ensino dos conteúdos operacionais. Em suma:

[...] objetivos-obstáculos servem então de referência para o professor: a gestão do procedimento ajuda-o a "ler" melhor as dificuldades que os alunos enfrentam a atividade didática, a especificar o diagnóstico e a orientar a natureza das suas intervenções (ASTOLFI, 1994, p. 215, tradução nossa)⁴³.

Os objetivos de ensino não devem ser definidos exclusivamente com base no currículo e nos documentos norteadores, mas, ter em conta os obstáculos que entravam as aprendizagens, como forma de desencadear significativos processos de formação. De fato, “Os verdadeiros objetivos do ensino científico não têm, portanto, que ser definido *a priori* e independe das representações dos alunos [...]” (ASTOLFI *et al*, 1997a, p.135), a formulação dos objetivos deve partir do processo de identificação dos obstáculos e das representações dos alunos, como uma forma de auxiliar na construção dos conhecimentos científicos. Na visão de Astolfi *et al* (1997b) para estruturar uma progressão de aprendizagem é fundamental reconhecer “de onde se vem” e mediante esta reflexão, planejar para “onde se vai”.

Os caminhos trilhados pela pesquisa nos capítulos iniciais, dissertaram de forma específica sobre os processos de construção da aprendizagem e dos conhecimentos científicos a partir de aportes cognitivos. Contudo, neste momento, julgamos necessário fundamentar uma visão mais abrangente, subsidiada pela perspectiva do sujeito integral, ou seja, em sua simultaneidade corpo-mente, ao entender os erros para além do cognitivo, afinal, refletem diretamente no corpo, causam afecções. Deste modo, questionamos: qual o lugar do corpo no ensino de ciências? O capítulo seguinte, versará a discussão sobre corpo-mente mediante o

⁴³ Texto original: “[...] objetivos-obstáculos sirve entonces de referencia al profesor: la gestión del procedimiento le ayuda a «ler» mejor las dificultades de los alumnos que se enfrentan ala actividad didáctica, a precisar el diagnóstico y a orientar la naturaleza de sus intervenciones” (ASTOLFI, 1994, p. 215).

aporte de Spinoza (2009), Merleau-Ponty (1999), Nóbrega (2016) e Deleuze (2002, 2019).

CAPÍTULO 3 – ENCONTROS E AFECÇÕES, CORPO-MENTE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A filosofia, a ciência e o próprio campo educacional, durante muito tempo dissociaram corpo, mente e afetos, sobretudo, ao supervalorizar o aspecto cognitivo em detrimento do corpo, este embate originou diversas perspectivas filosóficas e psicológicas que discutem direta ou indiretamente a relação corpo e mente. Este capítulo irá abordar de forma específica a concepção defendida por Spinoza (2009), intitulada monismo. Antes disso, teceremos um breve percurso histórico acerca da origem deste dualismo.

3.1 Percurso histórico: dualismo corpo-mente

O dualismo corpo-mente remete suas bases a Grécia antiga, aos filósofos do período clássico, Sócrates (470-399 a.C.), Platão (427-347 a.C.) e Aristóteles (384 - 322 a.C.). Sócrates defendeu que corpo e alma são substâncias diferentes, apesar de constantemente interagirem, ao corpo cabe a dimensão espacial e inconsciente, à alma a consciência e forma não espacial, além disso, atribuiu à alma o sentido da imortalidade, cuja existência independe do corpo. O corpo de natureza transitória, seria um instrumento utilizado pela alma para construção da inteligência e da moral, contudo, era necessário esforço e vigilância a ponderar que mediante os sentidos o corpo atuaria na desorientação da alma, ou seja, entravaria o alcance da verdade, de uma vida prudente e sábia. Em outros termos:

[...] a alma como algum tipo de “indivíduo interno” distinto do corpo e que reage a ele de vários modos. Assim, diz-se que a sensação corporal “abala” a alma, que faria tudo para “evitá-la”, “dar adeus” a ela e “ficar sozinha e por conta própria”. O abalo causado pelo corpo aparece copiosamente na esfera cognitiva e moral. Entre os males do corpo que Sócrates enumera estão, por exemplo, sua “insensatez” e “estupidez”, que deve ser combatida por uma alma que ele claramente considera, entre outras coisas, como um princípio de cognição (chega ao ponto de chamá-la “inteligência”, num contexto em que a própria palavra alma teria sido uma expressão perfeitamente apropriada). Mostra-se claro que o corpo é também uma fonte potencial de

dano moral, quando afirma que este, com sua presença, “contamina” a alma, “preenche-a com suas luxúrias” e “enfeitiça-a com suas paixões e prazeres” (ROBINSON, 1998, p. 340).

Sócrates defendia que somente a morte do corpo seria capaz de revelar a verdade, isto é, separar corpo e alma possibilitaria à alma alcançar a *beatitude*, construir conhecimentos genuínos e racionais ao despir-se das confusões que os sentidos propiciam. De acordo com o filósofo cuidar da alma era uma forma de cuidar de si. Logo, a educação caberia a tarefa de ensinar o homem a cuidar da própria alma, como uma atitude fundamental à existência e preservação da vida.

Embora, o dualismo remeta sua gênese à obra Socrática, foi seu discípulo Platão quem aprofundou a discussão, após o episódio de sua morte. Na tentativa de responder “Como o homem constrói o conhecimento?” Platão estabelece dois polos e inaugura o dualismo platônico, delineado pela presença do corpo no mundo sensível e da alma no mundo inteligível.

A alma representa o âmbito cognitivo e moral, princípio da vida, fonte de atividade humana em suas esferas éticas, sociais e políticas (ROBINSON, 1998). Platão atribui a alma uma relação de superioridade, enquanto que ao corpo cabe a natureza impura capaz de desvirtuar a alma, ou, nos termos bachelardianos, um verdadeiro obstáculo epistemológico a construção do conhecimento verdadeiro, ao alcance do mundo inteligível, visto que o corpo seria capaz de decompor, forma de sepulcro, aprisionamento da alma. Assim, o homem estaria constantemente em uma relação de tensão e conflito entre corpo e alma (ROBINSON, 1998).

No mundo inteligível, também nomeado mundo das ideias, a alma é detentora da racionalidade, cujo conhecimento é de caráter perfeito e verdadeiro, subsidiada pela realidade abstrata. Para Platão a essência humana está pautada no uso da razão, logo, o conhecimento verdadeiro somente é constituído pela alma. O mundo sensível simboliza a realidade material, de natureza imperfeita e transitória, se caracteriza pela imagem do corpo como detentor de sentidos. Segundo o filósofo as sensações são percebidas pelo corpo, através dos cinco sentidos. Contudo, a natureza desta percepção é passível de erro, pois, os sentidos conduzem o homem a ideias confusas e mutiladas. Em decorrência deste pensamento, a perspectiva de formação cidadã difundida neste período era fundamentada na compreensão depreciativa do corpo, em defesa do pleno desenvolvimento das faculdades intelectuais, cujo objetivo central busca a conversão do mundo sensível ao mundo inteligível.

No pensamento Aristotélico o homem corresponde a conjugação entre corpo e alma, isto porque anuncia uma substância composta pela matéria orgânica (corpo vivo) e outra capaz de delinear a forma do corpo (alma). À alma equivale à realidade do corpo cuja essência se configura pela conexão com a estrutura física, como o princípio do corpo vivo, representam a possibilidade de potência e ato. Assim, ambos interagem e possuem uma relação intrínseca. Esta perspectiva teórica é conhecida na tradição filosófica como hilomorfismo (SHIELDS, 2020). Em suma, em contradição ao pensamento de Platão, Aristóteles defende que corpo não representa um empecilho à construção dos conhecimentos.

Aristóteles define três tipos de alma, sendo cada uma dotada de capacidades orgânicas, responsável por certa operação e atividade em diferentes seres vivos, a saber, alma sensitiva (percepção e mobilidade), alma vegetativa (crescimento, nutrição, reprodução) e alma racional (intelecção), para o filósofo o homem é o único ser vivo capaz de reunir as três faculdades. Ademais, Aristóteles diferencia a atividade do intelecto em ativa, voltada ao uso da razão, e passiva receptáculo de ideias e crenças.

Em Agostinho de Hipona (354-430 d.C) corpo e alma representam substâncias dissemelhantes, mas capazes de interagir de forma harmônica, a partir de inspirações platônicas o filósofo defende a superioridade da alma em detrimento do corpo, assim cabe a alma o sentido da ação sobre o corpo. Para Agostinho a sensação compete à alma e ao corpo convém os sentidos, o corpo não seria capaz de construir conhecimentos, pois, este corresponde a um atributo da alma, logo, a alma agiria sobre o corpo para perceber o mundo a partir dos sentidos e tecer saberes. Agostinho concebe o corpo como um instrumento da alma, enquanto a alma indicaria potência, acreditava que não seria possível ao corpo afetar a alma, ou seja, a alma não sofreria afecções (BRANDÃO, 2015). No entanto, outra visão se faz presente em sua obra, referida a imagem do corpo como instrumento pecaminoso ao ceder aos desejos e impulsos, uma ameaça a santidade. “Na lógica cristã, ao submeter a alma às paixões do corpo o homem estaria se distanciando do Sumo Bem, que é Deus” (MAZIOLI; GATT, 2021, p. 612). Portanto, buscava-se vigiar e tratar o corpo em defesa da purificação e salvação da alma.

Embora o dualismo corpo-mente remeta suas bases aos filósofos clássicos como supramencionado, foi o filósofo e matemático René Descartes que ficou amplamente conhecido pela análise sistemática acerca do tema. Descartes defende

o dualismo de substância, e a exemplo de Platão reconhece que corpo e mente possuem naturezas distintas e separáveis, a saber:

Substância imaterial (alma), dotada do atributo pensamento, das faculdades imaginativas e sensitivas, representa consciência, de natureza pura, indivisível, imortal e imaterial, cuja permanência ocuparia toda a extensão do corpo. À alma estaria vinculada ao corpo enquanto permanecer a duração da vida do homem, responsável por seus estímulos, sobretudo, os reflexos que permitem ao corpo sua movimentação, como descrito por Descartes em sua *Teoria do ato reflexo*.

À substância material (corpo), cabe a extensão, dimensão física de natureza divisível “[...] por corpo entendo tudo o que pode ser limitado por alguma figura; que pode ser compreendido em algum lugar e preencher um espaço de tal sorte que todo outro corpo dele seja excluído; que pode ser sentido [...]” (DESCARTES, 1973, p. 101). Segundo Descartes se o corpo não possui atos conscientes, não poderá agir de forma autônoma, ou seja, o corpo funcionaria como uma máquina regido por leis particulares, e apenas deixa de sê-lo puramente mecânico quando a mente age sobre a matéria de modo a interferir em suas ações (ROBINSON, 2020). Ao corpo compete o desvirtuamento da alma a partir de erros que são suscitados por meio dos sentidos. Nos termos do autor:

E, embora talvez (ou, antes, certamente, como direi logo mais) eu tenha um corpo ao qual estou muito estreitamente conjugado, todavia, já que, de um lado, tenho uma ideia clara e distinta de mim mesmo, na medida em que sou apenas uma coisa pensante e inextensa, e que, de outro, tenho uma ideia distinta do corpo, na medida em que é apenas uma coisa extensa e que não pensa, é certo que este eu, isto é, minha alma, pela qual eu sou o que sou, é inteira e verdadeiramente distinta de meu corpo e que ela pode ser ou existir sem ele (DESCARTES, 1973, p. 142).

Para embasar seu dualismo, Descartes construiu dois argumentos, o argumento da indivisibilidade que elucida a natureza divisível do corpo, embora a alma não o seja. E, em segundo lugar, o argumento modal, no qual o filósofo reflete subsidiado pelo seu método da dúvida metódica; se o ato de duvidar remete a atividade intelectual, logo, não seria possível duvidar da própria existência da mente, afinal, sua intelecção forneceria a aptidão para questionar e pensar. Neste sentido, formulou a celebre frase “*Cogito ergo sum*”, “penso, logo existo”, ao considerar que o conhecimento verdadeiro apenas é obtido por meio do processo de introspecção refletida.

Entre os principais desafios de Descartes estava a tentativa de responder “como duas substâncias de natureza tão distintas poderiam interagir?” De acordo com Descartes, a glândula pineal seria a responsável por esta interação entre pensamento e extensão. Outros estudiosos adeptos da corrente racionalista cartesiana, a exemplo de Arnold Geulincx (1624-1669) e Nicholas Malebranche (1638-1715) defenderam que a interação entre corpo e alma solicitava a intervenção direta de Deus em determinada ocasião, isto é, Deus mediaría a ação entre as substâncias, corrente filosófica nomeada ocasionalismo.

No século XVIII, o advento iluminista influenciou diretamente o sistema educacional em defesa da expansão do ensino, este processo culminou nos primeiros moldes da escola tradicional, conhecida pela sua estrutura rígida e invariável. Esta perspectiva educacional exerceu forte influência sobre os corpos dos educandos ao valorizar, em especial, a imagem da criança comportada em silêncio, cujo corpo permanecia a maior parte do tempo estático e emudecido, em defesa da manutenção da “ordem”. Neste período, ao corpo foram estabelecidos diversos castigos, dentre os mais notáveis podemos destacar a palmatória, o ato de ajoelhar-se no milho, e ficar de pé de frente para o quadro e de costas para turma. A este tipo de violência Michel Foucault (1997) utiliza a expressão corpos dóceis e disciplinados pautado pela aprendizagem da civilidade, ou seja, “educar” e punir o corpo pelo poder disciplinar da instituição escolar:

A ciência, a filosofia e a educação, cada uma à sua maneira, criaram discursos sobre o corpo; os discursos, por sua vez, transformam-se em atos, em agenciamentos ou em usos do corpo nas diferentes instituições. Em geral, os agenciamentos operam pelo princípio civilizador, impondo a necessidade de controle do corpo (NÓBREGA, 2016, p. 114).

Atualmente, mesmo que de forma menos intensa, a escola ainda carrega traços desta herança disciplinar, em alguns ambientes em que o corpo não é compreendido, pouco a pouco a escola o silencia, exerce seu poder de controle e disciplina, emudece sua voz, sua expressão corpórea e afetiva, em determinados casos é capaz de silenciar até mesmo suas subjetividades.

3.2 Corpo-mente: a teoria dos afetos em Spinoza

Baruch Spinoza⁴⁴ (1632-1677) filósofo holandês do século XVII, figura expoente da corrente racionalista junto a René Descartes (1596-1650) e Gottfried Leibniz (1646-1716), representantes da filosofia Moderna. A obra de Spinoza é marcada pela sensibilidade a frente de seu tempo⁴⁵ e pela natureza de seu pensamento intensamente original. Em seus estudos dialogou com diferentes áreas do conhecimento, a exemplo da ontologia, epistemologia, psicologia e física que forneceram subsídios a construção de sua teoria ética-ontológica.

Na obra *Ética*, reconhecida por sua produção de maior expressividade, Spinoza estabelece uma ruptura ao ressignificar a ideia de *afetos* e proceder um distanciamento acerca do sentido comum da palavra. Em Spinoza, o verbo afetar exprime essência filosófica, equivale a um estado capaz de mobilizar corpo-mente, ação oriunda do encontro entre os corpos. Os fundamentos da teoria spinoziana estão voltados a formação de uma postura ética, cuja liberdade de pensar e agir se manifestam como possibilidade a uma vida alegre, potente, guiada pelo uso da razão mediante a união psicofísica entre corpo-mente, representa um esforço voltado ao controle das paixões entristecedoras. De acordo com Ramacciotti (2016, p. 313):

Espinosa inaugura uma nova via para a filosofia e para a ciência, sobretudo, com a formulação da ciência dos afetos [...], a qual além de permitir compreender a força e a natureza dos afetos como coisas naturais, também possibilita compreender os mecanismos da variação da potência da mente e do corpo, ou seja, a variação do *conatus*.

Spinoza defende a existência de uma substância ontológica marcada pela relação dinâmica entre matéria e pensamento como dimensões indissociáveis. Assim, corpo-mente interagem e estabelecem trocas mútuas. A obra de Spinoza ressoa como um convite para repensarmos a relação do processo educativo com o corpo, com vista a compreendê-lo em sua possibilidade de efetuação, expressão e potência. Em oposição ao pensamento cartesiano cuja imagem do corpo mecânico prevalece,

⁴⁴ Na literatura o nome do autor apresenta variações, Baruch Spinoza de origem judaica, Benedictus Spinoza em latim e Bento Espinosa em hebraico.

⁴⁵ Por seu pensamento sobre Deus, dogmas e pela sua crítica a igreja Spinoza sofreu perseguições e foi excomungado da comunidade judaica.

Spinoza fundamenta o corpo como uma estrutura viva, de natureza cinética, dinâmica e potencial, sua filosofia ancora o conceito de corpo na física clássica, mediante um duplo registro de caráter dinâmico e cinético: A dinâmica investiga as forças exercidas nos corpos, avalia suas causas, efeitos e busca responder como um corpo afeta o outro, de modo a promover o aumento ou diminuição de sua potência. A definição cinética descreve o processo de energização dos corpos em estado de movimento e repouso, pretende compreender a forma como está velocidade ou sua ausência atuam sobre o corpo. Mas, Spinoza (2009, p. 101) pondera:

O fato é que ninguém determinou, até agora, o que pode o corpo, isto é, a experiência a ninguém ensinou, até agora, o que o corpo - exclusivamente pelas leis da natureza enquanto considerada apenas corporalmente, sem que seja determinado pela mente - pode e o que não pode fazer. Pois, ninguém conseguiu, até agora, conhecer tão precisamente a estrutura do corpo que fosse capaz de explicar todas as suas funções [...].

O corpo representa possibilidade de efetuação, capaz de atos que surpreendem a própria mente, sensível ao duplo registro cinético e dinâmico, o corpo é capaz de sentir, expressar, afetar e ser afetado, parte intensiva que exprime vontade de potência, *conatus*, isto é, força vital que permite ao indivíduo perseverar em sua própria existência e tornar-se ativo. O corpo ultrapassa a dimensão biológica, é via conhecimentos, expressões e sentimentos, resultado de uma história cultural, social e subjetiva. Segundo Merleau-Ponty (1999, p. 122) “O corpo é o veículo do ser no mundo, e ter um corpo é, para um ser vivo, juntar-se a um meio definido, confundir-se com certos projetos e empenhar-se continuamente neles”.

De forma muito próxima a Spinoza, Merleau-Ponty compreende que a vida não concebe esta separação entre corpo e mente, pois, a medida em que sentimos, pensamos, agimos, ou seja, o corpo está encarnado no mundo da vida, imerso na experiência sensível. O sujeito tece conhecimentos ao conjugar de forma harmônica pensamentos e ações, de modo criativo e dinâmico, assim corpo e mente encontram-se intimamente ligados, vivenciam as mesmas sensações e emoções, tudo o que ocorre com a mente afeta o corpo, o mesmo ocorre reciprocamente de forma inversa. Em suas palavras:

O acontecimento psicofísico não pode mais ser concebido à maneira da fisiologia cartesiana [...]. A união entre a alma e o corpo não é selada por um decreto arbitrário entre dois termos exteriores, um objeto, outro sujeito. Ela

se realiza a cada instante no movimento da existência (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 131).

As experiências construídas pelos sujeitos partem da interação intrínseca entre corpo-mente, sem deslocá-lo de sua facticidade. Merleau-Ponty recupera a motricidade e compreende o corpo em suas diferentes formas de expressão, a partir de gestos, falas, movimentos e ações, “[...] nossos corpos uma estrutura viva e experiencial, em que o interno e o externo, o biológico e o fenomenológico se comunicam, sem oposições” (NÓBREGA, 2016, p. 102). O corpo representa um dos mais potentes canais de expressão e comunicação do ser no mundo. Portanto, não somente o aspecto cognitivo deve ser levado em conta, mas também o corpóreo e o afetivo. No processo educativo o estudante não está reduzido as formas de pensamento, mas necessita experimentar, sentir e agir. Segundo Deleuze (2019, p. 93) “A individualidade do corpo é sua forma”, expressos por cada pessoa de forma subjetiva, ao enunciar certa temporalidade, espacialidade e historicidade. Em outros termos:

Nosso corpo traz marcas sociais e históricas e, portanto, questões culturais, questões de gênero e questões de pertencimentos sociais podem ser lidas no corpo. *Por que não incluir nessa agenda, para além do controle dos domínios de comportamentos observáveis, a questão dos afetos e desafetos, dos nossos temores, da dor e do medo que nos paralisa ou nos impulsiona, do riso e do choro, da amargura, da solidão e da morte?* Note-se que falo em incluir questões significativas que atravessam nosso corpo, que nos sacodem, que nos revelam e que nos escondem. *Não se trata de incluir o corpo na educação. O corpo já está incluído na educação. Pensar o lugar do corpo na educação significa evidenciar o desafio de nos percebermos como seres corporais* (NÓBREGA, 2016, p. 112, grifo nosso).

Contudo, nos dias atuais, a tendência depreciativa do corpo ainda reverbera de forma vigorosa, exprime a supervalorização do aspecto cognitivo em detrimento do corpo, isto é, remete a uma visão racionalista cartesiana ao compartilhar o postulado que apenas a razão é fonte de conhecimentos verdadeiros. Neste sentido, minimiza tanto quanto possível a experiência corpórea e afetiva, quando, na realidade, é preciso mover o corpo e sentir. Em termos Merleau-pontyanos, compreender o corpo encarnado no mundo da vida, a ponderar que são esses traços que permitem ao educando construir conhecimentos e atribuir significados as vivências. A incompreensão dos corpos os enfraquece, despotencializa, diminui seu caráter

criativo e expressivo, ou seja, afeta direta ou indiretamente os alunos. Para Moraes *et al* (2003, p. 99):

[...] não podemos mais continuar separando cérebro/mente e corpo. Conhecimento e prazer estão diretamente relacionados. Ao professor cabe tornar sua aula prazerosa. É necessário dar um tempo para que o aluno possa descobrir o conhecimento e sentir prazer pela descoberta. Sentir prazer de conhecer para conhecer mais e não, apenas, para utilizar na prova.

Na infância, mais expressivamente que em qualquer outra fase da vida, corporemente demonstram uma postura ativa, imaginativa e criadora. A criança sente a necessidade de se movimentar, interagir, questionar, experimentar, isso porque somos “[...] uma infinidade de possibilidades sensório-motoras, e estamos imersos em contextos múltiplos” (NÓBREGA, 2016, p. 104). Mas, conforme o avançar das etapas de escolarização cada vez menos as crianças são submetidas a experiências de aprendizagem que requerem o contato e a exploração do mundo físico. No entanto, independentemente do nível de ensino, o processo educativo requer movimentação, expressão, afinal a aprendizagem não se restringe ao intelecto, mas representa um processo de interações e relações construídas entre as pessoas, entre os corpos.

Corpo e cognição simbolizam aspectos indissociáveis, a cognição equivale a uma forma de interpretação que emerge a partir da relação entre o corpo e o mundo vivido. Nesta acepção é importante salientar que:

A mente não é uma entidade “des-situada”, desencarnada, ou um computador. Também a mente não está em alguma parte do corpo, ela é o próprio corpo. Essa unidade implica que as tradicionais concepções representacionistas se enganam ao colocar a mente como uma entidade interior, haja vista que a estrutura mental é inseparável da estrutura do corpo (NÓBREGA, 2016, p. 105).

O aluno corresponde a uma conexão viva e dinâmica, longe de ser fragmentado, assim é importante não supervalorizar um aspecto em detrimento do outro, mas compreendê-los em sua conjugação. “O conhecimento, em sua complexidade, não se deixa apreender pela perspectiva reducionista da inteligência, emergindo dos processos corporais. No movimento dos corpos” (NÓBREGA, 2016, p. 109). Deste modo, filosofia, ciência e educação possuem o desafio de ressignificar o estatuto do corpo e buscar melhores formas de lidar com sua materialidade, cinesia, afetos, desafetos e paixões (NÓBREGA, 2016). Em outros termos “Considerando que

os corpos jamais deixam de ser afetados, o projeto ético de Spinoza é definido, justamente, pela tarefa de estabelecer um tipo de relação com os afetos que nos torne menos confusas e mais ativas” (MERÇON, 2009, p. 46). Por isso, a importância de compreender o efeito dos afetos no corpo-mente, suas interações, possibilidades e potencialidades.

“Mas então, o que são minhas percepções e minhas paixões, minhas alegrias e minhas tristezas e meus afetos?” (DELEUZE, 2019, p. 294). Conceituaremos o afeto como um estado experienciado, capaz de mover corpo e alma, isto é, efeito de um corpo sobre o outro, segundo Spinoza (2009, p. 163) “Por afeto compreendo as afecções do corpo, pelas quais sua potência de agir é aumentada ou diminuída, estimulada ou refreada, e, ao mesmo tempo, as ideias dessas afecções”.

Deleuze (2019) denomina o afeto como uma forma de pensamento não simbólica, efeito sobre o corpo de outrem, de modo a transmutá-lo, ao provocar alegria ou tristeza, aumentar, diminuir ou refrear sua potência. “O *affectus* é então a variação contínua da força de existir de alguém, enquanto esta variação é determinada pelas ideias que ele tem” (DELEUZE, 2019, p. 42).

Os afetos podem ser classificados em afetos ativos (alegria) e afetos passivos (tristeza), representam estados da alma, indicam a transição a graus de maior ou menor perfeição, relacionados ao nível de potência de agir do homem. “A alegria é a passagem do homem de uma perfeição menor para uma maior” (SPINOZA, 2009, p. 141), deslocamento de um estado de passividade, à ação. Por outro lado, “A tristeza é a passagem do homem de uma perfeição maior para uma menor” (SPINOZA, 2009, p. 141). Afetos passivos ou paixões imprimem marcas capazes de diminuir ou refrear a potência do sujeito, provocados por causas externas e inadequadas. O homem possui seu gesto espontâneo inibido, caráter que não permite sua expansão. Cabe salientar que “Os afetos podem ser absolutamente externos: é o caso das paixões. As paixões são os afetos que realizam o poder de ser afetado e que vêm de fora...” (DELEUZE, 2019, p. 299).

De acordo com Deleuze (2002) a incidência dos afetos permite compreender duas formas de vida, a vida do homem ativo, direcionado a experienciar em maior grau a incidência de alegrias, detentor de uma trajetória afirmativa, cuja ação conativa se direciona a busca pela razão e pela liberdade. E, em contraposição, a vida do homem passivo, cativo da servidão, vive ao acaso dos encontros e experimenta de forma mais regular afetos de tristeza, mas não é capaz de agir para direcioná-los. Nesta acepção,

o desconhecimento ou recusa acerca da dinâmica dos afetos eleva as possibilidades de uma vida passiva. Mas, entendê-los viabiliza o exercício do pensamento e da ação direcionados a reagir da melhor forma possível aos encontros.

A afecção representa a modificação de um corpo em decorrência dos encontros e interações com o mundo, ou seja, estado experienciado, acontecimento de natureza transitória que gera variação afetiva. Diante dessa perspectiva, Spinoza (2009, p. 111) conceitua a afecção como “a modificação de um corpo causada pelo encontro com outro corpo”, ambos experenciam a transição afetiva e potencial de seus corpos. Para Deleuze (2019, p.44):

A affectio é uma mistura de dois corpos, um corpo que é dito agir sobre o outro, e o outro que vai acolher a marca do primeiro. Toda mistura de corpos será chamada afecção [...] indica a natureza do corpo afetado muito mais do que a natureza do corpo afetante.

Em outros termos, alteração de um estado, imagem ou ideia expressos no corpo, como resultado das interações e percepções, “De fato, estas afecções são imagens ou marcas corporais [...]; e as suas *ideias* englobam ao mesmo tempo a natureza do corpo afetado e a do corpo exterior afetante” (DELEUZE, 2002, p. 55, grifo do autor).

Encontros de composição resultam em afecções alegres, incidem sobre corpo-mente do sujeito, ao elevar suas potências, sua capacidade de criação e expressão. Nos termos de Deleuze (2002, p. 25) “Quando um corpo encontra outro corpo, uma ideia outra ideia, tanto acontece que as duas relações se compõem para formar um todo mais potente [...]”. Encontros de decomposição correspondem a maneiras de despotencialização do modo de agir e pensar a partir de constrangimentos, castigos, medo e heteronomia, provenientes de afecções entristecedoras, ou seja, capazes de desintegrar as potencialidades. Neste enfoque, a escola em alguns momentos é fonte de desencontros, ao reproduzir atos negativos que decompõem e causam afecções tristes. Destacamos, segundo Merçon (2009, p. 126):

Os dois poderes da educação, ambos atravessados pelos mecanismos da moral – o poder de produzir condições que favoreçam o aumento de nossas potências de pensar e agir, preparando, dessa maneira, o devir da própria ética, assim como o seu poder de instituir e regular o bem e o mal com punições e recompensas, afastando-nos das nossas forças [...] Assim como outros processos sociopolíticos necessários à preservação do viver comum,

a educação tende tanto à atividade como à passividade, pois constitui-se, em sua base imaginativa, tanto por elementos que podem vir a gerar conveniência, composição ou racionalidade, como também através de mecanismos que geram coesão por meio de restrições, mitos, ilusões ou superstições.

É importante entender as possibilidades, sejam elas positivas ou negativas, isto é, capazes de compor ou decompor, potencializar ou despotencializar, causar alegria ou tristeza, liberdade ou servidão. Ademais, cabe ressaltar que não somente a criança sofre o efeito dos encontros no processo educativo, o mesmo também se aplica ao docente, pois, ao mesmo tempo em que o afeta é afetado, a ocorrência dos afetos repercute sobre os corpos de ambos. “Todavia, no caso da educação da criança, teria de existir um esforço da geração adulta por tornar o corpo da criança o mais apto possível para afetar e ser afetado” (MERÇON, 2016, p. 47), a considerar que a criança pequena desconhece as causas dos afetos que incidem sobre sua existência.

A teoria spinoziana permite ao docente compreender a dinâmica dos afetos e suas implicações no corpo-mente do aluno. Logo, de forma consciente acerca das relações de causa e efeitos, poderá planejar ações que estimulem e intensifiquem afetos de alegria, composições, isto é, bons encontros no ensino, como forma de favorecer a construção de conhecimentos e a participação ativa do sujeito. Novikoff e Cavalcanti (2015, p. 103), afirmam que:

Os bons encontros trazem estado de alegria: tanto a mente fica mais ativa, tendo um número maior de ideias, quanto o corpo fica mais disposto a fazer coisas. Esse estado que indica o aumento da potência de agir aprimora a capacidade de existir, fortalecendo o *conatus*. Ampliando a potência de agir, os indivíduos passam a ter mais possibilidades de afetar e de serem afetados; por isso, adquirem novas possibilidades de relação com o mundo do qual fazem parte.

O entendimento acerca da dinâmica e, sobretudo, a importância dos afetos no processo de ensino-aprendizagem torna o docente mais sensível e suscetível a trabalhá-los, amplia as possibilidades de práticas educativas que considerem a simultaneidade corpo-mente, afetos, ao propiciar espaço para as formas de expressão, interações, conversas, bem como a vivência de sensações:

A educação formal, como produtora de encontros que expandem as nossas potências de pensar e agir, soma-se, assim, ao aprendizado ético-afetivo individual, o qual se constitui como uma experiência longa, lenta e árdua, sempre atravessada pelos riscos postos por potências superiores e contrárias. Como empenho vinculado ao poder de um todo social, a educação busca oferecer caminhos práticos para a transição de nossa passividade e impotência à atividade que alcançamos pelo exercício de nosso pensar (MERÇON, 2009, p. 120).

Isto posto, cabe ao processo educativo promover a construção de conhecimentos teórico-práticos que possibilitem ao sujeito atuar pela razão, sem desconsiderar a simultaneidade corpo-mente. A educação enseja a consciência acerca de si e do mundo, vislumbra o desenvolvimento do sujeito e a ampliação de suas aptidões, ou melhor, comporta uma relação ética-afetiva, mediante o encontro dos corpos, suas afecções e compartilhamento de saberes. Nestas trocas, cada indivíduo expressa seus traços subjetivos (MERÇON, 2009), cada pessoa é formada por territórios afetivos, cujas possibilidades de expressão, efetuação e potência são inúmeras. A respeito disso, Rabernot (2016, p. 193) tece o seguinte comentário:

Os critérios de educação implícitos na filosofia de Spinoza estão contidos na própria natureza humana. O fim para o qual o homem deve ser educado é para que ele possa exercer o seu poder ao máximo.

No processo de ensino-aprendizagem os bons encontros ativam e fortalecem o *conatus*, empenham corpo-mente a experimentar uma vida feliz e potente, subsidiada pelo uso da razão. No dizer de Deleuze (2002, p. 33) “Um indivíduo é antes de mais nada uma essência singular, isto é, um grau de potência”. Assim, questionamos, como podemos estimular a participação ativa e as potencialidades na escola, especialmente no ensino de ciências? Para responder esta indagação acreditamos que o aspecto mais importante seja considerar o aluno como um sujeito integral, em sua relação corpo-mente e afetos, cercá-los de bons encontros, afetos alegres e potentes. Bons encontros não somente entre os corpos, mas com os espaços educativos, com as disciplinas escolares, com diferentes experiências de aprendizagem. Quanto maiores as possibilidades de composições maiores serão as chances de o aluno ser afetado positivamente.

Neste sentido, quando considerada como um espaço afirmativo, a escola potencializa os educandos e fomenta atitudes contra uma vida irrefletida, passiva, cuja tristeza reverbera sobre corpo-mente. No processo de ensino-aprendizagem, não é

preciso apenas conhecer os procedimentos, mas ter uma vida criadora, assim as trocas de sala de aula representam modos de relação com o outro, formas de composição.

Estes fatores remetem a segunda parte da *Ética*, na qual Spinoza tece os fundamentos de sua epistemologia, cuja abordagem ética-ontológica, discorre, sobretudo, acerca da força e potência dos afetos ao incidirem sobre corpo-mente. A partir dos gêneros de conhecimento Spinoza objetiva a construção de uma vida ética e livre que perpassa desde o nível elementar ao nível mais refinado de conhecimento, isto é, da incompreensão à compreensão do próprio corpo-mente, da servidão à liberdade, das ideias inadequadas às ideias adequadas. A possibilidade de avanço entre os gêneros de conhecimento representa a elevação qualitativa das potências de pensar e agir. De acordo com Spinoza (2009), o conhecimento equivale ao maior e mais potente dos afetos, desvela a possibilidade de conhecer a si e a natureza.

Para Deleuze (2019, p. 31) “O ponto de destaque na teoria do conhecimento baseada num pensamento da imanência é sua ressonância prática, onde veremos articular-se o trinômio construir a imanência-conhecer-experimentar modos de vida”, isto é, possui uma relação intrínseca com a natureza dos conhecimentos. Nesse plano da imanência, Spinoza desenvolve sua reflexão de modo a oferecer a possibilidade de entender a vida subsidiado pelo uso da razão a partir do segundo gênero do conhecimento, ou seja, quando se torna possível conhecer as causas e os efeitos dos fenômenos que envolvem a vida do homem.

Primeiro gênero do conhecimento: ideias inadequadas (formulada pela imaginação com base na experiência imediata) - o gênero primário é marcado pela ocorrência de afecções passivas e ideias-paixões, cuja experiência vaga, a opinião e as superstições constituem o alicerce do pensamento. Nos termos de Spinoza (2009, p. 81) “conhecimento originado da experiência errática”, constituído pelas interações extrínsecas, o sujeito é o resultado dos vestígios provocados pelos encontros dos corpos. Em seu curso sobre Spinoza (1978-1981) Deleuze exemplifica os gêneros de conhecimento mediante a relação do banhista com o sol e com a onda:

E qual é o conhecimento do primeiro gênero? É: “Ir! Lanço-me, eu vou.” Estou no primeiro gênero de conhecimento; eu me lanço, [...] são relações extrínsecas: ora a onda me golpeia, ora a onda me arrasta; são os efeitos do choque. São os efeitos de choque, a saber: não conheço nada da relação que se compõe ou que se decompõe, recebo os efeitos de partes extrínsecas (DELEUZE, 2019, p. 254-255).

Desconhecedor das causas e efeitos o sujeito vive ao acaso dos encontros, propício a sofrer os efeitos desses choques. É o mundo do inadequado e da paixão, dos signos equívocos e obscuros, o homem é passivo, incapaz de reconhecer as capacidades e potencialidade de seu próprio corpo-mente. O fator que condiciona o sujeito a este gênero é expresso, sobretudo, pela incompreensão das causas. Segundo Deleuze (2019) as pessoas na praia, não compreendem o que é o sol, elas vivem mal. Os conhecimentos construídos pelo sujeito partem da interpretação da realidade subsidiada por uma visão generalizada e superficial que enseja a formação de ideias falsas, decorrentes da compreensão imaginativa.

Mas, “Então, como explicar a possibilidade que temos de sair deste mundo confuso, deste mundo inadequado, deste primeiro gênero de conhecimento?” (DELEUZE, 2019, p. 252). Trilhar os caminhos para liberdade mediante os gêneros de conhecimento, constituem verdadeiros obstáculos epistemológicos, em termos bachelardianos (1996). No entanto, o que torna possível a elevação de um estágio ao outro é a força imanente do sujeito, ou seja, o *conatus*, esforço vital de efetuação que possibilita um contínuo *vir-a-ser*, à medida que o sujeito avança entre os gêneros o conhecimento o desprende da ignorância, do medo, das superstições e paixões:

Assim, esforçamo-nos, nesta vida, sobretudo, para que o corpo de nossa infância se transforme, tanto quanto o permite a sua natureza e tanto quanto lhe seja conveniente, em um outro corpo, que seja capaz de muitas coisas e que esteja referido a uma mente que tenha extrema consciência de si mesma, de Deus e das coisas [...] (SPINOZA, 2009, p. 236).

Contudo, algumas pessoas jamais ultrapassam este primeiro gênero, isto porque suas vidas são conduzidas por afetos-paixões e encontros entristecedores, corpo-mente direcionados pelas forças externas, sem nada fazer para direcioná-los.

Eis exatamente o problema: cada indivíduo tem as três dimensões ao mesmo tempo, e, no entanto, há indivíduos que não sairão jamais do primeiro gênero de conhecimento. Eles não chegarão a se elevar ao segundo ou ao terceiro (DELEUZE, 2019, p. 257).

De fato, reconhecemos a possibilidade de o indivíduo permanecer no primeiro gênero, mesmo sendo envolvido em encontros que lhe desafiam a reagir e superar a sua condição de mediação pelas ideias inadequadas, pois, este processo demanda a

participação do sujeito e seu esforço conativo, sem os quais, não é possível avançar entre os gêneros de conhecimento e exercer suas potencialidades.

Segundo gênero: o conhecimento das relações (razão, se faz pelo domínio do conhecimento sobre as causas das coisas) - gênero da noção comum, o sujeito constrói um conhecimento adequado ao compreender as causas e efeitos dos encontros, conhecedor acerca da dinâmica da natureza e dos corpos. O homem passa a discernir aquilo que lhe convém, ou seja, as situações capazes de compor e decompor corpo-mente. Todavia, não é capaz de determinar sua própria natureza. Para Deleuze (2019, p. 253):

É o conhecimento das relações que me compõe e das relações que compõem as outras coisas. Vejam vocês: já não são mais os efeitos dos encontros entre partes, é o conhecimento das relações, a saber, a maneira como minhas relações características se compõem com as outras, e como minhas relações características e de outras relações se decompõem. Ora, este é um conhecimento adequado [...] Dado que é um conhecimento que se eleva à compreensão das causas.

Conforme o sujeito avança entre os gêneros de conhecimento sua potência de pensar e agir aumentam paulatinamente, afinal, cada nível representa graus de compreensão acerca de si e do mundo. Na concepção do filósofo (2019, p. 67), no segundo gênero “Adquirimos a posse formal da potência de agir. A formação das noções, que não são as ideias abstratas, que são estritamente as regras de vida, me dão a posse da potência de agir”, isto é, se realiza pela articulação do conhecimento à compreensão dos fenômenos, visando entendê-los na sua imanência, além de propiciar composições:

Quer dizer que: minhas relações características, eu sei compô-las diretamente com as relações da onda. [...] Eu mergulho no momento certo, eu saio no momento certo. Eu evito a onda que se aproxima, ou, ao contrário, eu me sirvo dela, etc.... Toda a arte da composição das relações (DELEUZE, 2019, p. 255-256).

O segundo gênero de conhecimento se caracteriza pela alegria que advém das relações de um corpo com as de outro corpo, flexibilidade e ritmo que repercutem sobre corpo-mente. O sujeito ultrapassa a zona dos efeitos e conquista a compreensão prática que lhe possibilita agir. Nesta construção dinâmica, o sujeito poderá sentir o desejo, e, esforçar-se para atingir o terceiro gênero. O segundo e o

terceiro gênero de conhecimento são perfeitamente adequados, possibilitam ao sujeito distinguir o conhecimento verdadeiro do falso (DELEUZE, 2019).

Terceiro gênero: o conhecimento das essências (ciência intuitiva) - nível de conhecimento que apresenta graus expressivos de autonomia, rigorosidade e inventividade, pois, o sujeito além de conhecer as causas e essências, é ativo, detentor do poder sobre si. Reúne razão e imaginação intuitiva, eleva sua potência de pensar e de agir:

É o conhecimento das essências, o que vai mais longe do que as relações, já que alcança a essência que se exprime nas relações, a essência da qual as relações dependem. Com efeito, se as relações são as minhas, se as relações me caracterizam é porque elas exprimem a minha essência (DELEUZE, 2019, p. 257).

A intuição é resultado de um construto intelectual voltado ao entendimento da natureza e da essência das coisas, representa a ontologia do ser e permite atingir a *beatitude*. Como descrito por Spinoza (2009, p. 229):

Proposição 26. Quanto mais a mente é capaz de compreender as coisas por meio do terceiro gênero de conhecimento, tanto mais deseja compreendê-las por meio desse mesmo gênero. [...]

Proposição 27. Desse terceiro gênero de conhecimento provém a maior satisfação da mente que pode existir.

Corpo-mente possuem suas potências elevadas ao máximo, o homem é livre, capaz de produzir novas formas de expressão e pensamento. Além do alcance da *beatitude*, este gênero também se configura pela essência do ser cuja liberdade se expressa diante do mundo por meio de gestos afirmativos que potencializem a vida.

3.3 Erros em Spinoza

Ao pensar os erros durante o processo de ensino-aprendizagem, cabe refletir acerca das afecções causadas no corpo-mente a partir do encontro dos alunos com os erros, a considerar que os erros afetam, causam marcas, sejam positivas ou negativas. No decorrer da escolarização e na vida, todos estabelecem uma relação com os erros, a partir de encontros que podem aumentar ou diminuir a potência de

agir. Neste sentido, convém refletir de que forma o professor tem proporcionado o encontro dos alunos com os erros?

O ambiente de sala de aula pode inibir/favorecer a aprendizagem de inúmeras formas, a partir de palavras, gestos e omissões, como resultado, estes encontros podem culminar em aumento ou diminuição da potência de pensar e agir, mediante o modo como o professor lida com os erros em sala de aula, como exemplo somos convidados a pensar em um professor que apresenta uma postura intolerante aos erros e a participação ativa dos alunos. Este professor certamente está contribuindo de forma significativa para a despotencialização do ser. O estado de reprodução, conduz o homem a passividade, enquanto que o erro insere o sujeito na ação, decorre de uma causa ativa, criativa e cinética. Todavia, a ausência de entendimento mediante o papel dos erros no processo educativo, contribui para a despotencialização pela inserção dos sentimentos de *medo* e *culpa*, presentes ou relacionados às atividades escolares, sobretudo quando os estudantes são submetidos às atividades avaliativas. Ao reconhecer o erro como elemento inerente a extensão da aprendizagem, cabe interrogar, como lidar com o erro no processo de ensino-aprendizagem de ciências?

Antes, é preciso reconhecer que há diferentes formas de ser afetado, dentre as quais podemos destacar duas: medo e tristeza, ambas capazes de diminuir a potência. No primeiro caso, ao ser afetada por medo a criança pode demonstrar inúmeras reações comportamentais, fisiológicas e cognitivas, voluntárias e involuntárias. O medo atua como um meio de autopreservação e autocuidado que figuram uma forma de mecanismo de defesa que nos protege de situações desagradáveis, de ameaça ou perigo. Na escola os erros são comumente associados ao medo que os alunos possuem de serem incompreendidos e ridicularizados, ou seja, medo de julgamento, exposição, dos olhares e palavras. “Acrescente-se que o medo provém da impotência de ânimo; e não diz respeito, por isso, ao uso da razão [...]” (SPINOZA, 2009, p. 207), pensamentos e gestos amedrontados não permitem ao sujeito a expansão de suas potências, imobiliza corpo-mente.

“O medo, por outro lado, é uma tristeza instável, surgida igualmente da imagem de uma coisa duvidosa” (SPINOZA, 2009, p. 112), regado por discursos como: “vou errar”, “não sei”, “não sou capaz”, “não consigo”, um ambiente repleto por afetos relacionados ao medo e a tristeza fazem a criança duvidar de sua própria capacidade. “Do mesmo modo, para acabar com o medo é preciso pensar com

firmeza, quer dizer, é preciso enumerar e imaginar, com frequência, os perigos da vida e a melhor maneira de evitá-los e superá-los por meio da coragem e da fortaleza” (SPINOZA, 2009, p. 222). As discussões antecedentes expuseram a relação do corpo-mente ao serem afligidos por afetos de tristeza, neste sentido não iremos retomá-la.

Os erros são decorrentes de ideias mutiladas e confusas, forma de pensamento que foge a normatividade. O ato imaginativo representa criação, assim, se o homem cria novas formas de pensar, existir e agir, não está cometendo erros, mas exercendo sua capacidade criativa e imaginativa ao testar possibilidades. Como descrito por Spinoza (2009, p. 69):

Aqui, para começar a indicar o que é o erro, gostaria que observassem que as imaginações da mente, consideradas em si mesmas, não contêm nenhum erro; ou seja, a mente não erra por imaginar, mas apenas enquanto é considerada como privada da ideia que exclui a existência das coisas que ela imagina como lhe estando presentes. Pois, se a mente, quando imagina coisas inexistentes como se lhe estivessem presentes, soubesse, ao mesmo tempo, que essas coisas realmente não existem, ela certamente atribuiria essa potência de imaginar não a um defeito de sua natureza, mas a uma virtude, sobretudo se essa faculdade de imaginar dependesse exclusivamente de sua natureza, isto é (pela def. 7 da P. 1), se ela fosse livre.

O pensamento não advém de linhas fechadas, mas, está relacionado ao *devenir*, aos processos constituintes, ao seu caráter de transformação. Assim, o fazer pensar diferente, fora da lógica constituída, comporta errâncias, deslocamentos e desvios, bem como a formulação das mais ousadas hipóteses. O erro é constitutivo do próprio desenvolvimento do ser a partir de seu processo de atualização e efetuação. Neste sentido, o aprendente é um ser de potencialidades e seus erros o permitem progredir. “Portanto, a perfeição e a imperfeição são, na realidade, apenas modos do pensar, isto é, noções que temos o hábito de inventar, por compararmos entre si indivíduos da mesma espécie ou do mesmo gênero” (SPINOZA, 2009, p. 156).

Mas, ao tecer considerações sobre o erro no processo de ensino-aprendizagem é importante destacar a perspicácia do sistema escolar ao utilizá-los como fonte de objetificação das notas, ao fazer isto, centra-se no aspecto quantitativo e desconsidera os aspectos qualitativos do trabalho docente e discente. Os índices obtidos pelos alunos em avaliações, principalmente, as realizadas em larga escala, são capazes de reduzi-los a números e aferir o desempenho em “bom”, “regular” ou “ruim”, ou seja, a escola está voltada a mensurabilidade do ser. Entretanto, não é possível medir o pensamento, a criatividade, as potências, o que conseguimos, no

máximo, é medir o alcance cognitivo do aluno em determinado momento. Segundo Spinoza (2009, p. 87):

Igualmente, quando os homens erram, ao fazer um cálculo, é porque têm na mente números que não são os que estão no papel. Por isso, se considerarmos apenas a mente dos homens, pode-se dizer que, sem dúvida, eles não erram; se parecem, entretanto, errar, é porque julgamos que eles têm na mente exatamente os mesmos números que estão no papel [...]. Com efeito, quando mais se contradizem, eles estão, na verdade, pensando na mesma coisa ou em coisas diversas e, assim, o que julgam ser, no outro, erros e absurdos, realmente não o são.

A busca por soluções permite pensar fora de padrões e explorar atos criativos que refletem tentativas de racionalidade, mas este processo requer liberdade de expressão do corpo-mente, cada erro permite experimentar uma nova abordagem e este processo ajuda a compreender melhor à medida que verificamos ideias adequadas e inadequadas.

3.4 Contra a servidão, caminhos para liberdade

O processo de ensino-aprendizagem está intimamente ligado as conexões e relações estabelecidas no ambiente escolar, sejam de forma harmônica ou desarmônica, a partir da autonomia ou heteronomia, ou, no vocabulário spinozista, pela liberdade ou servidão. A epistemologia de Spinoza aponta caminhos possíveis para a construção da liberdade de pensar e agir a partir dos gêneros de conhecimento. Em cada gênero podemos refletir acerca da relação do sujeito consigo, com o outro e com os saberes. Contudo, a construção da liberdade configura um caminho laborioso que requer tomada de consciência, ação, reflexão e vontade de potência.

O estado de servidão impede que o sujeito manifeste sua própria essência, isto porque é governado pelas forças exteriores, não é capaz de efetivar suas potencialidades, pois, é constrangido pelas causas que emanam de fora. “Chamo servidão a impotência humana em moderar, e em conduzir, os afetos; submetido aos afetos, com efeito, o homem está sob a autoridade não de si próprio, mas do acaso” (SPINOZA, 2009, p. 155), desprovido de atos criativos.

A liberdade implica a capacidade do sujeito de tornar-se causa ativa a partir do exercício racional, representa a ausência de constrangimento em seus atos

expressivos e criativos, ou seja, liberdade do corpo de se expressar de múltiplas formas. Corpo-mente potentes na mesma intensidade, dispostos a agir e direcionar os encontros, não mais, colocar-se à mercê do acaso, significa superar uma vida irrefletida, distanciar-se da servidão. Neste sentido, Spinoza defendeu a possibilidade de o sujeito agir mediante as forças que emanam de dentro.

Assim, convém refletir acerca de alguns aspectos: o ensino de ciências promove a memorização de conhecimentos ou explora as possibilidades de criação? Propicia encontros com vista a experiências de liberdade, ou, mesmo de forma não intencional, os encontros conduzem os corpos ao estado de servidão que envolvem a submissão, constrangimentos e medo?

Os indícios das forças constituintes reverberam expressivamente nas potências de pensar e agir dos estudantes, deste modo o desafio presente no processo educativo corresponde a formação do espírito livre, criativo e dinâmico. Embora, a escola por vezes reproduza marcas de servidão, obediência e afetos passivos. Nesta perspectiva, Piaget (1976, p. 71) apresenta um questionamento valioso que conduz a inúmeras reflexões:

Porventura se pretende formar indivíduos submetidos à opressão das tradições e gerações anteriores? [...] ou pretende-se, pelo contrário, formar simultaneamente consciências livres e indivíduos respeitadores dos direitos e das liberdades de outrem?

Logo, se o sentido de formação prevista esteja mais próximo da segunda perspectiva:

Então é evidente que nem a autoridade do professor nem as melhores lições que ele possa dar sobre o assunto serão o bastante para determinar essas relações intensas, fundamentadas ao mesmo tempo na autonomia e na reciprocidade. Unicamente a vida social entre os próprios alunos, isto é, um autogoverno levado tão longe quanto possível e paralelo ao trabalho intelectual em comum, poderá conduzir a esse duplo desenvolvimento de personalidades donas de si mesmas e de seu respeito mútuo (PIAGET, 1976, p. 71).

Com base nos estudos de Piaget (1932/1965) Fosnot (1998) descreve duas formas de relacionamento entre adultos e crianças, a primeira com vista a promoção do desenvolvimento infantil, intitulada autonomia, capaz de potencializar as interações, ambiente que estimula a cooperação entre ambos, além de contribuir para

a construção do sistema de auto regulação da criança. Contrariamente, a segunda abordagem, inibe este processo, a chamada heteronomia destina-se a capacidade de seguir regras e vontades de outrem. O adulto exerce uma postura de autoridade com elevado poder de coerção. A heteronomia possui diferentes graus de intensidade e controle, pode alternar desde formas brandas, a atitudes hostis e punitivas. Em outros termos:

Quando falamos sobre heteronomia e autonomia, coerção e cooperação, estamos falando sobre processos simultaneamente cognitivos e emocionais. A coerção adulta produz uma constrição das mentes, personalidades e sentimentos das crianças. A cooperação adulta produz uma liberação das possibilidades das crianças para a construção de sua inteligência, de sua personalidade e de seus sentimentos e convicções morais e sociais (FOSNOT, 1998, p. 129).

Contudo, reconhecemos que a heteronomia também apresenta um caráter necessário, sobretudo, nos primeiros anos de vida da criança no qual é necessário a instrução de condutas, assim, o risco não representa operá-la, mas, encontra-se em sua prática excessiva:

Nas relações adulto-criança, a heteronomia é frequentemente apropriada e, às vezes, inevitável. Ou seja, por razões de saúde e segurança [...] pais e professores devem regular ou controlar as crianças de muitos modos. No entanto, quando as crianças são governadas continuamente pelos valores, crenças e ideias dos outros, elas praticam uma submissão que pode levar a uma conformidade sem compreensão tanto da vida moral como da intelectual. Em outras palavras, contanto que os adultos mantenham as crianças ocupadas em aprender o que os adultos desejam que elas façam e em obedecer às regras adultas, elas não serão motivadas a questionar, analisar ou examinar suas próprias convicções [...] Insistindo que a criança apenas siga regras, valores e diretrizes dados já prontos pelos outros, o adulto contribui para o desenvolvimento de um indivíduo com mente, personalidade e moralidade conformistas – um indivíduo capaz apenas de seguir a vontade dos outros. Tragicamente, as escolas fundadas na obediência simplesmente perpetuam as qualidades necessárias para a submissão (FOSNOT, 1998, p. 128).

A acentuada presença da heteronomia nas escolas, sem dúvidas, resulta em consequências impetuosas, como por exemplo, mais conformismo e submissão, e, por conseguinte, menos criatividade e liberdade. Assim, nem todos os sujeitos elevam suas potências ao máximo, isto é, utilizam seu potencial cognitivo e corpóreo, formas de expressão. Todavia, o ensino científico guiado por um sistema de passo a passo, de natureza normativa e transmissiva, desperdiça seu potencial educativo e fomenta

nos estudantes afecções entristecedoras que incidem diretamente sobre sua capacidade de pensar e agir, corpo-mente nutridos pela passividade. A confrontação deste processo e sua ultrapassagem requerem vontade de potência, ou seja, é preciso que as forças ativas movam o sujeito ao conhecimento racional, subsidiado pela simultaneidade corpo-mente. A respeito disso, Spinoza (2009, p. 206, grifo nosso) tece o seguinte esclarecimento:

Nada pode combinar melhor com a natureza de uma coisa do que os outros indivíduos da mesma espécie. Por isso (pelo cap. 7), nada existe que seja mais útil ao homem, para conservar o seu ser e desfrutar de uma vida racional, do que o homem que se conduz pela razão. Além disso, como não conhecemos nada, entre as coisas singulares, que seja superior ao homem que se conduz pela razão, em nada pode, cada um, mostrar melhor quanto valem seu engenho e arte do que em *educar os homens para que vivam, ao final, sob a autoridade própria da razão*.

O desafio do ensino de ciências, construir uma prática pedagógica subsidiada pela simultaneidade corpo-mente, pela formação do pensamento livre, ativo e dinâmico, como forma de superar a reprodução de ideias inadequadas que aproximam o sujeito do primeiro gênero do conhecimento, voltado à superstição, às ideias errôneas e à generalização da experiência. Em outras palavras, com o intuito de:

[...] libertar o indivíduo do medo a fim de que ele viva, tanto quanto possível, em segurança, isto é, a fim de que mantenha da melhor maneira, sem prejuízo para si ou para os outros, o seu direito natural de existir e agir. O fim [da educação ou] do Estado [...] é fazer com que a sua mente e o seu corpo exerçam em segurança as respectivas funções, que eles possam usar livremente a razão e que não se digladiem por ódio, cólera ou insídia, nem se manifestem intolerantes uns com os outros. O verdadeiro fim do Estado [ou da educação] é, portanto, a liberdade (SPINOZA *apud* MERÇON, 2009, p. 302).

A compreensão acerca da dinâmica dos afetos viabiliza conhecer a si e ao outro mediante sua incidência, a ponderar que o desconhecimento ou recusa acerca do poder dos afetos eleva as possibilidades de uma vida cativa da servidão e das paixões entristecedoras. Ao apropriar-se deste entendimento o docente poderá criar estratégias que favoreçam e potencializem os encontros nos processos de ensino-aprendizagem, com vista a direcioná-los da forma mais apropriada. A pedagogia spinoziana preserva e potencializa a vida, mediante a recorrência de bons encontros, afecções ativas e composições.

CAPÍTULO 4 – ENSINO DE CIÊNCIAS, ERRO E CONSTRUTIVISMO

Após delinear o percurso histórico, investigativo e teórico acerca dos erros na ciência e no ensino, cabe agora realizar articulações para o campo metodológico e seus possíveis desdobramentos ao ensino de ciências nas séries iniciais. Nesta abordagem, iremos investigar os erros mediante aportes construtivistas, cuja escolha justifica-se pela relação de receptividade frente aos erros e uma visão sensível que os considera como parte dos processos de construção das aprendizagens. Este capítulo, além de abordar os epistemólogos Bachelard, Piaget e Astolfi, insere as discussões de Borges e Moraes (1998), Fosnot (1998), Furman (2009) e Moraes *et al* (2003) para fundamentar articulações e possibilidades ao ensino de ciências.

4.1 O Ensino de Ciências nos Anos Iniciais

O ensino de ciências corresponde a uma disciplina ou conjunto de disciplinas escolares e acadêmicas que remetem ao processo de ensino-aprendizagem de ciências em diferentes níveis de ensino, seja no Ensino Fundamental, Anos Iniciais e Finais no componente curricular Ciências da Natureza, seja no Ensino Médio nas disciplinas Biologia, Física e Química, no Ensino Superior voltado a formação de professores⁴⁶, ou destinado a educação informal do público em geral. O ensino de ciências objetiva a construção de conhecimentos acerca do mundo físico e natural a partir do desenvolvimento de habilidades e competências que possibilitem aos alunos enxergar a ciência em suas mais diversas manifestações, a medida em que são capazes de realizar conexões entre os conhecimentos científicos e o mundo que os cerca. Configura-se como um de seus objetivos centrais o cultivo e estímulo a curiosidade acerca do mundo, a fim de utilizá-la como fonte potencial que enseja o estudante a construir, fundamentar e refinar o pensamento científico. Este processo implica não somente na apropriação destes conhecimentos, mas em sua utilização

⁴⁶ No Brasil, a formação docente para atuação no ensino de ciências é organizada da seguinte forma: Licenciatura em Pedagogia – atuação de 1º ao 5º ano, Anos Iniciais do Ensino Fundamental; Licenciatura em Ciências Naturais – atuação de 6º ao 9º ano, Anos Finais do Ensino Fundamental; Licenciatura em Biologia – Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio; Licenciatura em Física – Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio; Licenciatura em Química – Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

em contextos reais, no intuito de formar cidadãos capazes de questionar, pensar criticamente, resolver problemas e agir de forma criativa.

O ensino de ciências se propõe a transformar conhecimentos científicos em conhecimentos escolares, processo nomeado *transposição didática*, atitude que permite ao aluno participar da tradição científica, compreender as temáticas e problemáticas presentes na sociedade. O ensino de ciências compreende a atividade científica como fruto de um processo de desenvolvimento humano de natureza histórica, cultural, social e política. Assim, de forma crítica é imprescindível questionar:

O que acontece se essas pedras fundamentais do pensamento científico não forem colocadas a tempo? Pensemos, por um momento, em alunos que saem do Ensino Fundamental sem a possibilidade de (nem a confiança para) formular maneiras de procurar respostas às coisas que não conhecem, ou de dar-se conta se há evidências que sustentam o que ouvem. Ou em alunos cuja curiosidade foi se apagando pouco a pouco por não terem encontrado espaço para expressá-la. Claramente estamos diante de um cenário muito arriscado, principalmente se pensarmos em construir uma sociedade participativa, com as ferramentas necessárias para gerar ideias próprias e decidir seu rumo (FURMAN, 2009, p. 7).

É preciso reconhecer o ensino de ciências em suas possibilidades e potencialidades a formação dos educandos, além de suas inegáveis contribuições para a sociedade. Contudo, por vezes identificamos uma visão distorcida e adultocêntrica, presente no discurso daqueles que acreditam que a criança nos anos iniciais não possui idade e/ou maturidade suficientes para compreender questões científicas, quando, na verdade, o ensino de ciências se apresenta como um espaço privilegiado à construção destes saberes, tendo em vista que a curiosidade infantil se equipara a de um cientista, “Não será assim que as crianças observam o mundo? Com encantamento e surpresa, com expressões de alegria? [...]” (MORAES *et al*, 2003, p. 227).

É possível perceber que a criança se empenha a responder suas perguntas de natureza científica, quando indaga, por exemplo: “Como os navios flutuam?”, “Por que as estrelas brilham?” “Qual a idade do universo?” Nos anos iniciais suas perguntas buscam compreender o mundo, no sentido de investigar “como?”, “por quê?”, “quando?”, enquanto outras se propõem a testar possibilidades e reconhecer novos caminhos e perspectivas ao questionar “por que não ...?”, “e se ...?”:

Sob este enfoque, o processo de ensino-aprendizagem em Ciências nas séries iniciais é fundamental para que o aluno amplie o conhecimento do mundo e de si mesmo, desenvolvendo, entre outras, a capacidade de falar, escrever e comunicar-se, buscando e apresentando respostas a dúvidas (BORGES; MORAES, 1998, p. 15).

Ciência é criatividade, imaginação e inovação, emerge da curiosidade, intimamente ligada a expressão “quero conhecer”, características muito próprias do espírito infantil. No processo educativo o ensino de ciências se apresenta como um campo rico e interdisciplinar que oportuniza a criança expandir sua trama de conhecimentos, no sentido de desvelamento do mundo ao seu redor, além de permitir tecer novos saberes:

Ensinar Ciências Naturais no Ensino Fundamental nos coloca em um lugar de privilégio, porém, de muita responsabilidade. Temos o papel de orientar nossos alunos para o conhecimento desse mundo novo que se abre diante deles quando começam a se fazer perguntas e a olhar além do evidente. Será nossa tarefa aproveitar a curiosidade que todos os alunos trazem para a escola como plataforma sobre a qual estabelecer as bases do pensamento científico e desenvolver o prazer por continuar aprendendo. Quando falo de estabelecer as bases do pensamento científico estou falando de “educar” a curiosidade natural dos alunos para hábitos do pensamento mais sistemáticos e mais autônomos (FURMAN, 2009, p. 7).

A construção de conhecimentos científicos requer atos criativos, doses de imaginação e ousadia. Neste sentido, o ensino de ciências visa estimular a formulação de perguntas ao longo da vida e incitar a substituição da curiosidade espontânea pela curiosidade epistemológica, “[...] seja em que nível for da educação, o psiquismo humano deve ser permanentemente remetido para a sua tarefa essencial de invenção, de atividade de abertura” (BACHELARD, 1978a, p. 79).

No texto conduzido pela UNESCO *“Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas”*, Werthein e Cunha (2016) afirmam que uma sociedade que não recebe formação científica estará agravando as desigualdades do país, por outro lado, investir em uma população científica é cultivar a cidadania e a produtividade. O ensino de ciências instrumentaliza o educando para compreender as interações entre o mundo físico, natural e social, proporcionando um novo modo de pensá-lo, sob o aporte da ciência:

Assim, ao iniciar o Ensino Fundamental, os alunos possuem vivências, saberes, interesses e curiosidades sobre o mundo natural e tecnológico que devem ser valorizados e mobilizados. Esse deve ser o ponto de partida de

atividades que assegurem a eles construir conhecimentos sistematizados de Ciências, oferecendo-lhes elementos para que compreendam desde fenômenos de seu ambiente imediato até temáticas mais amplas. Nesse sentido, não basta que os conhecimentos científicos sejam apresentados aos alunos. É preciso oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvam-se em processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo natural e tecnológico, e sobre seu corpo, sua saúde e seu bem-estar, tendo como referência os conhecimentos, as linguagens e os procedimentos próprios das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 331).

No ensino de ciências é imprescindível que o professor considere o contexto da criança, seus conhecimentos prévios, ideias e interesses, isto implica um processo de construções dinâmicas e ativas, uma forma de conhecimento descentralizada. Outro fator essencial a formação dos alunos diz respeito a fundamentação da ciência a partir de uma perspectiva dual, isto é, como processo e como produto. Nos termos de Moraes *et al* (2003, p. 31):

As ciências como processo e como produto são de extrema riqueza. No entanto, o ensino escolar, com frequência, banaliza os procedimentos de aquisição do conhecimento assim como os próprios conhecimentos selecionados para serem tratados. Os primeiros porque no ensino de ciências muito pouco é trabalhado com referência a processo, em relação a investigação com vistas a fazer com que os estudantes percebam as características e procedimentos da pesquisa científica. Em relação aos conhecimentos, em geral, são recortados, fragmentados, descontextualizados, tanto no mundo da vida como do seu próprio processo de constituição pela via da ciência e da história. Não posso deixar de reconhecer as dificuldades que os professores encontram, tanto em relação a sua própria formação como ao tempo que dispõem para realizar seu trabalho [...]. No entanto, mesmo considerando as limitações, é necessário olhar para as possibilidades. E vejo como possibilidade, tratar os conhecimentos com os alunos, partindo das questões cotidianas e do mundo da vida, mas não deixando de constituí-los tanto na perspectiva analítica como histórica. Conceitos importantes para auxiliar na interpretação do mundo e na solução dos problemas da vida não podem ser ensinados como quem joga uma pedra num poço.

Portanto, é importante contextualizar os saberes e construir uma visão mais dinâmica acerca da natureza da ciência, para isto é preciso elucidá-la como processo, modelo de investigação sistemática que permite a construção de conhecimentos ao considerar as etapas que corroboraram neste desenvolvimento, incluindo as hipóteses, tentativas e erros que resultaram em determinado construto, bem como a ciência como produto que corresponde a conceitos, modelos, teorias e artefatos

construídos e comprovados pelo método científico. Contudo, é preciso ressaltar que a ciência não adquire formas acabadas, sua natureza é intrinsecamente processual, a este fator cabe destinar maior atenção durante as aulas.

Para Hodson (2014) é importante que o ensino de ciências trabalhe articuladamente quatro dimensões: 1. aprender ciência; 2. aprender sobre ciência; 3. aprender a fazer ciência; 4. aprender a abordar questões socio científicas. A partir deste entendimento o professor pode utilizar-se de situações problematizadoras, atividades investigativas, debates, experimentação, entre outras possibilidades, visando a contemplação de todas as esferas. O ensino de ciências demanda um processo ativo de aprendizagem, sobretudo, norteado pelo entendimento de que:

A criança não é cidadã do futuro, mas já é cidadã hoje, e, nesse sentido, conhecer ciência é ampliar a sua possibilidade presente de participação social e viabilizar sua capacidade plena de participação social no futuro (BRASIL, 1997, p. 23).

As trocas de sala de aula, as reflexões e debates favorecem a ampliação e construção do repertório da criança, à medida que fundamenta e fornece subsídios que lhe permitem dialogar e se posicionar sobre diferentes temas. Ao exercitar a reflexão e o posicionamento crítico diante de questões importantes para coletividade e para si, a criança aos poucos vai se formando enquanto cidadã (BORGES; MORAES, 1998). Ademais, o conhecimento acerca dos adventos da ciência permite ao aluno compreender a influência de determinado acontecimento em seu contexto e estabelecer uma relação mais próxima com os conhecimentos científicos, ao reconhecer sua aplicação e utilidade em situações reais. Matthews (2017, p. 34, tradução nossa)⁴⁷ defende que:

Todos os alunos, sigam ou não uma carreira científica, deveriam saber algo sobre os grandes episódios do desenvolvimento da ciência e, portanto, da cultura [...]. Deveriam poder entender, segundo sua idade, os fatores intelectuais, técnicos, sociais e pessoais que contribuíram para essas conquistas monumentais.

⁴⁷ Texto original: “Todos los alumnos, sigan o no una carrera científica, deberían saber algo sobre los grandes episodios en el desarrollo de la ciencia y, por lo tanto, de la cultura [...]. Deberían poder entender, según su edad, los factores intelectuales, técnicos, sociales y personales que contribuyeron a estos logros monumentales” (MATTHEWS, 2017, p. 34).

Desta forma, não podemos conceber uma formação deslocada do mundo da vida e à margem da ciência, em cada nível de escolarização é preciso unificar, robustecer e promover o diálogo e integração entre a história da ciência, o ensino conceitual de forma contextualizada e o desenvolvimento de habilidades e competências científicas, sem perder de vista a qualidade das informações compartilhadas, dos saberes construídos e das discussões estabelecidas. Segundo Bachelard “O ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe o que ele pode descobrir” (BACHELARD, 1996, p. 303). Ao introduzir a história da ciência no ensino, o professor poderá demonstrar a ciência como construção humana inacabada, fruto de estudos, investigações, erros, acertos, recomeços; sua utilização conduz os alunos a perceber que mediante sua incidência é possível progredir, tecer ideias adequadas, erros como elementos constitutivos das aprendizagens, a fim de construir uma visão positiva, e talvez, até mesmo incentivar os alunos a se despossarem do medo de errar e correr riscos.

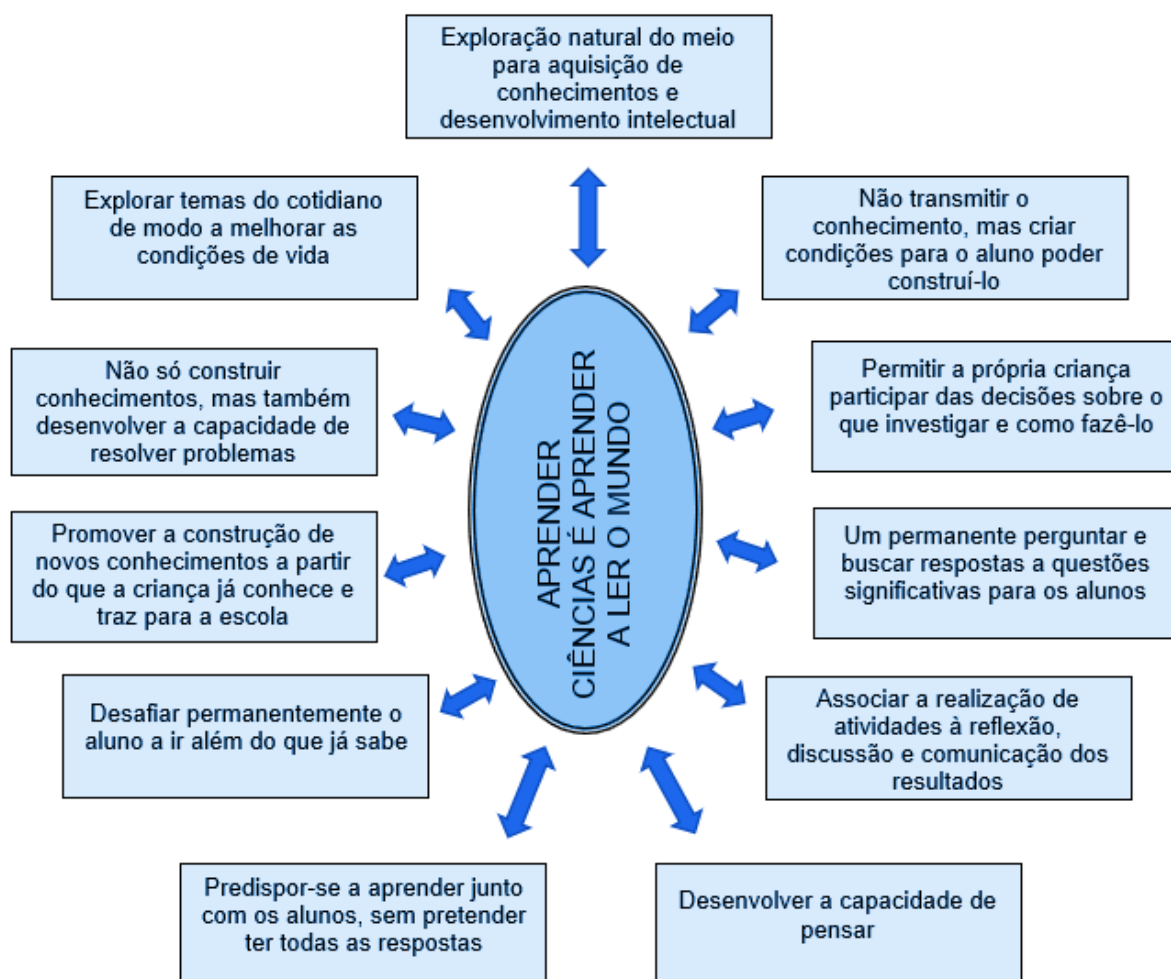
Todavia, o ensino de ciências possui forte tendência ao ensino teórico, com enfoque na transmissividade de informações e memorização de conteúdos, bem como o visível distanciamento entre a fala dos professores e o entendimento dos alunos. Ciência abstrata, sem exemplificações, cujo conhecimento é deslocado da realidade, sem a preocupação de inserir os estudantes na cultura científica.

O ensino de ciências, quando considerado mediante uma abordagem exclusivamente tradicional obstaculiza a construção dos conhecimentos pelos alunos, além de restringir o desenvolvimento de habilidades e competências científicas fundamentais a este processo, sobretudo, a considerar a relação com o saber e a relação com os alunos, a visão tradicional concebe os saberes prontos a serem ensinados, cuja rigidez recusa novas perspectivas. A relação com os alunos é heterônoma, a sala de aula valoriza o silêncio, a imobilização dos corpos, a reprodução. Este ambiente seria capaz de desenvolver todo o potencial do ensino científico? Certamente não, isto porque, o ensino de ciências requer a participação ativa dos alunos, seja em debates, atividades investigativas, de exploração, de problematização, conceber a ciência em sua natureza dinâmica e provisória, isto é, solicita ao docente “Modificar a relação com os saberes em sala, proporcionando aos alunos a experiência cotidiana de um trabalho intelectual autêntico, e integrando um

tratamento ativo do erro” (ASTOLFI, 1999, p. 93, tradução nossa)⁴⁸, além de reconhecer os alunos como protagonistas, atitudes que contrastam com o ensino tradicional.

Ao refletir sobre os significados de ensinar e aprender ciências no Ensino Fundamental, Borges e Moares (1998) questionam: Como promover o ensino científico nas séries iniciais? Por meio desta indagação os autores apontam algumas ações importantes a prática docente ao reconhecer as especificidades e potencialidades deste nível de ensino.

Figura 10 - Aprendizagem de ciências e leitura do mundo



Fonte: BORGES; MORAES (1998, p. 17).

⁴⁸ Texto original: “Modificar la relación los saberes em classe, proporcionando a los alunos la experiencia cotidiana de um trabajo intelectual auténtico, e integrando um tratamento activo del error” (ASTOLFI, 1999, p. 93).

A profissão docente, sobretudo, no ensino de ciências, exige senso de abertura e disposição para aprender com o outro, seja mediante suas falas, erros, acertos, questionamentos e dúvidas. O professor em sua prática pedagógica precisa estar aberto, refletir e atuar mediante uma certa atitude de vigilância epistemológica. O docente constantemente reflete sobre “Quais são as novas aquisições para a aprendizagem? Quais são as dificuldades encontradas? Qual é o ponto de vista dos alunos?” (ASTOLFI, *et al*, 1997b, p. 116).

Nesta acepção, destacamos a relevância de uma epistemologia de fundo que possa subsidiar o professor em seu processo de interação com os saberes científicos, em suas ações e tomadas de decisões, a ponderar que “[...] a prática pedagógica em Ciência depende da ideia que se tem de Ciência (ASTOLFI *et al*, 1997b, p.135)”, logo, este representa o primeiro ponto de destaque necessário à uma reflexão epistemológica. O professor como epistemólogo de si, questiona seus saberes e práticas, utilizando-se desta psicanálise para justificar mudanças, redirecionamentos e de forma consciente empreender melhorias. Para Piaget (1976, p. 24) “[...] parece incontestável que o futuro do ensino de ciências irá depender cada vez mais da sua epistemologia [...]”. Mas, esta perspectiva também requer uma visão diferente acerca do ambiente de sala de aula e do próprio processo ensino-aprendizagem que demanda um posicionamento flexível e dinâmico, contra a rigidez e o autoritarismo, presentes no ensino tradicional. Acerca dessa lógica iremos apresentar o construtivismo como uma possibilidade ao ensino de ciências.

4.2 Fundamentos Construtivistas: possibilidades ao ensino de ciências

O construtivismo representa uma teoria psicológica da aprendizagem com implicações educacionais, perspectiva que objetiva a superação do empirismo e do apriorismo, concebe ao sujeito papel ativo na construção de saberes; possui como plano de fundo o aporte da epistemologia genética. De forma mais específica, conceituaremos o construtivismo como ato ou efeito de tecer saberes na relação com o outro, com o ambiente que o cerca, processo de apropriação de conhecimentos que ocorre de forma intersubjetiva a partir de interações e experiências. Para Moraes *et al* (2003, p. 215):

[...] o construtivismo corresponde a uma teoria ou conjunto de teorias em que a palavra essencial é interação. Interação entre pessoas, interação com outros seres vivos e com tudo o que existe no meio ambiente, ou seja, interação do sujeito que conhece com o objeto do seu conhecimento. Isto envolve ação e reflexão, teoria e prática.

Abordagem teórica que se contrapõe ao ensino-aprendizado estático, enrijecido e deslocado do mundo da vida, possui como fundamento uma atividade de ensino dinâmica, flexível e centrada nos conhecimentos anteriormente construídos pela criança. Aberto a novos itinerários, o construtivismo requer o envolvimento dos alunos em situações reais de trabalho, no sentido de construir-desconstruir-retificar saberes, ou seja, pautado na ação, reflexão e movimentação do pensamento, aspectos que figuram um sentido potencial fecundo. Atualmente, o termo abrange uma infinidade de perspectivas teóricas, fundamentada em diferentes autores. Contudo, iremos centrar as discussões nos estudos do epistemólogo suíço Jean Piaget, autor que originalmente formulou a teoria. No decorrer do capítulo tentaremos responder algumas reflexões propostas por Moraes *et al* (2003, p. 103-104, grifo do autor):

- *O que significa assumir uma epistemologia construtivista?*
- *Para o aluno a aprendizagem é sempre uma construção?*
- *De que modo o professor pode exercitar sua prática construtivista?*
- *Quais são as principais atitudes e modos de proceder de um professor construtivista?*

O construtivismo objetiva conhecer os processos de construção do conhecimento pela criança, sua gênese e obstáculos, defende a tese que as crianças precisam interagir, explorar o mundo, dialogar e questionar, ao fazer isto, o sujeito mobiliza corpo-mente a participarem ativamente do processo de ensino-aprendizagem, mediante falas, gestos e ações, corpo-mente convidados a experimentar o prazer em aprender, a partir da movimentação dinâmica entre ação-reflexão-construção. Em outros termos, fundamenta uma “perspectiva epistemológica do aprender” (BORGES; MORAES, 1998, p. 45). Para compreendermos melhor, convém enfatizar que:

[...] não é um método, ainda que na visão de muitos professores o seja. Não é uma técnica ou um conjunto delas, mesmo que muitas pessoas assim o concebam. O construtivismo não é, portanto, um receituário para a prática

docente. Nesse sentido, o construtivismo pretende ser uma das formas de superar a denominada *racionalidade técnica* subjacente à forma de conceber a atividade docente presente em muitas instâncias de formação e de educação continuada de professores. Constitui-se em uma das formas de pôr em prática a reflexão na ação e sobre a ação, tornando o professor sujeito ativo de sua prática (MORAES *et al*, 2003, p. 104-105, grifo do autor).

Na perspectiva construtivista o professor se reconhece como aprendiz, pois, assim como os alunos está em constante processo de aprendizagem, simboliza a efetuação de sua própria história de existência. O princípio que rege sua prática considera que o conhecimento não é fruto de um processo transmissivo e jamais adquire formas acabadas, por isso professores e alunos se colocam em movimento a partir de composições dinâmicas e interativas em situações de cooperação. Em oposição a aplicação de atividades sem objetivos delineados e tempo de trabalho adequado para reflexão e discussão que fomentariam em aulas sem significado para a criança e que por vezes não resultam em aprendizados (MORAES *et al*, 2003).

Transposto para o ensino de ciências, o construtivismo objetiva o protagonismo do aluno no processo de construção dos saberes científicos, com vista a superação de práticas de memorização e reprodução comumente compartilhadas, sem o devido embasamento teórico. Busca a estruturação de ações bem planejadas e intencionais, subsidiadas por discussões e reflexões, de modo a superar a ideia do fazer pelo fazer. Assim, compartilhamos da concepção de Moraes *et al* (2003, p. 116):

Defendemos que o construtivismo é uma postura epistemológica que entende que o conhecimento se origina na interação do sujeito com a realidade ou desta com o sujeito, seja ela a realidade física, social ou cultural. Por isto, este processo necessita ser concebido além do nível individual. O processo de construção ocorre juntamente com os outros. Entretanto, em qualquer de suas concepções, adotar uma postura construtivista é superar a epistemologia empirista que postula que o conhecimento se origina no objeto, é também superar a concepção inatista que entende que a aquisição do conhecimento pode ser inteiramente explicada pelas condições inatas dos sujeitos. [...] Construir, portanto, significa que o sujeito para adquirir conhecimentos necessita interagir com os objetos de conhecimento, sejam eles concretos, sejam simbólicos.

O conhecimento não é inato, é construído pelo sujeito, em sua relação com o outro, implica a movimentação do pensamento, uma construção processual e inacabada que abrange fatores cognitivos, afetivos e sociais. Neste sentido, “Aprender não é resultado do desenvolvimento, aprender é desenvolvimento” (FOSNOT, 1998, p. 46), processo ativo que requer auto-organizações, ou seja, construções,

desconstruções e retificações sucessivas, bem como a capacidade de estabelecer conexões entre conhecimentos anteriores e novos:

A aprendizagem é uma atividade construtiva que os próprios estudantes têm que levar a cabo. A partir deste ponto de vista, então, a tarefa do educador não é dispensar conhecimento, mas oferecer aos estudantes oportunidades e incentivos a construí-lo (FOSNOT, 1998, p. 23).

A aprendizagem ocorre diariamente, desde as pequenas observações às grandes formulações, processo que requer a atribuição de significados aos conteúdos e experiências vivenciadas, à medida que a criança atualiza seus esquemas cognitivos e fundamenta novas formas de interpretação da realidade (PIAGET, 1975a), assim as interações em sala de aula e o relacionamento entre pares contribuem ao favorecimento da aprendizagem:

Se a intenção é que os alunos se apropriem do conhecimento científico e desenvolvam uma autonomia no pensar e no agir, é importante conceber a relação de ensino e aprendizagem como uma relação entre sujeitos, em que cada um, a seu modo e com determinado papel, está envolvido na construção de uma compreensão dos fenômenos naturais e suas transformações, na formação de atitudes e valores humanos (BRASIL, 1997, p. 28).

Esta interação requer que o docente atue como o mediador⁴⁹, a fim de mobilizar os conhecimentos que a criança possui para fundamentar novas aprendizagens. No ensino científico é fundamental o ato de ouvir e acolher as falas das crianças, suas experiências, articulações, exemplificações e utilizá-los para engajar o ensino ativo:

Na perspectiva construtivista as atividades são organizadas levando-se em consideração o conhecimento prévio dos alunos. [...] Adotar uma postura construtivista significa aceitar que nenhum conhecimento é assimilado do nada, mas deve ser construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Deste modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante e as atividades experimentais combinam, intensamente, ação e reflexão (MORAES *et al*, 2003, p. 201).

Estes aspectos representam o ponto de partida sobre o qual o professor engaja a construção/retificação dos conhecimentos pelos alunos. Contudo, é preciso ir além, “É importante, primeiro, dialetizar o conhecimento que os alunos já trazem

⁴⁹ O conceito de mediação será ampliado a partir dos estudos de Moraes *et al* (2003), ao descrever atitudes essenciais à prática construtivista.

consigo, de suas vivências com o mundo sensível” (MORAES *et al*, 2003, p. 97), a ponderar que esta experiência primeira representa uma certeza *a priori*, por vezes repletas de erros e ideias inadequadas. Ao professor interessa identificar os conhecimentos do aluno, com vista a ressignificá-los, a considerar que “O sujeito epistêmico cotidiano carrega uma visão realista sobre o mundo: o mundo é; não é questionado” (MORAES *et al*, 2003, p. 176).

Assim, emerge o desafio proposto por Bachelard (1996), mediante um ensino científico que busque diminuir o empirismo sem reflexão, repleto de imagens. O caminho proposto pelo autor parte da razão à experiência, capaz de examinar as seduções da facilidade, do conhecimento reducionista e simplificado, rumo a progressão das aprendizagens a níveis mais elevados de abstração. Neste contexto, as situações de conflito sociocognitivos atuam como um lugar privilegiado para a coordenação de diferentes pontos de vista, ações e ideias, que são a princípio distintas, a considerar a percepção de cada indivíduo; permitem a reestruturação dos esquemas, a partir da integração dos aspectos divergentes e confrontação de ideias opostas. Os conflitos causam desequilíbrios e, conseqüentemente, movimentam o pensamento ao retirar o espírito do estado de inércia:

Piaget viu o conflito como decisivo para o desenvolvimento, incluindo tanto o conflito interior de um indivíduo como o conflito entre indivíduos. O conflito interior é uma chave no processo de equilibração, através do qual todo conhecimento é construído. Piaget enfatizou o importante papel do conflito interpessoal em facilitar o conflito interno pelo qual um indivíduo começa a levar em conta mais pontos de vista. Por esta razão, o conflito e sua resolução fazem parte do currículo construtivista. Alguns professores tentam prevenir conflitos e suprimi-los quando eles de fato ocorrem. Em contraste, a abordagem construtivista recebe bem os conflitos como oportunidades para promover o posicionamento e o entendimento interpessoal (FOSNOT, 1998, p. 133).

Estas situações de conflitos requerem atitudes do novo espírito científico, tais como, tentativa de explicação, senso de abertura, de interrogação e inquietude, contribuem para o alcance de um dos objetivos mais expressivos do ensino de ciências que enseja a substituição da curiosidade espontânea pela curiosidade epistemológica.

O construtivismo compreende o conhecimento em permanente processo de efetivação, de natureza imperfeita, processual e inacabada, estruturado à medida que o sujeito constrói e retifica saberes. Isto porque ao tentar apropriar-se de um novo

conhecimento, a criança analisa, verifica e explora possibilidades, neste processo é passível a erros. Mas, os alunos quando submetidos as formas de correções adequadas poderão assimilar a informação e desobstruir caminhos, atividade que requer a movimentação do pensamento mediada por rupturas em oposição a uma ação mecânica cumulativa:

A história das ciências nos faz pensar [...]. Quantos séculos podem ser necessários para elaborar um conhecimento! Mesmo que não seja necessário um tempo igualmente longo na sala de aula [...] A própria história mostra o avanço dos conhecimentos por aproximações sucessivas, através de rupturas e retificações que integram as conquistas anteriores e alteram a visão do mundo (MORAES *et al*, 2003, p. 220).

O ensino científico solicita uma visão dinâmica acerca dos processos de ensinar, aprender e construir conhecimentos, cuja natureza demanda uma temporalidade maior a ter em conta a necessidade de abstração. Ademais, é fundamental que o docente compreenda as lentidões e a provisoriedade dos conhecimentos que se colocam à estruturação do pensamento da criança, a ponderar:

Como o desenvolvimento científico prossegue, todos os modelos são provisórios. Esta provisoriedade deve ser considerada na educação científica escolar, permitindo a estruturação progressiva dos modelos explicativos dos alunos, sempre em coerência com seu nível de compreensão (MORAES *et al*, 2003, p. 224).

Este caráter provisório do conhecimento, comporta um domínio imperfeito que promove a incidência de erros no processo de construção das aprendizagens. Errar representa uma tentativa de operar saberes, forma de adaptação a novas demandas. No construtivismo o erro é fruto das hipóteses cognitivas dos estudantes, cujo potencial se expressa pela possibilidade de desenvolvimento, sua ocorrência manifesta o nível de estruturação das aprendizagens, ao apresentar os limites, lacunas ou excessos.

O construtivismo concebe o erro como um elemento epistemológico, cujo acontecimento é natural, sobretudo, necessário a apropriação de saberes. Oportunidade de desenvolvimento e aperfeiçoamento:

[...] os erros não são considerados falhas condenáveis nem falhas de programas lamentáveis: são sintomas interessantes dos obstáculos enfrentados pelo pensamento dos alunos. “Seus erros me interessam”, o professor parece pensar, já que eles estão no centro do processo de

aprendizagem que se quer alcançar e indicam o progresso conceitual que deve ser obtido (ASTOLFI, 1999, p.14, tradução nossa)⁵⁰.

Os erros representam o alicerce sobre o qual as aprendizagens são edificadas, elementos fundamentais da existência humana que simbolizam a possibilidade de efetuação. O construtivismo descreve o processo de estruturação do saber pelo sujeito, sem a pretensão de recusar os ensaios, os desequilíbrios, conflitos, obstáculos e erros. Nesta perspectiva:

Os modelos construtivistas [...] esforçam-se, contrariamente aos anteriores, por não eliminar o erro e dar a ele um status muito mais positivo. Vamos destacar: o objetivo que se busca é erradicá-los nas produções dos alunos, mas admite-se que, como forma de conseguir isso, devemos deixá-los aparecer - até provocá-los - se quisermos tratá-los melhor (ASTOLFI, 1999, p. 14, tradução nossa)⁵¹.

Convém lembrar que na ciência os erros operacionalizam os processos de descobertas e construção das aprendizagens, da mesma forma ocorre com a atividade de ensino. Portanto, desconsiderá-los representa um potencial pobre, além de um desperdício de oportunidades. No processo educativo é importante que a criança perceba que é possível aprender com seus próprios erros e com os erros de outrem. No ensino, o conhecimento acerca dos erros e dos processos da ciência corroboram positivamente na formação dos alunos, ao fomentar uma ótica construtiva e dinâmica que permite enxergar a ciência em constante processo, em sua construção coletiva, possibilita, principalmente, perceber que os erros e discontinuidades, representam etapas da ciência, do ensino e da própria vida, isto é, elementos intrínsecos a aprendizagem humana. Afinal, “No limite, a vida é aquilo que é capaz de erro” (PORTOCARRERO, 2009, p. 81).

Este senso de abertura que permite reconhecer o erro como um elemento constitutivo das aprendizagens é estimado por Astolfi *et al* (1997b, p. 274, grifo nosso),

⁵⁰ Texto original: “En los modelos constructivistas los errores no se consideran faltas condenables ni fallos de programa lamentables: son síntomas interesantes de los obstáculos con los que se enfrenta el pensamiento de los alumnos”. “Vuestros errores me interesan”, parece pensar el profesor, ya que están en el mismo centro del proceso de aprendizaje que se quiere conseguir e indican los progresos conceptuales que deben obtenerse” (ASTOLFI, 1999, p.14).

⁵¹ Texto original: “Los modelos constructivistas, [...] se esfuerzan, contrariamente a los anteriores, por no eliminar el error y darle un estatus mucho más positivo. Puntualicemos: el objetivo que se persigue es llegar a erradicarlos en las producciones de los alumnos, pero se admite que, como medio para conseguirlo, hay que dejar que aparezcan - incluso provocarlos - si se quiere llegar a tratarlos mejor” (ASTOLFI, 1999, p.14).

como uma das principais habilidades para a aquisição dos saberes científicos, integrada a outras que se complementam, a saber:

Confiança em si

- Procurar organizar-se para atingir um objectivo;
- *Não ter medo de se enganar, compreender que o engano pode ser benéfico;*
- Não hesitar e participar nos trabalhos do grupo, nas trocas;
- Não hesitar em formular hipóteses;
- Desejar exprimir-se.

Espírito crítico

- *Ser capaz de pôr em dúvida o que é afirmado por um igual;*
- Ser capaz de apresentar a sua própria ideia, como uma possibilidade de ser verificada;
- Debater, contribuir com argumentos, em caso de dúvida sobre o que é expresso.

Criatividade, recurso ao pensamento divergente;

- Ser capaz de explorar aspetos muito diferentes de uma realidade;
- Tomar em conta dados aparentemente contraditórios, provenientes de fontes diferentes;
- Colocar uma questão ou emitir uma hipótese que determinem uma possível investigação;
- Destacar vários factores susceptíveis de entrarem em jogo

Dentre as habilidades destacamos algumas que julgamos essenciais ao ensino de ciências, sobretudo, a atitude de “Não ter medo de se enganar, compreender que o engano pode ser benéfico”. Quando reconhecido, o erro traduz uma possibilidade prolífera ao espírito, fornece uma atmosfera propícia a aquisições e retificações. Nesse tocante, Astolfi (1999, p. 64, tradução nossa)⁵² reflete “Como trabalhá-los?”:

1. Ouça-os, através da escuta positiva;
2. Compreenda-os procurando o significado do que a classe expressa;
3. Identifique-os, uma vez que a primeira característica das representações é o seu funcionamento inconsciente;
4. Compare-os de modo a favorecer a descentralização de pontos de vista;
5. Discuta-os estabelecendo dentro da turma um autêntico debate de ideias e provocando conflitos sociocognitivos;
6. Monitore sua evolução a curto, médio e longo prazo.

Cabe ao ensino científico utilizar os erros como substrato potencial das aprendizagens, principalmente, considerá-los como parte inextricável dos processos

⁵² Texto original: “1. Oírlos, mediante una escucha positiva; 2. Comprenderlas buscando el significado de lo que la clase expresa; 3. Identificarlas, ya que la primera característica de las representaciones es su funcionamiento inconsciente; 4. Compararlas lo que favorece la descentración de lo puntos de vista; 5. Discutirlas estableciendo dentro de la clase un auténtico debate de ideas y provocando conflictos sociocognitivos; 6. Vigilar su evolución a corto y medio plazo” (ASTOLFI, 1999, p. 64).

de construção de conhecimentos. Os erros proporcionam o *feedback* das aprendizagens e configuram avanços significativos, mas para isso, é importante levar a criança a refletir sobre seu erro e interrogá-la acerca de suas tentativas para que ela mesma perceba as inadequações, teça saberes em direções diferentes e construa novos esquemas.

Sob esta perspectiva, acerca das possibilidades de aplicação ao ensino científico Moraes *et al* (2003) descrevem algumas atitudes essenciais à prática construtivista no ensino de ciências, fatores que possuem uma relação intrínseca e propiciam a formação do educando no sentido integral.

Atitude pesquisadora - característica marcante do novo espírito científico, oportuniza ao sujeito progredir e continuar a se desenvolver. Espírito aberto, que movimenta o pensamento, viabiliza o desvelamento de um mundo de possibilidades (BACHELARD, 1996). No entanto, comumente observamos tentativas tardias de estimular a atitude pesquisadora dos alunos, apenas ao ingressarem no Ensino Superior, quando na verdade, é possível incentivar a criança desde o início do processo de escolarização.

Uma atividade de ensino subsidiada pela pesquisa, se apresenta em objeção a reprodução e ao imediatismo das informações, visa a construção de conhecimentos que possam integrar o arcabouço teórico-prático que fundamentam a compreensão do mundo por parte do sujeito. De acordo com Moraes *et al* (2003, p. 122):

Entende-se por essa atitude o agir permanentemente direcionado a conhecer cada vez melhor o aluno, assim como a descobrir como desafiá-lo a partir do que já sabe em direção a um conhecimento que ainda não domina. O professor construtivista é um pesquisador de sua prática docente e de seus alunos.

O professor irá nortear a estruturação dos saberes pelos alunos, reconhecendo suas especificidades e nuances, utiliza a dimensão epistemológica como mediadora de sua prática. A atitude pesquisadora constrói subsídios ao pensamento, a fundamentação de um olhar científico, estimula a curiosidade e interesse dos alunos, mediante um processo de construções e buscas ativas. O mundo possui em demasia pessoas que pensam de formas convencionais. Desse modo, nosso desafio é, sem dúvidas, formar pessoas capazes de pensar sob novos aportes e perspectivas, incentivar o gosto pela descoberta. Afinal, “criar - e sobretudo

manter - um interesse vital pela pesquisa desinteressada não é o primeiro dever do educador, em qualquer estágio de formação?" (BACHELARD, 1996, p. 12).

Atitude questionadora - enseja o cultivo de incertezas, contra pressupostos e afirmações primeiras, coloca o pensamento em suspensão, cujo objetivo central visa desafiar os alunos a construir conhecimentos novos. Ensinar os alunos a fazer perguntas representa engaja-los no ensino ativo. Nesta abordagem, o professor possui o desafio de instaurar o espírito de dúvidas e substituir a curiosidade espontânea pela curiosidade epistemológica (BACHELARD, 1996). Para Moraes *et al* (2003, p. 122):

Essa atitude ou modo de ser está intimamente ligada a atitude pesquisadora. Quem a possui valoriza prioritariamente o perguntar, em contrapartida ao informar. As perguntas serão tanto mais significativas quanto mais estiverem relacionadas ao conhecimento prévio dos alunos [...] o aluno é constantemente solicitado a participar ativamente, de modo especial, pela reflexão.

Interrogar, refutar, colocar a dúvida em suspensão representam atitudes de quem almeja conhecer, inquietam e movem o espírito em novas direções. Deste modo, alguns questionamentos são fundamentais a prática do ensino científico ao conduzir a construção de conhecimentos, "Como sabemos as coisas que sabemos? Como foram descobertas? Que evidências sustentam cada conhecimento? Como poderíamos averiguar se são certas?" (FURMAN, 2009, p. 11). Esta, sem dúvidas, representa uma atitude imprescindível ao ensino de ciências, ao fomentá-la o docente encoraja o aluno a conhecer/entender o mundo ao seu redor.

Flexibilidade - força movente, capacidade adaptativa de lidar com o novo ou com situações adversas, contra a rigidez, promove articulações e desdobramentos, seja no sentido da flexibilidade do pensamento, seja no sentido da flexibilidade pedagógica, tão necessária à prática do trabalho docente.

A flexibilidade do pensamento corresponde a um elemento fundante de qualquer atividade de ensino, ao permitir a ampliação da rede de conhecimentos do sujeito, é expressa pelo trinômio construir-desconstruir-retificar, atitude que se apresenta em objeção as formas de pensamento fechadas e estáticas que culminam em obstáculos epistemológicos. Esta movimentação possibilita ao espírito adaptar-se a novas situações e proceder retificações sucessivas. A flexibilidade pedagógica permite ao professor proceder uma releitura do currículo, ressignificá-lo, concedendo

espaço para as demandas que surgem, estabelecendo a interdisciplinaridade necessária.

As aulas não funcionam como um sistema de passo a passo, estritamente guiadas, ao fazer isso, a escola por vezes limita a capacidade criativa e a curiosidade do aluno ao dizer *o que* é preciso aprender e *quando* é preciso aprender. Neste enfoque, ao referenciar os estudos de Meirieu (1991)⁵³, Astolfi apresenta a fórmula dialética como possibilidade de aplicação ao ensino, a partir da atitude docente de “tudo prever sem ter previsto tudo, tudo organizar deixando lugar ao imprevisível” (1997b, p.13), ou seja, flexibilizar o ensino, o currículo e o planejamento. Nos termos de Moraes *et al* (2003, p. 123):

Essa atitude ou modo de ser afasta o professor do uso de procedimentos excessivamente rígidos e pré-planejados, assumindo ao invés um posicionamento de adaptar-se às circunstâncias do processo de aprendizagem em andamento e às necessidades dos alunos. Como elas nunca são inteiramente conhecidas, é preciso ser flexível e adaptar-se constantemente.

O professor reorganiza as atividades de ensino a medida em que identifica obstáculos, avanços, necessidades e possibilidades, ao surgirem interesses e curiosidades dos alunos, sendo plausível integrá-las ao plano de ensino e explorar seu potencial didático, sem dúvidas, precisamos considerar o tempo da escola e as demandas do currículo, mas, principalmente, é importante ter em conta o tempo e as necessidades dos próprios alunos.

Mediação - A mediação docente objetiva construções ativas a partir do engajamento dos alunos, orienta o exercício analítico e a estruturação do conhecimento, guiado pela intencionalidade o professor contribui para que o aluno alcance os objetivos de aprendizagem:

Entendemos por esse modo de ação o conjunto de atividades, proposto pelo professor, no sentido de possibilita aos alunos avançarem do conhecimento que já dominam com segurança em direção a novos domínios, gradativamente, mais afastados daquilo que já conhecem. Isto evidentemente exige que se conheça ou descubra aonde o aluno se encontra e qual a sua *zona de desenvolvimento potencial* (MORAES *et al*, 2003, p. 123, grifo do autor).

⁵³ Meirieu, P. (1991). *Le choix d'éduquer*, Paris, ESF.

A mediação pedagógica potencializa os processos de ensino-aprendizagem, fomenta a construção de conhecimentos que possam extrapolar a memorização. Esta perspectiva requer um olhar atento aos diálogos e situações de aprendizagem, representa um elemento fundamental a construção/progressão dos saberes científicos, ao praticá-la o professor observa e escuta atentamente a turma, e, apenas se posiciona quando necessário, pois, “se o professor diz o que quer, deixa de poder obtê-los” (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998, p. 20). Assim, de forma estratégica, o docente incita questionamentos e situações de conflitos cognitivos, estimula o raciocínio, a formulação de ideias, com o intuito de despertar a curiosidade, a problematização. Nas palavras de Astolfi (1999, p. 78, tradução nossa)⁵⁴ representa:

Princípio regulador essencial das atividades pedagógicas, onde a mediação docente desempenha um papel decisivo. O sujeito só progride se tiver a possibilidade de praticar um trabalho que envolva uma mudança de estrutura e de experimentação pessoal das ferramentas que domina, nas diferentes situações em que se encontra.

As intervenções docentes potencializam o processo de ensino-aprendizagem e podem promover mudanças qualitativas nas estruturas conceituais dos alunos, no sentido de desconstruir ideias equivocadas, lidar com os obstáculos que entravam as aprendizagens, retificar pensamentos, ampliar o repertório de conhecimentos da criança, entre inúmeras possibilidades. De acordo com Borges e Moraes (1998, p. 26):

O essencial é permitir que as crianças sejam autoras do seu conhecimento [...], enquanto o professor é o mediador capaz de incentivá-las e apoiá-las na construção de conhecimentos novos.

Neste contexto, a oralidade é amplamente explorada, além das habilidades de escuta, interpretação, capacidade de síntese, argumentação, entre outras. Contudo, a mediação não é realizada exclusivamente pelo professor, os próprios colegas de classe por vezes exercem este papel ao mediar os saberes uns dos outros, mesmo de forma não intencional (MORAES *et al*, 2003).

⁵⁴ Texto original: “Principio regulador esencial de las actividades pedagógicas, donde la mediación del profesor juega un papel decisivo. El sujeto sólo progresa si tiene la posibilidad de practicar un trabajo que suponga un cambio de marco, y de experimentación personal de las herramientas que domina, en las distintas situaciones en las que se encuentre. La transferencia, por último, es característica de la actividad de un sujeto que se construye dentro de una historia cognitiva, pero también subjetiva e identificativa” (ASTOLFI, 1999, p. 78).

Problematização - olhar mediado a realidade, pautada em situações reais, vivências e questões emergentes da sociedade, convida os estudantes a refletir, debater e propor soluções que possam resolver ou minimizar problemas reais e supostos. A problematização possui caráter interdisciplinar e valoriza o conhecimento prévio dos estudantes, além de favorecer o desenvolvimento do espírito crítico e reflexivo. Nos termos de Moraes *et al* (2003, p. 124):

[...] é saber transformar o conteúdo a ser aprendido em problemas significativos para seus alunos. Toda estrutura cognitiva tem lacunas [...]. Conseguir perceber estas lacunas e saber criar questionamentos significativos é o que entendemos por problematização.

A problematização implica a ação do pensamento, permite desmistificar a visão comum das crianças acerca de determinados temas e problemas, ao mesmo tempo que incide sobre as lacunas de aprendizagens e obstáculos. A escolha dos temas pode partir do interesse dos próprios alunos e após estudos, debates e reflexões as crianças propõem respostas e soluções para o problema. Segundo Moraes *et al* (2003) a problematização é uma das formas de pôr em prática a mediação do professor.

Interdisciplinaridade - movimento dialético do pensar, do ensinar e do aprender, capacidade de integrar e interrelacionar disciplinas e conteúdos. No ensino de ciências a interdisciplinaridade concebe a ciência em seus aspectos históricos, sociais, econômicos e políticos; compreende o conhecimento em sua natureza dinâmica, viabiliza intercâmbios e diálogos entre saberes. De acordo com Moraes *et al* (2003, p. 124):

O processo de construção parece exigir a superação dos limites estreitos de uma área específica de conhecimento das disciplinas acadêmicas. O conhecimento é construído como teoria sobre a realidade e como tal é integrado.

A interdisciplinaridade fundamenta a construção de conhecimentos sólidos, em oposição ao saber fragmentado, de natureza hierárquica, representa uma forma de reintegrar os conhecimentos à medida que estabelece relações e transita entre as áreas de conhecimento. Este caráter interdisciplinar, contra a redução das formas de pensamento fundamentam a metodologia de ensino STEAM que integra conhecimentos das áreas de Ciência (Science), Tecnologia (Technology), Engenharia

(Engineering), Artes (Arts) e Matemática (Mathematics). A STEAM objetiva a formação integral do educando ao dialogar com o conhecimento de forma articulada e trabalhar o desenvolvimento de habilidades e competências⁵⁵ necessárias a resolução de problemas.

Diálogo - propicia a construção de conhecimentos, no sentido coautorial, figura uma das mais significativas formas de expressão do ser. Uma atividade de ensino subsidiada por diálogos representa um ambiente dinâmico, ativo e participativo que se opõe ao corpo emudecido e o compreende em sua possibilidade de potência. Mas, sem a implementação efetiva de diálogos e discussões, sobretudo, nas aulas de ciências, como as escolas almejam formar cidadãos atuantes na sociedade? De acordo com Moraes *et al* (2003, p. 125):

[...] a valorização do diálogo é uma das formas de envolvimento ativo dos alunos, processo especialmente reflexivo. Entretanto, também quando se tem em mente conhecer e explorar o conhecimento prévio dos alunos, o diálogo é uma das alternativas mais indicadas. É especialmente pelas oportunidades de se manifestar nas aulas, seja em discussões, seja a partir de diferentes atividades propostas pelo professor, que o professor pode investigar quais conhecimentos os alunos já trazem para a escola e quais os limites destes conhecimentos, para a partir disto construir sua mediação.

O diálogo engaja o pensamento, permite trocas mútuas, contribui para uma formação horizontal, respeitosa e ética, ao utilizá-lo o professor proporciona um ambiente colaborativo, descentraliza saberes, fomenta trocas de experiências. Nesta dialética, juntos professor e alunos tecem seus saberes. A arte do diálogo, como forma de compreensão e desvelamento do ser em suas diversas manifestações, movido pela “necessidade que os alunos têm de agir, o prazer que sentem em tentar e em experimentar, o seu gosto por exprimirem a sua opinião e discutirem com os outros” (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998, p. 45), simboliza acolhimento, não somente das falas, mas das formas de pensamento, das subjetividades. Ademais, os diálogos constituem uma fonte de entendimento acerca das representações dos alunos, uma possibilidade de identificação dos obstáculos epistemológicos.

Em suma, sob enfoque construtivista o espaço escolar é visto como um ambiente vívido, que solicita a participação ativa dos educandos, universo de desenvolvimento, descobertas, exploração do mundo, desconstruções e retificações.

⁵⁵ Muitas destas habilidades são compatíveis com as propostas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Aspectos fundamentais a ponderar que a autonomia da criança é forjada a partir das possibilidades concedidas no ambiente educativo, assim “o clima da sala de aula conta muito, dado que o aluno tem de estar resguardado por uma confiança e um respeito suficientes para se arriscar e pronunciar suas ideias sem reticências” (ASTOLFI; PETERFALVI; VÉRIN, 1998, p. 102). Em uma pedagogia científica o aluno é convidado a interagir, se expressar, partilhar suas ideias e hipóteses com os demais colegas da turma, explicitando os caminhos que o levaram a construir tal concepção:

Esta é a meta do professor; não ensinar uma resposta certa, mas levar as crianças a perceber a situação a partir de perspectivas múltiplas. Portanto, é importante nessas discussões que o professor pergunte às crianças porque elas acreditam no que acreditam (FOSNOT, 1998, p. 133).

O professor que deseja construir uma abordagem construtivista compreende a natureza dinâmica do conhecimento, concede lugar as falas e formas de expressão, pergunta muito mais do que responde; orienta e pratica a mediação; reconhece a importância dos diálogos e trocas de experiências; estimula a autonomia, a criatividade e a colaboração entre os estudantes, reconhece o papel dos erros na construção das aprendizagens e, sobretudo, encoraja construções, desconstruções e retificações contínuas.

O construtivismo representa uma possibilidade, sabemos que nenhuma teoria consegue dar conta de todas as demandas, em todas haverão pontos fortes e fracos, potencialidades e limitações, isto posto, o professor precisa ter clareza das teorias e métodos, atuando de maneira consciente e reflexiva. Por fim, gostaríamos de destacar um aspecto importante a ter em conta nos processos de ensino-aprendizagem, não somente de ciências, mas de toda e qualquer prática educativa:

Aprender não é apenas aumentar o “estoque” de conhecimento, é também - e talvez principalmente - transformar as formas de conceber o mundo. Sabemos bem que nossos momentos de descoberta são muitas vezes aqueles que nos permitem ver as coisas de maneira diferente, sem ter que saber “mais” (ASTOLFI, 1999, p.65, tradução nossa)⁵⁶.

⁵⁶ Texto original: “Aprender no es sólo aumentar el “stock” de saberes, es también -y puede que primordialmente- transformar las formas de concebir el mundo. Sabemos bien, que nuestros momentos de descubrimiento son a menudo aquéllos que nos permiten ver las cosas de otro modo, sin tener que saber “más” (ASTOLFI, 1999, p. 65).

Por vezes a resignificação do olhar representa um aspecto muito mais expressivo a construção das aprendizagens, o momento em que a criança para, repensa, refaz os caminhos e percebe a lógica por trás de determinada operação, isto é, a capacidade de observar os fenômenos sob uma nova perspectiva corresponde a uma habilidade fundamental, como mostra a história da ciência. Nesta perspectiva, segundo Piaget (1974, p. 353) “O ideal da educação não é aprender ao máximo, maximizar os resultados, mas é antes de tudo aprender a aprender; é aprender a se desenvolver e aprender a continuar a se desenvolver depois da escola”.

A escola é transitória na vida de cada pessoa, no entanto, os saberes construídos durante esta caminhada, permanecem e reverberam durante toda a existência do ser, assim, é preciso pensar a longo prazo, e refletir de que forma contribuimos para um processo formativo que possa ser aplicado a vida, que não fique estagnado, ou sua utilização seja restrita as avaliações e exercícios escolares, mas que apresente um caráter dinâmico, no sentido de uma vida em efetuação e inacabamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões propostas nesta pesquisa buscam repensar o papel dos erros na ciência e no ensino de ciências subsidiado por aportes investigativos e reflexões epistemológicas. O objetivo central do estudo visa compreender a ideia de “erro” no processo de ensino-aprendizagem, a partir do reconhecimento dos obstáculos epistemológicos e da tipologia de erros, o que requer tratamentos tanto teóricos quanto didáticos.

O erro representa um elemento constitutivo da vida, da natureza humana, representa possibilidade de atualização e efetuação, desempenha um papel central na construção de conhecimentos, mola propulsora que insere o sujeito na ação e permite atos criativos. Os erros correspondem a marca de uma atividade intelectual e sinalizam o status cognitivo do aluno, tentativa de assimilação que evita a reprodução estereotipada e a inércia do pensamento. Dessa maneira, ao reconhecer a relevância dos erros, sobretudo na educação científica, o problema de pesquisa interroga: o processo de ensino-aprendizagem deparando-se com o “erro” como um indicador e analisador dos processos intelectuais, pode promover a superação dos obstáculos epistemológicos para que atuem como fonte de novos conhecimentos e retificações nas aulas de ensino de ciências?

O estudo buscou responder a este problema mediante subsídios teóricos, a partir de fundamentos epistemológicos, psicológicos e didáticos, campos que compõem a triangulação da pesquisa, além de ancorar as discussões em aportes históricos com intuito de evitar anacronismos. A investigação foi referenciada principalmente na epistemologia histórica de Gaston Bachelard (1978a, 1978b, 1996, 2006), epistemologia genética de Jean Piaget (1970, 1975a, 1975b, 1976, 1999, 2013) e na epistemologia-didática de Jean Pierre Astolfi (1994, 1997a, 1997b, 1998, 1999, 2012).

No primeiro capítulo, mediante o aporte histórico e investigativo foi possível notar o papel central dos erros na construção dos conhecimentos científicos em episódios importantes entre os séculos XVI e XX. Na contemporaneidade, identificamos o movimento de alguns periódicos internacionais em defesa do compartilhamento de pesquisas cujos resultados são provenientes de erros, por entender que os mesmos contribuem ao progresso da ciência. Ademais, os resultados

provenientes do estudo de estado da arte/conhecimento apontam a escassez de pesquisas voltadas a reflexões epistemológicas e ao erro, razão que justifica a relevância de proceder a investigação por meio de um novo enfoque, considerando a confluência entre os aspectos epistemológicos, psicológicos e didáticos.

O segundo capítulo, destinou-se as abordagens teóricas, as discussões levantadas pelos autores incitam uma visão dinâmica acerca das aprendizagens científicas ao reconhecer a necessidade de abertura e inconformismo intelectual. Cabe salientar que a perspectiva piagetiana compartilha do mesmo postulado, apenas emprega termos diferentes.

O enfoque da epistemologia histórica de Gaston Bachelard propicia compreender a ciência e o ensino como atividades dinâmicas subsidiadas por rupturas, erros, tentativas e retificações, elementos que possibilitam a dialética do pensamento. Contudo, é necessário superar os obstáculos epistemológicos que entravam este processo e psicanalisar a razão. Em Piaget os erros viabilizam a construção de inúmeras aprendizagens ao longo da vida, tentativa de assimilação do sujeito em busca de resolver problemas relacionados a sua compreensão, favorece novas equilíbrazões mediante o trinômio construir-desconstruir-retificar. Astolfi considera os erros uma forma de conhecimento provisória, de natureza plural e abrangente ao representar uma diversidade de caminhos e construções cognitivas que colocam em evidência as representações dos alunos. O autor estabelece a tipologia de erros e ressalta seus benefícios para fins didáticos.

No terceiro capítulo, fundamentamos uma visão para além dos aspectos cognitivos, mediante a perspectiva do sujeito integral em sua conjugação corpórea, afetos, bem como analisamos a relação destes aspectos com os encontros no ambiente escolar, isto é, encontro entre os corpos e encontro com os erros; uma interação que reverbera diretamente na potência de pensar e agir do ser, a partir de seu aumento ou diminuição, em seu estado ativo ou passivo, subsidiado pela liberdade ou servidão.

No capítulo final, destacamos as potencialidades e especificidades do ensino de ciências nos anos iniciais e apresentamos o construtivismo como possibilidade de aplicação. A perspectiva construtivista entende que o desenvolvimento infantil comporta construções, desconstruções e retificações, por esta razão concebe a atividade de ensino em sua natureza processual e inacabada. Logo, os erros são entendidos como parte dos processos, fonte potencial de novos saberes. No ensino

de ciências o construtivismo se manifesta contra as formas exclusivamente rígidas de ensino que desperdiçam o potencial científico, sua prática requer uma nova configuração do ambiente educativo, especialmente, ao considerar a relação com o saber e com os alunos, uma relação ativa e colaborativa.

Em suma, os autores corroboram para a construção de um novo olhar, ressaltam a positividade dos erros no processo de ensino-aprendizagem e sugerem uma prática educativa que considere suas potencialidades. Neste sentido, o aporte da epistemologia-didática representa uma possibilidade fecunda à formação docente, pois, propicia o embasamento teórico-prático à compreensão e interpretação dos processos de ensino-aprendizagem fornecendo contributos de diferentes campos de conhecimento que permitem uma visão abrangente e apurada; qualifica os professores para lidar com os desafios e obstáculos que se colocam a construção das aprendizagens científicas.

Assim, eis o desafio de pensar os erros e os obstáculos epistemológicos no processo formativo docente e fundamentar uma prática pedagógica subsidiada pela compreensão didático-epistêmica, seja a nível de formação inicial ou continuada, a ponderar que o erro perpassa o desenvolvimento humano, portanto, está presente em todos os níveis de ensino, desde a Educação Básica ao Ensino Superior, em diversos campos do conhecimento, não se restringe exclusivamente ao ensino de ciências. Construir um olhar mais sensível e atento frente aos erros permite ir além do evidente e reconhecer os limites e possibilidades das aprendizagens e do trabalho docente, oportuniza ressignificar o ato de ensinar e aprender.

No ensino de ciências temos o desafio de compreendê-los e utilizá-los a favor do processo de ensino-aprendizagem, perspectiva que não busca recusar os processos, tentativas, desequilíbrios, conflitos e obstáculos, isto é, salientamos a potencialidade de fomentar uma atividade de ensino subsidiada pelo qualitativo, sobretudo, capaz de corresponder as necessidades do aluno; para isso é importante que o professor compreenda os estágios do desenvolvimento da criança, reconheça o erro como um elemento epistemológico e forneça o tratamento epistêmico adequado.

O estudo buscou fornecer subsídios conceituais que contribuam a ressignificação dos erros nos processos de ensino-aprendizagem de ciências, perspectiva que requer rupturas e retificações tanto do professor, quanto dos alunos. A temática ainda escassa na literatura científica demonstra o quanto é urgente e

profícuo repensar os erros no processo de ensino-aprendizagem a partir de abordagens teórico-metodológicas que possam elucidar todo seu potencial didático-epistêmico. Nesta acepção, este estudo pretende contribuir para a ampliação do campo, além de incitar novas pesquisas que possam aprofundar a temática, responder lacunas e dialogar com os erros em diferentes áreas de conhecimento e níveis de ensino.

REFERÊNCIAS

ABCPNL, Desenvolvimento humano. **Cérebro, melhor forma de aprender**. Fortaleza: Ceará, 19, set, 2017. Disponível em: <<https://abcpnl.com.br/cerebro-melhor-forma-de-aprender/>>. Acesso em 01, maio, 2021.

ABIB, J. A. D. O sujeito na epistemologia genética. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 8, n. 2, p. 61-69, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141373722003000200007>. Acesso em 02, maio, 2021.

AEBLI, H. **Didática Psicológica: Aplicação à didática da psicologia de Jean Piaget**. Trad. João Teodoro d'Olim Marote. São Paulo: Nacional, EDUSP, 1971. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/193219>>. Acesso em 02, maio, 2021.

ASTOLFI, J. P. El Trabajo Didáctico de los Obstáculos, en el Corazón de los Aprendizajes Científicos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.12, n.2, p.206-216, 1994. Disponível em: <<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21359>>. Acesso em 10, mar. 2021.

ASTOLFI, J. P. *et al.* **As palavras-chave da Didática das Ciências**. Trad. Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1997a.

ASTOLFI, J. P. *et al.* **Práticas de Formação em Didática das Ciências**. Trad. Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1997b.

ASTOLFI, J.P.; PETERFALVI, B.; VÉRIN. A. **Como as crianças aprendem as ciências**. Trad. Maria José Figueiredo. Coleção Horizontes Pedagógicos. Instituto Piaget: 1998.

ASTOLFI, J.P. **El “error”, un medio para enseñar**. Sevilla: Díada Editora, 1999.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Trad. Magda Sento Sé Fonseca. 16. ed. Campinas: Papirus, 2012.

BACHELARD, G. **O Engajamento Racionalista** (L'Engagement Rationaliste), Paris: PUF, 1972.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Coleção Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978a.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Coleção Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978b.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Trad. Estela do Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **Ensaio Sobre o Conhecimento Aproximado**. Trad. Estela do Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

BACHELARD, G. **A epistemologia**. Trad. Fátima Lourenço Godinho e Mário Carmino Oliveira. Lisboa: Edições 70, 2006.

BANKS-LEITE, L. O autor e os educadores do século XXI - Jean Piaget. *In: Revista Educação - Jean Piaget*. Publicação especial. Editora Segmento, p. 58-65, 2010. (Coleção História da Pedagogia, n. 1). Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4082204/mod_resource/content/1/O%20autor%20e%20os%20educadores%20do%20seculo%20XXI.pdf>. Acesso em: 27, abr. 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BECKER, F. Inteligência e aprendizagem - Jean Piaget: Principais Teses. *In: Revista Educação - Jean Piaget*. Publicação especial. Editora Segmento, p. 22-35, 2010. (Coleção História da Pedagogia, n. 1). Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4071526/mod_resource/content/1/Intelig%C3%Aancia%20e%20aprendizagem.pdf>. Acesso em: 29, abr. 2021.

BORGES, R. M. R.; MORAES, R. **Educação em Ciências nas Séries Iniciais**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

BRANDÃO, R. E. A Estrutura da sensação na cognição sensível em Santo Agostinho. **Revista Ética e Filosofia Política**, v. 1, n. 18, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/eticaefilosofia/article/view/17662>>. Acesso em: 21 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2021.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Catálogo de Teses e Dissertações**, Dados das Teses e Dissertações da Pós-Graduação 2015 a 2019. Disponível em: <<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

BURLAMQUI, A. K. P.; AGUIAR, J. V. S. de.; BATISTA, L. N. **O “erro” na aprendizagem: um indicador de obstáculo na cognição**. Anais VI CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/61802>>. Acesso em: 25 maio 2021.

BURLAMAQUI, A. K. P.; AGUIAR, J. V. S. de. O "erro": uma ferramenta para o ensino e aprendizagem. **Revista Valore**, v. 6, p. 141-157, jul. 2021. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/796>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

BURLAMQUI, A. K. P.; AGUIAR, J. V. S. de. **O "erro": uma ferramenta para o ensino e aprendizagem**. III Simpósio de Pesquisa em Educação para a Ciência (SiPEC), 2021. 1 vídeo (9 min 30 s). Publicado pelo canal CIENCIAR – UEM Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-0UdsBwPxJw>>. Acesso em: 25 maio 2021.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Educação em ciências as orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico**. Ciência & Educação, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CACHAPUZ, *et al.* **A necessária renovação do ensino de das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CANGUILHEM, G. **Estudos de história e de filosofia das ciências; concernentes aos vivos e à vida**. Trad. Abner Chiquieri. Rio de Janeiro: Forense, 2012.

CARVALHO, J. S. F. As noções do erro e fracasso no contexto escolar: algumas considerações preliminares. In: Aquino, J. G. (org.). **Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas**. 5 ed. São Paulo: Summus, p. 11-24, 1997.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

CASTRO, A. D. **A Trajetória Histórica da Didática**. Série Ideias, n. 11. São Paulo: FDE, 1991. p. 15-25. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_11_p015-025_c.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação**. 1. ed. Ijuí: Unijuí, 2000.

COLLINS, T. M.; GITELMAN, L.; JANKUNIS, G. **Thomas Edison and Modern America**. Boston: Palgrave Macmillan, 2002.

COLINVAUX, D. Pensador rigoroso, homem afável - Jean Piaget. Biografia intelectual. In: **Revista Educação - Jean Piaget**. Publicação especial. Editora Segmento, p. 6-21, 2010. (Coleção História da Pedagogia, n. 1). Disponível em:

<https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4081869/mod_resource/content/1/Biografia%20de%20Piaget.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

CURY, H. N. **Análise de erros: o que podemos aprender com as repostas dos alunos**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

DELEUZE, G. **Espinosa - Filosofia prática**. Trad. Daniel Lins e Fabien Pascal Lins. São Paulo: Escuta, 2002.

DELEUZE, G. **Cursos sobre Spinoza** (Vincennes, 1978-1981) Trad. Emanuel Angelo da Rocha Fragoso, Francisca Evilene Barbosa de Castro, Hélio Rebello Cardoso Júnior e Jefferson Alves de Aquino. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2019.

DEMO, P. **Avaliação qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Ed. Cortez, 2001.

DESCARTES, R., **Meditações**, São Paulo: Abril Cultural, 1973.

FARA, P. **Uma breve história da ciência**. São Paulo: Ed. Fundamento, 2014.

FARIA, R. C. B. **Experimentação remota como suporte no ensino e aprendizagem de Ciências e Biologia**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Física Gleb Wataghin/PECIM, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

FOUCAULT, M. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

FOSNOT, C. T. **Construtivismo: teoria, perspectivas e prática**. Tradução Sandra Costa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

FURMAN, M. **O Ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico**. São Paulo: Sangari Brasil, 2009. Disponível em <<http://mecsrv137.mec.gov.br/download/texto/is000002.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2021.

GRIBBIN, J. **História da ciência: de 1543 ao presente**. Trad. Maria Emília Novo. Publicações Europa-América, Portugal, 2005.

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**. v. 36, n. 15, 2014, p. 2534-2553. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2014.899722>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

HOFFMANN, J.M.L. **Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade**. 20 ed. Porto Alegre: Mediação, 2003.

JOURNAL OF NEGATIVE RESULTS, 2021. Disponível em: <<http://www.jnr-eeb.org/index.php/jnr>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

JOURNAL OF TRIAL AND ERROR, 2021. Disponível em: <<https://www.jtrialerror.com/>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva S. A., 1978.

LA TAILLE, Y. O erro na perspectiva piagetiana. In: AQUINO, J. G. (org.). **Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas**. 5 ed. São Paulo: Summus, p. 25-44, 1997.

LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2000.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte - MG, v. 3, n. 1, p. 1-17, jan. 2001.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

MATTHEWS, M. R. **Enseñanza de la ciência: um enfoque desde la historia y la filosofia de la ciência**. Fondo de Cultura Economica, 2017.

MAZIOLI, A. B.; GATT, P. Entre a salvação e a perdição: reflexões sobre o vínculo entre corpo, instrumento de pecado, e alma nos discursos da Antiguidade e na iconografia Medieval. **Revista Cantareira**, n. 34, 25 jan. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/cantareira/article/view/43230>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da Percepção**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

MERÇON, J. **Aprendizado ético-afetivo: uma leitura spinozana da educação**. Campinas: Editora Alínea, 2009.

MORAES, R. *et al.* **Construtivismo e ensino de ciências: Reflexões epistemológicas e metodológicas**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUC, 2003.

MORAES, C. J. C. **A apropriação da teoria de Jean Piaget no Ensino de Ciências**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação,

Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

MOREIRA, I. C. O eclipse solar de 1919, Einstein e a mídia brasileira. **Ciência e Cultura**. 2019, vol.71, n.3, p.32-38. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252019000300010>. Acesso em: 15 set. 2021.

MOSER, J. S *et al.* Mind Your Errors Evidence for a Neural Mechanism Linking Growth Mind-Set to Adaptive Posterror Adjustments. **Psychological Science**, 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22042726/>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

MULINE, L. S. **O Ensino de Ciências no contexto dos anos iniciais da escola fundamental: a formação docente e as práticas pedagógicas**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) Instituto Oswaldo Cruz, Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, Rio de Janeiro, 2018.

MUNARI, A. **Jean Piaget** (Coleção Educadores). Trad. e Org. Daniele Saheb. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

NÓBREGA, T. P. **Corporeidades: Inspirações merleau-pontianas**. Natal: IFRN, 2016.

NOVIKOFF, C.; CAVALCANTI, M. A. P. Pensar a potência dos afetos na e para a educação. **Conjectura: Filosofia e Educação**. Caxias do Sul, v. 20, n. 3, 2015. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/3442>>. Acesso em: 23, nov. 2021.

OLIVEIRA, A. P. F. M. **Ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental: o que dizem os professores**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Campus Universitário de Bauru, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Bauru, 2015.

OPEN SCIENCE JOURNAL, 2021. Disponível em: <<https://osjournal.org/index.html>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

PEREIRA, J. R. **A Física nos Anos Iniciais: Obstáculos Verbais em Livros Didáticos em uma perspectiva Bachelardiana**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

PERISSÉ, G. A errologia é infalível. **Revista Educação**. 31 de maio de 2012. Disponível em: <<https://revistaeducacao.com.br/2012/05/31/a-errologia-e-infalivel/>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

PERSICHETO, A. J. O. **A construção coletiva de aulas para o ensino de Ciências: uma proposta de Formação Continuada com professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Trad. Alvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

PIAGET, J. **Problemas de psicologia genética**. Coleção Os Pensadores. Trad. Célia E. A. Di Piero. São Paulo: Abril Cultural, 1974.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975a.

PIAGET, J. **Sabedoria e ilusões da filosofia**. Abril S.A. Cultural e Industrial, São Paulo, 1975b.

PIAGET, J. **Para Onde Vai a Educação?** Trad. Ivette Braga. 4. Ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1976.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia** Trad. Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

PIAGET, J. **A psicologia da inteligência**. Trad. Guilherme João de Freitas Teixeira. Petrópolis: Vozes, 2013.

PINTO, N. B. **O erro como estratégia didática: Estudo do erro no ensino da Matemática elementar**. SP: Papirus, 2000.

PIRES, E. A. C. **A formação inicial do professor dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental para o Ensino de Ciências**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Educação, Comunicação e Artes/CECA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, 2017.

PLATÃO. **A República**. Trad. Maria Helena da Rocha Pereira. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 51 ed. 1987.

PLOS ONE, 2021. Disponível em: <<https://plos.org/>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

PONTES, J. C. **Identificação e caracterização do perfil de erros e dificuldades de aprendizagem nas questões de estatística e probabilidade das provas de matemática do ENEM nos anos de 2013 a 2016 dos aprovados na primeira chamada do SISU para ingressar na UFRN**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal Rio Grande do Norte, 2019.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária**. São Paulo: EDUSP, 1975.

PORTOCARRERO, V. **As ciências da vida: de Canguilhem a Foucault**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2009.

RABENORT, W. L. **Spinoza como Educador**. Trad. Fernando Bonadia de Oliveira; (Org.) Emanuel Angelo da Rocha Fragoso; Francisca Juliana Barros Sousa Lima. 1. ed. Fortaleza: EdUECE, 2016. Disponível em: <http://www.uece.br/eduece/dmdocuments/Spinoza%20como%20Educador.pdf>. Acesso em: 25, nov. 2021.

RAMACCIOTTI, B. L. Como filosofar com a *plura simul* de corpo e mente? In: FRAGOSO, E. A. R.; LIMA, F. J. B. (org.). **Olhares ético e político sobre a filosofia de Benedictus de Spinoza**. Fortaleza, Ce: EdUECE, 2016, p. 297-319. Disponível em: <https://portal-archipelagus.azurewebsites.net/farol/eduece/ebook/olhares-etico-e-politico-sobre-a-filosofia-de-benedictus-de-spinoza/420994/>. Acesso em: 03, abr. 2021.

ROBINSON, T. M. As características definidoras do dualismo alma-corpo nos escritos de Platão. **Letras Clássicas**, n. 2, p. 335-356, 1998. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/letrasclassicas/article/view/73743>. Acesso em: 19 nov. 2021.

ROBINSON, H., "Dualism", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edição revisada. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2020. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2020/entries/dualism/>. Acesso em: 6 nov. 2021.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. **As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte”**. Diálogos Educacionais, v. 6, n. 6, p. 37–50, 2006.

ROXO, L. C. **Fenomenologia e educação: uma crítica à redução da pedagogia à metodologia**. PERI- Revista de Filosofia, Florianópolis, Santa Catarina, v. 02, n. 02, 2010, p. 106-118.

SANTOS, C. S. **Um estudo sobre os erros ortográficos de alunos do Ensino Médio do bIFSUL – Campus Pelotas Visconde da Graça – (CAVG), à luz do Modelo de Redescrição Representacional (MRR) de Karmiloff-Smith (1986,1994)**. 2015. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação (FaE/UFPEL), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SANTOS, L. G. **Obstáculos epistemológicos presentes nos livros didáticos de Biologia do PNLD 2015: Um estudo sobre transporte celular**. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2018.

SCHRODER, H. S, *et al.* **Neural evidence for enhanced attention to mistakes among school-aged children with a growth mindset**. Dev. Cogn. Neurosci. Epub,

2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878929316302183>> Acesso em: 30 abr. 2021.

SCIENTIFIC REPORTS, 2021. Disponível em <<https://www.nature.com/srep/>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

SHIELDS, C., Aristotle's Psychology. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edição revisada. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2020. Disponível em <<https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/aristotle-psicologia/>>. Acesso em: 04 nov. 2021.

SOARES, L. M. A. **A experimentação no ensino de Química do 9º ano: uma relação entre a teoria e o experimento**. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2016.

SPINOZA, B. **Ética**. Trad. Tomaz Tadeu da Silva. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2009.

THE ALL RESULTS JOURNALS, 2015. Disponível em <<http://arjournals.com/>>. Acesso em: 28, jan. 2021.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. (org.) **Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. 2.ed. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2005. Disponível em <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000142260>>. Acesso em: 11 set. 2021.

VICENTINI, T. V. M. F. **Estudo das abordagens do conhecimento, das representações mentais e dos obstáculos epistemológicos em livros didáticos de Química**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Escola de Ciências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

VOSGERAU, D. S. R.; ROMANOWSKI, J. P. **Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas**, Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, jan./abr. 2014.