



INVESTIGANDO A SIGNIFICAÇÃO DE PROBLEMAS EM SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVA

Investigating the significance of problems in Inquiry-based Sequence Teaching

Ana Paula Solino [ana.solino@gmail.com]

Universidade Federal de Alagoas, campus do Sertão
Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849, Cidade Universitária, Delmiro Gouveia-AL, Brasil.

Lúcia Helena Sasseron [sasseron@usp.br]

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo
Av. da Universidade, 308 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-040

Resumo

Pesquisadores da área de ensino de ciências têm defendido o uso de problemas em atividades didático-pedagógicas como um elemento importante para a formação do pensamento científico dos estudantes, porém, poucos têm procurado estudar especificamente o processo de significação de problemas. Sendo assim, com o intuito de investigar teoricamente a significação de problemas em propostas que envolvem o Ensino por Investigação, buscou-se algumas contribuições da perspectiva histórico-cultural, sobretudo os estudos de Vygotsky, para analisar a natureza do problema, seu papel e função na estruturação e implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEI) e suas relações com os elementos significadores vygotksyanos. Observou-se que a noção de problema se encontra situada na perspectiva da Alfabetização Científica e, que, no contexto da SEI, esses problemas se apresentam de duas formas distintas, porém complementares: *problemas didáticos* e *novos problemas*. Identificou-se que os problemas didáticos assumem funções diferentes na estruturação e no desenvolvimento de uma SEI e que as problematizações realizadas em torno do mesmo propiciam o surgimento de novos problemas mediadores. Argumenta-se a favor de que esses novos problemas podem potencializar o processo de significação em aulas investigativas, a partir das suas relações com os *elementos significadores* de Vygotsky, tornando-se Potenciais Problemas Significadores.

Palavras-Chave: Significação; Problema; Ensino por Investigação; Vygotsky.

Abstract

Science Education researchers have proposed the use of problems in instructional activities as an important element for establishment of students' scientific thinking, but just a few researchers have sought to study specifically the process of meaning problems. Thus, to investigate theoretically the significance of problems inquiry-based teaching, we sought some contributions from the historical-cultural perspective, especially Vygotsky's studies, to analyze the nature of the problem, its role and function in Inquiry-based Sequence Teaching (IBST) and their relations with Vygotskian ideas. We proposed that the notion of problem in a perspective of Scientific Literacy consider relations among scientific concepts, scientific practices and mutual influences among science, technology and society. In the context of IBST, these problems appear in two distinct but complementary ways: didactic problems and new problems. It was identified that the didactic problems assume different functions during planning and carrying out and IBST and that the act to propose problems around the same phenomena prompt the emergence of new mediating problems. We argued that these new problems can found the process of signification in inquiry based lessons, because of their relations with the Vygotsky's signifying elements, becoming Potential Significant Problems.

Keywords: Significance; Problem; Inquiry-based teaching; Vygotsky.

INTRODUÇÃO

Boa parte dos pesquisadores da área de ensino de ciências tem defendido o uso de problemas em atividades didático-pedagógicas como um elemento importante para a formação do pensamento científico dos estudantes (Gil *et al.*, 1992; Mortimer & Scott, 2002; Vasconcellos *et al.*, 2007; Oliveira, 2010). Nesse contexto, alguns estudiosos têm chamado a atenção para a necessidade de trabalhar tais atividades por meio de propostas didáticas que envolvam práticas de investigação, a exemplo da Abordagem Didática de Ensino por Investigação. Com o intuito de promover a Alfabetização Científica dos estudantes, essa abordagem de ensino visa superar o modelo de educação propedêutica, baseada na transmissão de conteúdos isolados e desconexos do seu processo de produção e possibilitar a inserção dos estudantes na cultura científica, a partir da apropriação e manejo das práticas utilizadas pela ciência, tais como: pensar logicamente, observar, coletar e analisar dados, refletir e argumentar, comunicar ideias e avaliá-las, entre outras. No Brasil, essa abordagem tem ganhado força há pelos menos 20 anos e variadas compreensões sobre o termo *problema* têm surgido no ensino aliada a ideias que desenvolvam no aluno um espírito crítico de investigação.

Cabe ressaltar que no contexto de tarefas que envolvem o enfrentamento de problemas com base em práticas sociais de investigação (como levantamento e teste de hipóteses, manipulação ou não de materiais e discussão argumentativa dos resultados, avaliação de ideias, etc), poucos são os pesquisadores que têm procurado estudar especificamente o processo de significação desses problemas em sala de aula, buscando compreender a sua natureza, sobretudo seu papel e função na estruturação e implementação de atividades investigativas de ciências. Alguns trabalhos baseados no Ensino por Investigação, em especial aqueles realizados no contexto do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF-USP), têm iniciado discussões sinalizando a importância de abordar problemas para a construção de significados em sala de aula (Azevedo, 2004; Capecchi, 2013; Raboni, 2013; Machado & Sasseron, 2012). Capecchi (2013), por exemplo, salienta que durante a resolução de uma situação-problema é necessário que os sujeitos percorram um processo de construção de significados, desde a apresentação do problema inicial até a identificação de questões científicas e ferramentas necessárias para sua solução. Para Machado e Sasseron (2012), as perguntas colocadas pelo professor no curso investigativo permitem que os alunos criem significados a partir de um problema. Os autores apontam a necessidade de os alunos reconhecerem o problema proposto, tomando-o para si, de modo a se engajarem na sua resolução. Quanto a esse aspecto, Raboni (2013) constatou que ao enfrentar os problemas, as crianças buscavam dar sentido aos acontecimentos do fenômeno investigado. Compreende-se que essas e outras discussões que envolvem o processo de significação de problemas em aulas investigativas precisam ser ampliadas, uma vez que o problema no Ensino por Investigação, segundo Carvalho *et al.* (1998), é a mola propulsora das ações, é ele que motiva e gera o engajamento dos alunos na atividade.

Sendo assim, com o intuito de investigar o processo de significação de problemas em propostas que envolvem o Ensino por Investigação, buscou-se algumas contribuições da perspectiva histórico-cultural, sobretudo os estudos de Vygotsky, para orientar a análise do nosso objeto de estudo, o *problema*. É sabido que Vygotsky se dedicou durante muitos anos às investigações sobre os aspectos que envolvem a formação de conceitos na criança, especialmente aqueles que dizem respeito aos processos de significação. Sendo assim, o objetivo desse presente artigo é investigar¹, teoricamente, como que ocorre a significação de problemas no Ensino por Investigação à luz de algumas discussões vygotskianas. Para isso, fez-se necessário, analisar a natureza desses problemas, incluindo seu papel e função na estruturação e implementação de atividades presentes em Sequências de Ensino Investigativa e suas relações com os elementos significadores de Vygotsky.

Situando a noção de problema no Ensino por Investigação

Diferentes estudos que defendem o Ensino por Investigação têm apresentado, de alguma forma, ideias que ajudam a refletir sobre a noção de problema. O trabalho de Borges (2002), por exemplo, aborda o papel das atividades práticas, de laboratório experimental, e compreende o problema na perspectiva investigativa como aquele aberto, em que não há uma solução imediata obtida por meio de fórmulas ou algoritmos, o que indica aproximação com as ideias de Gil *et al.* (1992) quanto à defesa do uso de problemas

¹ Para discutir teoricamente o processo de significação de problemas no Ensino por Investigação, optamos em utilizar como base referencial os trabalhos que têm sido desenvolvido pelo grupo de pesquisa LaPEF-USP. Deste modo, o critério de seleção dos textos para realizar tal estudo foi propositadamente definido com base nos trabalhos do grupo mencionado anteriormente, pois entendemos que o Ensino por Investigação é uma abordagem polissêmica utilizada por diferentes pesquisadores da área de ensino de ciências, cuja compreensões podem se diferenciar a depender das opções teóricas adotadas. Isso também justifica o porquê decidimos analisar o processo de significação do problema em Sequências de Ensino Investigativa.

abertos. Para Borges (2002), o problema é uma situação perturbadora ou incompleta, cuja resolução pode ser realizada a partir do conhecimento prévio do estudante, sem um direcionamento imposto por um roteiro ou por instruções do professor. Para este autor, a solução não necessariamente deve ser conhecida pelo professor e, para resolvê-lo, é preciso que os alunos criem idealizações e aproximações.

Munford e Lima (2007) questionam a ideia de que no Ensino por Investigação é preciso trabalhar apenas problemas experimentais, bem como problemas abertos, para os quais os alunos têm autonomia para escolher questões e determinar procedimentos para investigação.

Essas críticas também são sinalizadas por Sá, Lima e Aguiar (2011) que apresentam alguns consensos sobre a noção de problema entre grupo de tutores e coordenadores de um curso de pós graduação orientado pela abordagem investigativa, tais como: o problema está para além do caráter experimental proposto nas atividades de ensino; ele é uma situação que leva o sujeito a um questionamento, para o qual não há uma resposta direta, imediata; é um elemento importante porque conduz o sujeito a um processo de busca, por meio do qual se produz novos conhecimentos e é visto como uma situação que deve instigar e orientar o trabalho do aluno e do professor. Outra discussão recorrente nesse grupo de tutores e coordenadores foi a importância de atribuir protagonismo ao aluno, na relação com o professor, durante a proposição de um problema. Para eles, é necessário que o professor crie oportunidades em sala de aula para que os alunos assumam o problema como próprio, motivando-o a explorar e confrontar suas ideias com outras novas, duvidar, questionar e se engajar na busca de respostas. Além disso, acrescenta-se ao papel do professor a importância das narrativas durante a apresentação e a sistematização do problema a partir de novos conhecimentos.

Tal fato também apresenta consonância com o estudo de Barbosa-Lima e Carvalho (2002) ao afirmarem que o estudante deve assumir o problema para si. As autoras entendem o problema como uma situação dificultosa para a qual não há uma solução imediata e que exige do solucionador uma determinada mobilização intelectual, inclusive uma postura de investigação. Para assumir tal postura, as autoras afirmam que o aluno deve reconhecer o problema como seu, de modo a elaborar hipóteses, desenvolver estratégias na procura de respostas.

A possibilidade de o problema ser colocado pelo aluno para iniciar o processo investigativo é um aspecto ainda não consensual no contexto dessa abordagem didática. Zômpero e Laburú (2011) argumentam que a apresentação e formulação do problema pelo professor é mais viável nas escolas do nosso país, tendo em vista as condições do trabalho desenvolvido e o número de alunos em salas de aula. Para Carvalho (2006), os problemas a serem trabalhados no contexto escolar devem ser criados e apresentados pelo professor, sendo possível que a formulação dos mesmos pelos alunos, juntamente com a liberdade de investigá-lo sem direcionamento do professor, sejam mais viáveis no âmbito acadêmico, em cursos de mestrado e doutorado.

Aliada a essas discussões tecidas até aqui, Sasseron (2013) parece sinalizar a noção de problema numa dimensão ampla, envolvendo a formação dos estudantes numa perspectiva da Alfabetização Científica – objetivo, este, a ser alcançado no ensino de ciências, por meio de propostas que privilegiem a investigação em sala de aula. Tal aspecto fica evidente quando a autora afirma que oferecer condições para que os alunos tomem decisões conscientes sobre os problemas do mundo relacionados a conhecimentos científicos pode possibilitar o processo de Alfabetização Científica.

Diversos estudos focados no ensino por investigação, especialmente aqueles produzidos no contexto do LaPEF, têm defendido a ideia de que, por meio desta abordagem didática, pode haver o desenvolvimento da Alfabetização Científica dos alunos (Sasseron, 2008; Sasseron e Carvalho, 2008; 2011). Sasseron (2013, p. 45) propõe que *“alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos”*. Em outras palavras, estar alfabetizado cientificamente significa ser capaz de organizar o pensamento de maneira lógica, em direção a uma visão mais crítica da realidade que o cerca.

Embora haja diferentes denominações na literatura nacional e internacional em torno dos objetivos atuais de ensinar ciências, tais como Enculturação Científica, Letramento Científico e Alfabetização Científica, Sasseron e Carvalho (2011) revelam que há um certo consenso na área sobre a necessidade de formar sujeitos capazes de interagir e compreender temas e situações do dia a dia à luz dos conhecimentos científicos, sejam eles conceitos ou aspectos inerentes à atividade científica. Além disso, Sasseron (2015) revela que o objetivo atrelado ao termo Alfabetização Científica não deve ser algo que se esgota no tempo, mas um processo contínuo, que se constrói e reconstrói à medida que os conhecimentos dos alunos vão sendo ampliados durante o processo de escolarização. É por esta razão que Sasseron (2008) defende que a

Alfabetização Científica deve ser objetivo permanente a ser alcançado na educação em ciências, principalmente para levar os alunos ao conhecimento de novas formas de entender o mundo e a si próprio. Nas palavras da autora, um ensino pautado nesse objetivo deve levar os estudantes a:

“[...] interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico”. (Sasseron, 2008, p. 12).

Introduzir os alunos nessa “nova” cultura significa colocá-los em situação de aprendizagem que exija não somente a apropriação de conhecimentos científicos, mas a elaboração de análises e sínteses, a partir de processos investigativos inerentes à prática científica de investigar um problema, de levantar e testar hipóteses, de coletar e analisar dados, de argumentar criticamente, formulando ideias e novas questões. Para a autora, preparar os alunos para tomarem decisões conscientes “*não é um processo simples, meramente ligado à expressão de opinião: envolve análise crítica de uma situação, o que pode resultar, pensando em Ciências, em um processo de investigação*” (Sasseron, 2013, p. 45).

Diante dessas discussões, observa-se que a noção de problema no Ensino por Investigação carrega consigo a perspectiva da Alfabetização Científica, e, portanto, os problemas a serem enfrentados e resolvidos pelos alunos em aulas de ciências devem ser organizados com base em propostas de ensino que favoreçam a investigação científica. Sendo assim, para colocar os estudantes em processo de Alfabetização Científica, Sasseron e Carvalho (2011) propõem considerar três eixos estruturantes nas propostas didático-pedagógicas pautadas na abordagem didática investigativa, os quais envolvem: i) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; ii) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos, políticos que circundam a sua prática; iii) a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Esses eixos da Alfabetização Científica, segundo as autoras, podem ser trabalhados em propostas de ensino em que os alunos são defrontados com problemas instigantes, nos quais a investigação seja condição necessária para resolvê-los. Esses problemas geralmente estão associados a fenômenos naturais que despertam a curiosidade dos alunos e aos conhecimentos a eles atrelados e relacionados às tecnologias, sociedade e ao meio ambiente (Sasseron & Carvalho, 2008; 2011).

Para organizar o ensino de modo a considerar os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica, Carvalho (2011) e Sasseron e Carvalho (2012) propuseram o desenvolvimento de atividades investigativas, com base em problemas a serem resolvidos e organizadas no formato de Sequências de Ensino Investigativas – SEI. De modo simples, podemos dizer que uma SEI é um conjunto encadeado de atividades (aulas) estruturadas com base em um tema de ciências e organizadas a partir de ciclos de atividades que envolvam problemas a serem resolvidos, atividades de sistematização de conhecimentos e atividades de contextualização do conhecimento no dia a dia do estudante (Carvalho, 2013). Esse ciclo de atividades no contexto da SEI deve apresentar relações entre os aspectos da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como entre os aspectos do fazer e pensar científico. Ao analisar os formatos das atividades presentes nas SEI, Solino (2017) observou que o problema abordado pode se apresentar sob duas formas distintas, porém complementares: *problemas didáticos e novos problemas*.

Tipos de problemas em Sequências de Ensino Investigativas

Problemas Didáticos (PD)

Os problemas didáticos presentes em uma SEI são elaborados previamente pelo professor com base em temas de ciências e servem como ponto de partida para iniciar o processo de ensino e de aprendizagem ou, em alguns casos, podem servir como ponto de chegada para o professor sistematizar ou analisar a aprendizagem dos alunos (Carvalho, 2013). O seu critério de seleção, portanto, é marcadamente conceitual (uma vez que são elaborados com base em temas de ciências), podendo agregar também critérios procedimentais (uma vez que são organizados conforme os procedimentos necessários e assegurados para sua solução) atrelado à finalidade educativa do professor (Solino & Gehlen, 2014). Deste modo, tanto os problemas quanto os conceitos estão subordinados a um tema específico de ciências. Exemplos de temas podem ser evidenciados no Livro Didático Investigar e Aprender Ciências – 4º ano do ensino fundamental, organizado por quatro tipos de SEI, quais sejam: “Os Caminhos das Águas”; “Como se forma a chuva?”; “Debaixo d’água” e “Navegação e Meio Ambiente” (Carvalho *et al.*, 2011).

A ideia de propor problemas de natureza conceitual no contexto da abordagem investigativa está vinculada a um dos objetivos presentes na Alfabetização Científica: inserir os alunos numa nova cultura que possibilite conhecer, compreender e utilizar conhecimentos e habilidades do fazer científico para resolver os

problemas que envolvam fenômenos naturais ou científicos imersos no seu dia a dia (Sasseron & Carvalho 2011; Capecchi, 2013). Cabe novamente ressaltar que a Alfabetização Científica, quando objetivada em propostas de ensino por investigação, não privilegia apenas a aprendizagem de conceitos, mas também a compreensão do conhecimento epistêmico, o qual envolve a natureza do raciocínio científico (levantar e testar hipóteses, analisar teoricamente as evidências, construir argumentos, sintetizar o conhecimento), bem como um conhecimento processual, o qual envolve habilidades do fazer científico (planejar ações, construir gráficos e tabelas, coletar dados) (Osborne, 2015).

Geralmente os problemas didáticos são expressos em forma de perguntas ou situações hipotéticas criadas pelo professor com o intuito de gerar nos alunos um estado psicológico de dificuldade ou “desequilíbrio intelectual”², e consequentemente uma motivação para buscar resolvê-lo (Carvalho, 2013). Esses problemas didáticos podem ser experimentais ou teóricos.

Carvalho (2013) explica que os problemas didáticos experimentais são aqueles que envolvem materiais didáticos (objetos físicos) a serem testados ou manipulados pelos estudantes ou pelo professor. Tais problemas podem assumir distintas naturezas, desde aqueles voltados para atividades de demonstração investigativa, cuja investigação é feita com base em uma demonstração experimental conduzida pelo professor até aquelas que perpassam aspectos do laboratório aberto, em que a investigação é feita com base em uma experimentação conduzida pelo aluno (Azevedo, 2004). É preciso esclarecer que não necessariamente todas as atividades presentes em uma SEI devam conter um problema experimental, mas é recomendado que no mínimo um problema desse tipo se faça presente (Carvalho, 2013), de forma a ampliar os conhecimentos dos alunos sobre os aspectos que envolvem a cultura científica, no que tange às práticas de experimentação.

Por outro lado, os problemas didáticos teóricos são aqueles propostos com base em análise de imagens, textos ou ideias. Esse problema pode iniciar uma sequência de ensino, mas, geralmente, é utilizado como atividade complementar visando a introduzir os alunos em outras linguagens da ciência, como leitura de gráfico ou tabela (Carvalho, 2013). Assim, diversas atividades cujo objetivo seja sistematizar aquilo que foi investigado pelos alunos costumam ser orientadas por problemas didáticos dessa natureza.

Os problemas didáticos experimentais ou teóricos podem apresentar graus de abertura no que se refere à sua estrutura. Eles podem ser totalmente abertos, do tipo em que há várias respostas possíveis para sua solução, conforme abordagem defendida por Gil *et al.* (1992) em que propõem “*eliminar os dados e precisões dos enunciados habituais e construir enunciados mais abertos capazes de gerar uma resolução de acordo com as características do trabalho científico*” (p.12). Para esses autores, transformar os problemas fechados de lápis e papel em problema aberto permite que os alunos tenham liberdade para definir juntos qual o interesse da situação problemática a ser investigada em sala de aula. Essa investigação requer análise qualitativa da situação, com emissão de hipóteses, com elaboração e explicação de possíveis estratégias de resolução e pode culminar na construção de argumentos sobre o que se faz. Além disso, esse grau de abertura do problema permite abordar a situação em níveis maiores de complexidades e exige a elaboração de uma memória que explique ao final todo o processo de resolução.

Em contrapartida, os problemas também podem ser fechados, do tipo que exista apenas uma única possível solução. Cabe ressaltar que, no contexto da abordagem investigativa, os problemas fechados devem ser analisados qualitativamente, permitindo a elaboração de hipóteses, o planejamento de estratégias de resolução e a construção de argumentos. É importante que fique claro que o grau de abertura do problema não deve ser confundido com o grau de abertura da investigação ou grau de liberdade intelectual dada aos alunos pelo professor durante a resolução do problema, embora estejam relacionados entre si. Entendemos que a classificação dos problemas em abertos e fechados têm a ver com a possibilidade de soluções e não com a forma em que estes são analisados e enfrentados na aula. Desta maneira, tanto os problemas didáticos abertos quanto os fechados podem ser trabalhados no contexto do ensino por investigação, desde que o aluno tenha liberdade intelectual para investigá-lo qualitativamente (Carvalho, 2006). Assim, entendemos que o grau de abertura do PD pode variar a depender do conteúdo e objetivo de ensino que o professor pretende alcançar, bem como da forma que o grau de liberdade está sendo distribuído pelo professor durante o percurso da investigação realizada pelos alunos.

² Fundamentada em Piaget, Carvalho (2013) explica que os problemas propostos em sala de aula propiciam um desequilíbrio intelectual nos alunos, o que os levam a um conflito cognitivo. É a partir dos problemas e da tomada de consciência das suas ações que os alunos tem condições de construir novos entendimentos.

Novos Problemas (NP)

Em um estudo recente, Capecchi (2013) mostrou que em aulas investigativas os problemas são construídos discursivamente ao longo da atividade e, por isso, não devem ser reduzidos apenas à sua formulação inicial. A autora explica que *“muitas vezes, um enunciado que se configura, do ponto de vista do professor, como situação-problema a ser investigada, não é compreendido como tal do ponto de vista dos estudantes”* (p. 24-25), isso porque a relação que inicialmente os alunos estabelecem com o problema apresentado está vinculada, em grande parte, ao senso comum ou a interpretações corriqueiras presentes no dia a dia, dificultando compreendê-lo sob o ponto de vista científico. Sendo assim, novos problemas podem surgir durante o processo investigativo, especialmente quando o professor busca introduzir os estudantes no universo científico.

Ensinar ciências em sala de aula requer ensinar uma nova forma de ver e interagir com o mundo, diferentemente daquela construída pelas experiências cotidianas (Carvalho, 2011; Capecchi, 2004; 2013; Sasseron, 2008). Deste modo, a introdução dos estudantes no universo científico se dá por meio das interações discursivas entre aluno e professor, cujo papel deste último, enquanto representante dessa cultura, é trazer novas questões científicas para serem investigadas junto ao problema inicialmente colocado na atividade, daí a ideia de que os problemas devem ser construídos em aulas investigativas, para que os aprendizes, à medida que os enfrentam, atribuam novos sentidos e significados diferentes dos conhecimentos cotidianos (Capecchi, 2013).

Cabe ressaltar que esses novos problemas emergentes durante o percurso da investigação não se igualam à estruturação de um PD, formalmente e previamente elaborado pelo professor para motivar os alunos a desenvolverem a conceituação científica. Os novos problemas emergem na trama das relações interpessoais estabelecidas entre professor-aluno e aluno-aluno, das quais tem como núcleo a contradição entre os diferentes sentidos atribuídos por eles.

Essa discussão sobre a construção de novos problemas em aulas investigativas encontra respaldo no epistemólogo Bachelard, o qual afirmou que os problemas não se apresentam por si mesmos, eles são construídos no percurso da investigação (Barbosa-Lima & Carvalho, 2002; Capecchi, 2013). Deste modo, a significação do PD na abordagem investigativa está atrelada à formulação de novos problemas, ou melhor, às problematizações que não são dadas a priori, mas construídas ao longo da aula de modo a ampliar o pensamento dos estudantes (Capecchi, 2013).

PAPEL E FUNÇÃO DOS PROBLEMAS DIDÁTICOS E DOS NOVOS PROBLEMAS: UMA ANÁLISE VYGOTSKYANA

Ao analisar o papel e função dos problemas abordados em SEI, parte-se do pressuposto de que há uma certa modificação na função exercida por eles. Entende-se que a função dos problemas didáticos pode sofrer alterações a depender da posição que ocupam na sequência de ensino e essa posição envolve tanto a análise da estruturação ou planejamento das SEI, quanto do desenvolvimento ou implementação da mesma em sala de aula. Antes de iniciar essa discussão, considera-se necessário retomar alguns dos principais fundamentos teórico-metodológicos que sustentam a SEI para que seja possível avançar na análise pedagógica dos problemas à luz da perspectiva vygotskyana.

Conforme mencionado anteriormente, as SEI sintetizam um conjunto de pesquisas sobre ensino de ciências desenvolvidos no LaPEF, ao longo de quase 20 anos, realizadas com crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental (Carvalho *et al.*, 1998; Sedano, 2005; Locatelli, 2006; Padilha, 2008; Sasseron, 2008; Raboni, 2013). Recentemente, a SEI também tem sido utilizada para estruturar atividades investigativas para o Ensino Médio, com ênfase em temáticas da Física Moderna (Barrelo Jr, 2010; Lopes, 2013) e temas que envolvem Calor e Temperatura (Carvalho, *et al.*, 2014). Os fundamentos teóricos que sustentam a base da elaboração da SEI são em grande parte derivados dos estudos de Piaget, Vygotsky e seus seguidores. Sobre isto, Carvalho (2013) menciona a influência desses dois teóricos no cotidiano escolar:

Muitos fatores e muitos campos do saber influenciaram a escola de uma maneira geral e o ensino em particular, entretanto, podemos citar, entre os trabalhos que mais afetaram o cotidiano das salas de aula de ciências, as investigações e teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam e os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotski e seus seguidores (Carvalho, 2013, p. 1).

Alguns dos importantes pressupostos desses teóricos foram incorporados na organização das SEI, como por exemplo: as contribuições piagetianas sobre a aprendizagem como processo ativo do aprendiz, a importância de considerar os conhecimentos prévios dos alunos e os erros no processo de elaboração do conhecimento, bem como a relevância de organizar atividades práticas ou manipulativas, de modo a valorizar as ações dos sujeitos. Além disso, a ideia de inserir problemas em atividades de ciências também foi uma das grandes contribuições de Piaget, não somente para levar os alunos ao pensamento científico, mas também para diferenciar do ensino expositivo feito pelo professor com base na pedagogia tradicional, cujo desenvolvimento do raciocínio é exclusivamente elaborado pelo professor (Souza, 2015). Como alternativa ao ensino expositivo, Carvalho (2013) defende o ensino investigativo, argumentando que “*quando o professor propõe um problema, convida o aluno a raciocinar e sua ação passa a ser a de orientar e encaminhar as reflexões do aluno na construção do conhecimento novo*” (p.2), dando a eles liberdade intelectual.

Quanto às contribuições vygotskianas para a organização da SEI, destacam-se o papel especial da linguagem na formação dos conceitos científicos e os processos sociais na formação de funções psicológicas superiores, conforme escreve Carvalho:

“A importância do psicólogo Vygotsky para o ensino fundamenta-se em dois temas que o pesquisador desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que ‘as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais’. [...] O segundo tema foi demonstrar que os processos sociais e psicológicos humanos “se firmam por meio de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico”. Assim o conceito de interação social mediada por artefatos sociais e culturalmente construídos (o mais importante deles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria Vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes” (Carvalho, 2013, p.4)

Além disso, o papel da colaboração e a zona de desenvolvimento proximal, bem como as interações professor-aluno durante a resolução de problemas são também considerados importantes contribuições vygotskianas para os fundamentos da SEI (Carvalho, 2013), as quais serão aprofundadas nas seções a seguir.

Problema Didático (PD) na estruturação de uma SEI

Quando se analisa o PD na estruturação de uma determinada SEI compreende-se que o seu papel é motivar os alunos de modo a torná-lo significativo. O PD como um elemento motivador da aprendizagem dos alunos pode ser evidenciada nas palavras de Carvalho *et al.* (1998) ao mencionar que “*o problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões*”. Carvalho (2011) ainda acrescenta que:

“O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno. Como partimos do pressuposto de que é o aluno o construtor do conhecimento e este conhecimento é resposta a uma questão, se essa questão não motivar o aluno e não for significativa para ele, ele não irá construir o conteúdo desejado” (Carvalho, 2011, p. 259, grifos da autora).

A defesa de que o problema precisa ser motivador para o aluno construir entendimentos sobre ciências também é sinalizado no estudo de Clement (2013), ao apontar a motivação como um dos critérios importantes a serem considerados durante a formulação de um problema no ensino por investigação. O autor menciona que a motivação pode ser criada por meio de problemas que envolvam simulações fictícias, desafios, e que estimulem a curiosidade e a imaginação dos estudantes. Mas, destaca que é importante sempre dosar moderadamente o nível de dificuldade do problema e o nível de curiosidade, deixando-os sempre equilibrados para que não haja desinteresse por parte do aluno.

Compreender o PD como elemento motivador da atividade parece se aproximar das discussões de Vygotsky, quando o mesmo afirma que a motivação no processo de aprendizagem é um elemento que vem de fora, que surge das necessidades dos sujeitos, a qual é desencadeada pelo contexto e pelas interações sociais e não algo interno aos indivíduos ou fruto de um desenvolvimento inato (Newman & Holzman, 2002). Além disso, essa discussão sobre as relações entre problema-motivação no ensino por investigação parece também acercar-se do conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) deste autor.

Embora Carvalho (2011) não tenha mencionado as relações entre motivação-ZDP em seus estudos, parece interessante refletir sobre a possibilidade de agregar este elemento vygotskyano para compreender o que a autora quer se referir quando afirma que o problema deve ser significativo sob o ponto de vista do estudante. Para aprofundar um pouco mais essa discussão, segue a argumentação de Carvalho (2013) na citação a seguir:

“Entretanto, não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto” (Carvalho, 2013, p. 6, grifos nossos).

Para a autora, um problema significativo é aquele que mantém relações com o universo cultural dos estudantes, um problema que os instigue a enfrentá-lo e a resolvê-lo. O termo “instigante”, de acordo com Sasseron e Carvalho (2011, p. 73), parece pautar-se em problemas que envolvem fenômenos que despertem o interesse dos alunos. Nas palavras das autoras, refere-se “[...] à resolução de problemas e à exploração de fenômenos naturais, que, por si só, atingem a curiosidade e o interesse dos alunos”. Carvalho et al., (1998, p. 20) ainda explicam que “resolver um problema intrigante é motivo de alegria, pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez e tente dar explicações”.

Outro ponto importante mencionado no excerto de Carvalho (2013) é que o problema deve ser interessante de tal modo que leve os alunos a se envolverem na busca da sua solução. Essa afirmação parece fazer sentido com o que Newman e Holzman (2002) discutem sobre a aprendizagem ao relacioná-la à crescente capacidade das crianças se envolverem na atividade. Baseado em Vygotsky, os autores explicam que a aprendizagem conduzindo o desenvolvimento na ZDP está relacionada ao envolvimento volitivo e consciente da criança na tarefa.

Assim, pode-se dizer que os problemas significativos ou instigantes na abordagem investigativa se referem às situações desafiadoras que envolvem fenômenos naturais ou científicos presentes no cotidiano dos estudantes e que despertam interesse, curiosidade e engajamento consciente dos mesmos na busca da sua solução. Fenômenos inseridos no nosso dia a dia que envolvem discussões sobre reflexão, calor e temperatura, entre outros, são transformados em problemas no contexto do ensino por investigação, por exemplo: “como é que a gente pode fazer para iluminar um pedaço de isopor que está atrás da cartolina, usando somente dois espelhos?” (Carvalho, et al., 1998; 117); “O que acontece com a temperatura da água enquanto nós a aquecemos?; Em que situação podemos conseguir uma lata de refrigerante em menos temperatura: colocando-a em água a 0°C ou colocando-a em gelo a 0°C?” (Azevedo, 2004, p. 28). Cabe salientar que tal noção de problema significativo na Abordagem Didática do Ensino por Investigação se difere da noção de problema em Vygotsky, pois para este autor, um problema significativo é aquele que emerge das situações ou práticas sociais contraditórias vivenciadas pelos alunos (Gehlen, 2009).

O argumento de Carvalho (2013) de que o problema deve estar situado na cultura do aluno também pode se aproximar do conceito de ZDP de Vygotsky (2007) ao fazermos relação com a colaboração em sala de aula. Para resolver um problema que envolva um fenômeno instigante presente na cultura do aluno é necessário levar em consideração as ações colaborativas entre os sujeitos. E, portanto, se para o aluno o problema instigante estiver situado para além da ZDP, isto é, fora da zona de colaboração entre os sujeitos, logo não haverá desenvolvimento e aprendizagem potencial da criança. De acordo com Vygotsky (2007), a zona de desenvolvimento proximal sempre prescindirá uma ação colaborativa, seja ela do professor ou de outros alunos imersos em uma determinada cultura. Newman e Holzman (2002) salientam que o fato da ZDP carregar consigo o termo “zona”, isto não significa que ela represente um determinado lugar a ser alcançado. Ela é, especificamente, uma atividade revolucionária que representa a “aprendizagem-e-desenvolvimento” na sua historicidade. Portanto, a ZDP só pode ser criada ou produzida em ambientes que exijam funções menos amadurecidas e aprendizagem coletiva e por isso que nas relações entre aprendizagem-desenvolvimento no contexto escolar, o papel do outro ganha destaque. Góes (2001) aponta que o outro contribui tanto no nível de desenvolvimento real do sujeito quando no nível de desenvolvimento proximal. É, portanto, no âmbito da ajuda do outro, que a ZDP potencializa a atribuição de novos significados pelos sujeitos, passando a ressignificar os conhecimentos já elaborados por eles.

Sendo assim, há indícios de que a relação motivação-ZDP na abordagem didática investigativa apresenta-se atrelada não somente ao teor do PD formulado, que busca preocupar-se com o interesse dos estudantes, mas também a um determinado grau de dificuldade que exija do aluno recorrer a ações colaborativas de outras pessoas para resolvê-lo. Cabe salientar que se o PD for estruturado sem considerar

o universo cultural da criança, poderá ocorrer duas situações, as quais, do ponto de vista vygotskyano, levariam a uma improdutividade da atividade didático-pedagógica: o primeiro caso refere-se à formulação de um PD aquém do nível intelectual da mesma, no sentido deste não se configurar como um problema para ela, mas sim como apenas um exercício, o qual pode ser resolvido de forma rápida e mecânica sem ajuda do professor ou dos seus colegas; e o segundo caso refere-se ao PD situar-se para além do nível potencial de desenvolvimento e aprendizagem da criança, em que mesmo com ajuda e colaboração de alguém mais capaz é muito difícil que a criança consiga compreender a solução. Portanto, entendemos que o papel do PD na abordagem investigativa envolve uma motivação a ser desencadeada durante o enfrentamento do problema, a qual dependerá não somente do grau de interesse e curiosidade que o problema deverá criar, mas também da atuação colaborativa do professor para com os estudantes.

Contudo, nessa abordagem de ensino, os PD não são reduzidos apenas ao papel de motivar. Quando se analisa a sua função, busca-se entender especificamente a sua posição e aplicabilidade no processo didático-pedagógico. Carvalho (2013) menciona que ao elaborar uma SEI deve-se levar em consideração os problemas para que estes ofereçam condições para os alunos pensarem e trabalharem com variáveis relevantes ao fenômeno científico estudado. Em virtude disso, entende-se que os problemas são condições fundamentais para que haja investigação, e, por isso, devem compor as atividades para que o processo didático pedagógico investigativo seja iniciado. Nossos estudos (Solino, 2013; Solino & Gehlen, 2014) têm apontado uma função relevante para o problema nessa abordagem de ensino, que é a de mediador das relações entre os sujeitos e o objeto de conhecimento. Ao examinar o problema na dinâmica das atividades investigativas, Solino e Gehlen (2014, p. 149) explicam que:

*“[...] é necessário entender que o problema nas atividades investigativas tem a função de **mediar as relações entre professor e aluno**, uma vez que os questionamentos em torno do problema pelo professor encontram-se vinculados tanto à ação investigativa dos estudantes, quanto à elaboração das explicações sobre o fenômeno em estudo. Isso indica que os problemas nessa perspectiva de ensino são importantes para o trabalho em sala de aula, uma vez que o seu foco é mediar o processo de construção de conhecimento do sujeito” (Solino & Gehlen, 2014, p. 149, grifos nossos).*

A mediação estabelecida pelo problema entre professor e aluno ocorre inicialmente no processo de estruturação da atividade de ensino, se configurando como *mediador de segunda ordem*. Com base em Vygotsky, Gehlen (2009) explica que as atividades didático-pedagógicas de ciências que tenham como ponto de partida a conceituação científica para configurar os problemas, estes são vistos como mediadores de segunda ordem, uma vez que os problemas mantêm certa relação com os conceitos, sendo estruturados por conteúdos disciplinares de ciências. Assim sendo, há uma relação entre problema-conceito, porém, o processo didático pedagógico tem como ponto inicial a conceituação científica, diferentemente da mediação de primeira ordem³ discutida por Gehlen (2009), em que o problema assume a função de objeto de conhecimento, sendo ele o próprio ponto de partida para estruturar a programação de ensino.

A mediação de segunda ordem também está relacionada ao fato de o problema assumir, no processo educativo, a função de *artifício didático-pedagógico* (Gehlen, 2009), tornando um elemento intermediário para auxiliar na elaboração da conceituação científica pelos alunos. Este problema mediador de segunda ordem deve situar-se em torno daquilo que os estudantes já sabem e dominam (seus conhecimentos cotidianos) e daquilo que eles poderão vir a conhecer (conhecimentos científicos). Nesta relação entre sujeitos e conhecimentos, o professor assume o papel de autoridade social e epistêmica (Berland & Hammer, 2012), sendo representante dos conhecimentos científicos, ao sistematizá-los e legitimá-los em sala de aula, ao mesmo tempo em que os alunos agem como representantes dos seus conhecimentos cotidianos trazidos durante o enfrentamento do problema que, por sua vez, quando explicitados, são potencialmente sistematizados pelo professor durante o processo de significação. Desta forma, o PD quando analisado na estruturação de uma SEI apresenta uma dimensão pedagógica que é de mediar as relações entre os sujeitos (estudantes-professor) e mediar as relações entre os conhecimentos (conhecimentos cotidianos-

³ A noção do problema atrelada às discussões sobre mediação de primeira e de segunda ordem vygotstyana são encontradas nos estudos de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012). A mediação de primeira ordem contempla os problemas numa abordagem temática, em que a conceituação científica não é o ponto de partida para organizar o currículo escolar e as atividades. A referência são os temas que abrangem problemas existenciais vivenciadas pelos estudantes, fruto de um determinado momento histórico, os quais são decorrentes de necessidades reais dos educandos. Na mediação de segunda ordem, a referência do processo de ensino e aprendizagem está nos conceitos científicos. Ou seja, o critério de seleção e estruturação dos problemas a serem trabalhados nas atividades de sala de aula segue orientação da conceituação científica, enquadrando-se, geralmente, na abordagem conceitual de ensino. Para esses autores, o significado do termo problema em Vygotsky pode ser ampliado para além da sua contribuição ao desenvolvimento conceitual do indivíduo, pois há indicativos em seus escritos quanto à dimensão epistemológica do problema, a qual envolve um processo mais amplo de humanização, de transformação do mundo e do sujeito envolvido em práticas sociais.

conhecimentos científicos), conforme síntese expressa na Figura 1. Cabe ressaltar que a leitura desta figura não propõe a ideia de que os conhecimentos cotidianos estejam relacionados apenas aos estudantes e os conhecimentos científicos apenas ao professor. Ambos os tipos de conhecimentos podem compor o repertório intelectual dos sujeitos, sendo que na escola é esperado que o professor trabalhe com os conhecimentos científicos, pois é dele o papel de autoridade social e epistêmica ao sistematizar e legitimar os conhecimentos dos estudantes.

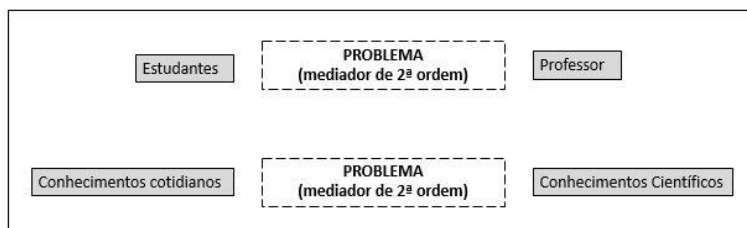


Figura 1 - O problema como mediador de segunda ordem nas relações entre sujeitos e conhecimentos na abordagem didática do ensino por investigação

Compreende-se ainda que no processo de ensino-aprendizagem diversos são os elementos mediacionais que permeiam as relações entre os sujeitos e o conhecimento, os quais não se esgotam no problema, a exemplo dos livros didáticos, aparato experimental, entre outros. Porém, no ensino por investigação entende-se o problema como mediador por excelência, pois é por meio dele que a produção de entendimentos sobre os conhecimentos científicos acontece em sala de aula. Para clarificar tais discussões, usamos o esquema triangular básico de mediação vygotskyana para representar a função mediadora de segunda ordem do PD, nas relações entre sujeito e objeto de conhecimento no contexto da estruturação da SEI, conforme podemos ver na Figura 2.



Figura 2 - Função do Problema Didático na Estruturação da SEI

De acordo com Vygotsky (2007; 2009a), as relações entre sujeito e objeto podem ser imediatas/diretas ou podem ser mediadas/indiretas por algum tipo de elemento culturalmente disponível, a exemplo dos instrumentos psicológicos que servem para orientar os processos mentais dos indivíduos como a linguagem verbal, os esquemas, os desenhos, os sinais convencionais entre outros. Para o autor, toda ação direta do sujeito para com o objeto é uma relação elementar que se iguala às ações naturais, constantemente utilizada pelos animais. No homem, essa relação tende a ser mediada a partir de instrumentos que representam os estímulos de segunda ordem, ou seja, elementos mediadores que atuam no sujeito para agir e compreender o objeto.

Nesta Figura 2, a linha tracejada que vai do sujeito ao PD e a linha contínua que vai do PD ao objeto indicam que o PD criado pelo professor mantém relações muito mais próximas com o objeto de conhecimento do que com os sujeitos da aprendizagem, que neste caso, são os estudantes. Embora o PD seja colocado na atividade para orientar os processos mentais dos estudantes, as relações que este problema estabelece com o objeto de conhecimento é mais estreita, tendo em vista a sua natureza conceitual, a qual encontra-se relacionada a temas ou conteúdos de ciências. Por exemplo, quando um professor planeja trabalhar um determinado conceito ou noção sobre pressão hidrostática, formula um determinado problema que tenha relações com este fenômeno para que os alunos consigam compreendê-lo à medida que solucionam. É por esta razão que o PD assume o papel de mediador de segunda ordem colocado na relação sujeito-objeto, pois serve como artifício didático-pedagógico (Gehlen, 2009) para desenvolver a conceitualização científica e,

consequentemente, o raciocínio científico (Osborne, 2015), conforme é possível verificar no exemplo abaixo (Figura 2.1).

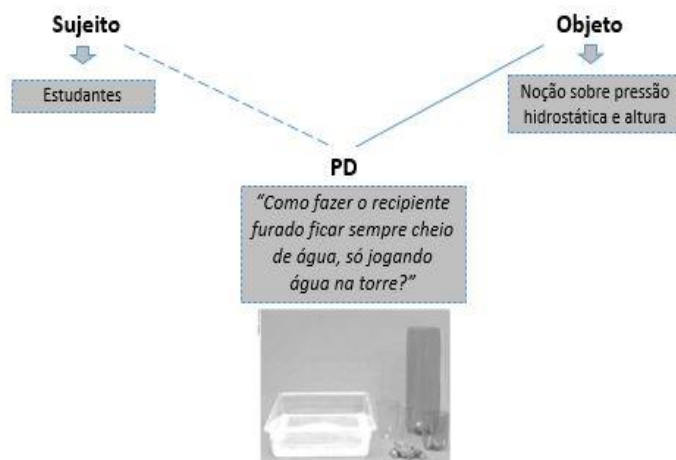


Figura 2.1 – Exemplo do PD como artifício didático-pedagógico na estruturação de uma atividade no contexto da SEI

O exemplo de problema apresentado nesta Figura 2.1 foi extraído da SEI “Os Caminhos da Água”, do Livro Didático Investigar e Aprender Ciências – 4º ano do Ensino Fundamental. Esta SEI visa “*abordar o caminho que a água percorre para chegar a nossas casas, levando em consideração o fenômeno físico da pressão da água*” (Carvalho *et al.*, 2011, p. 16). Para alcançar tal objetivo, a sequência de ensino apresenta diferentes atividades que abrangem situações de distribuição da água, origem, qualidade para o consumo e seca no nordeste brasileiro. No exemplo acima, o PD presente na atividade é experimental, o qual tem o objetivo de desenvolver nos alunos a compreensão inicial sobre a noção de pressão a partir do entendimento de que a altura da água em uma coluna implica no alcance do jato de água que sai pelo orifício localizado próximo à sua base.

Outro exemplo que podemos citar é o PD teórico presente na SEI “Navegação e Meio Ambiente” (Carvalho *et al.*, 2011), cujo objeto de conhecimento da tarefa é o entendimento sobre a importância de distribuir o peso entre três pessoas levando em consideração a capacidade do barco. O problema é enunciado da seguinte forma: “Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?”. Essa atividade investigativa é introdutória a uma outra atividade que tem como investigação um PD experimental de construção de um barquinho, cujo objeto de estudo é o entendimento da relação entre os conceitos de volume e massa: “Como construir um barquinho capaz de carregar o maior número possível de pecinhas sem afundar na água?”. Observa-se, portanto, que, do mesmo modo que o PD experimental exemplificado na Figura 2.1 exerce função de artifício didático-pedagógico para conduzir os alunos à compreensão do objeto de estudo, acontece de igual maneira com os problemas teóricos.

Embora o PD na estruturação de uma SEI cumpra seu papel de motivar os alunos a partir de situações desafiadoras que despertam a curiosidade e interesse dos mesmos por meio de fenômenos científicos que envolvem o cotidiano, estes PD não são genuínos para eles, isto é, não são reconhecidos a priori como seus problemas, pois estes foram definidos pelo professor com base em critérios conceituais, em virtude da sua necessidade de ensinar um determinado conteúdo escolar. Desse modo, o aluno, a princípio, pode não se reconhecer no PD formulado, porém isso não inviabiliza a sua capacidade de se engajar para resolvê-lo durante o percurso da investigação (Capecchi, 2004). Capecchi e Carvalho (2006), por exemplo, mostraram em seu estudo que a reformulação do PD e a construção do mesmo em aulas investigativas pode ser uma importante solução para levar os alunos ao reconhecimento do problema.

Em síntese, os PD quando analisados no contexto da estruturação ou planejamento de SEI cumprem o papel de motivar os alunos na tarefa e assumem uma função de mediadores de segunda ordem, sendo planejados previamente pelo professor com base em critérios conceituais. Eles são importantes para organizar o processo de ensino-aprendizagem de ciências, uma vez que a partir deles o professor tem possibilidade de encaminhar o processo investigativo, por meio de diálogos colaborativos estabelecidos entre ele e seus alunos. Ao examinar a sequência de ensino como um todo, observa-se que os PD servem para mediar os entendimentos dos alunos em relação ao objeto de conhecimento, os quais envolvem os conteúdos

científicos nas suas relações com a tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como com a natureza da ciência.

Problema Didático (PD) na implementação de uma SEI

Quando se analisa o PD no contexto da implementação de uma determinada atividade-problema⁴, este passa a exercer uma função diferente daquela discutida anteriormente sobre o papel e função do PD na estruturação da SEI. O PD passa a assumir o papel de objeto de conhecimento, porque durante o processo investigativo ele se torna alvo a ser desvelado pelos estudantes, isto é, o problema é assumido pelo professor e pelos alunos como elemento a ser enfrentado. Nas palavras de Sasseron (2013, p. 50) “a proposição de um problema atua como um gatilho para a investigação”, e por isso, compreendemos que é por meio da busca pela resolução do problema como objeto de conhecimento que a investigação acontece.

Enquanto que na estruturação da SEI o PD é utilizado como artifício didático-pedagógico para auxiliar os alunos na construção de entendimentos sobre conceitos científicos, na implementação da SEI, o PD passa a ser o próprio objeto da atividade. Deste modo, na implementação da sequência de ensino, os conteúdos científicos deixam de ser unicamente os objetos de conhecimentos da atividade, pois o PD também passa a assumir tal função. O PD agora integra-se aos conceitos científicos formando um só objeto, uma vez que o mesmo carrega consigo os conceitos que orientaram a sua elaboração, bem como os procedimentos necessários para sua solução e o conhecimento epistêmico por trás dele. Evidentemente, isso se difere da posição que o problema ocupa na estruturação do ensino, conforme podemos ver a comparação na Figura 3.

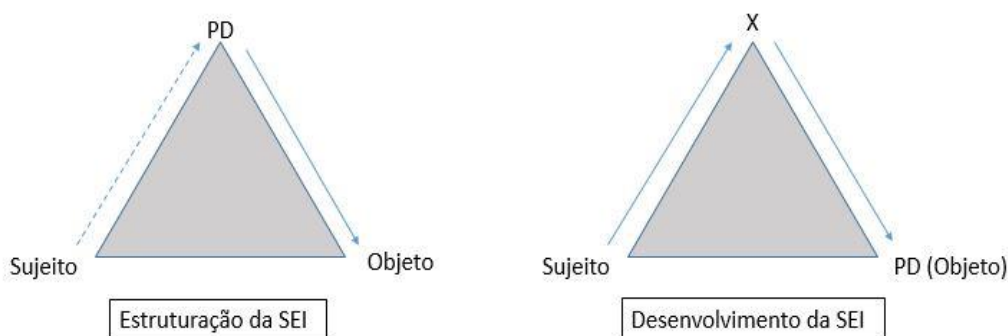


Figura 3 - Diferenciação entre a função do Problema Didático na estruturação e na implementação da SEI

Assim, durante o processo investigativo proposto na SEI, geralmente os conhecimentos mobilizados pelos estudantes para enfrentar e solucionar o PD são manifestados pela linguagem, ou melhor, pelas interações verbais que ocorrem entre professor-aluno e aluno-aluno (Sasseron, 2013; Machado, 2012; Ferraz, 2015). Ao enfrentar o PD, diferentes hipóteses são manifestadas pelos aprendizes e geralmente colocadas em teste pelos seus pares ou pelo professor favorecendo assim a construção de novos problemas em sala de aula (Capecchi, 2013; Raboni, 2013). Com base nisso, formula-se a ideia de que o elemento mediador X presente na Figura 3 pode ser representado pelos novos problemas que surgem das interações em sala de aula, os quais ganham vida na forma de questionamentos advindos dos estudantes e do professor.

No âmbito do desenvolvimento da SEI, as setas presentes na Figura 3 que indicam relações entre sujeito e elemento mediador X, bem como elemento mediador X e o PD (objeto) são contínuas, revelando uma forte articulação entre eles. Neste caso, o elemento mediador X, representado pelos novos problemas, mantém agora relações próximas dos alunos, porque estes são problemas construídos por eles na trama das interações em sala de aula, e, além disso, também se articulam ao próprio objeto de conhecimento - o PD, porque emergem do seu enfrentamento. Deste modo, ao implementar as atividades-problemas presentes nas SEI, os PD passam a ser objetos de conhecimentos e os novos problemas que surgem das interações dialógicas estabelecidas entre os sujeitos, no percurso da investigação, funcionam como mediadores de segunda ordem, os quais medeiam as relações entre os sujeitos (professor e alunos) e o objeto de conhecimento, que agora passa a ser o próprio PD. Cabe sinalizar que os sujeitos envolvidos nesse processo

⁴ Em meio à diversidade de atividades que compoem uma SEI, tomaremos como foco de estudo apenas aquelas que tenham como ponto de partida um determinado PD, seja ele experimental ou teórico. A esses tipos de atividades, chamaremos de *atividades-problemas* para se diferenciarem daquelas *atividades-complementares* que não são iniciadas com um PD no contexto da SEI, a exemplo daquelas iniciadas com leitura e discussão de um texto.

interagem para atribuir sentidos e significados ao problema, e por isso, devem ser sempre vistos como sujeitos históricos, sociais e coletivos.

A discussão sintetizada na Figura 3 parece se aproximar parcialmente da noção de problema como mediador de primeira ordem de Vygotsky, conforme as ideias apresentadas por Gehlen (2009), pois o PD passa a ser fonte de conhecimento dos alunos nas atividades-problemas, sendo que à medida que os estudantes o enfrentam, constroem entendimentos sobre os conhecimentos científicos, bem como desenvolvem noções sobre procedimentos e ações epistêmicas necessárias para compreendê-lo e superá-lo. Contudo, é importante salientar que embora o problema na Abordagem Didática do Ensino por Investigação continue não sendo utilizado como estruturador curricular e nem apresenta similaridade com a noção de problema na perspectiva de humanização em Vygotsky (Solino, 2017), há indícios de que estes são reconhecidos como pontos de partida na produção dos conhecimentos dos estudantes e, portanto, parecem apresentar aspectos relativos à dimensão epistemológica, conforme análise realizada por Solino & Gehlen, (2014). Essa constatação encontra-se predominantemente fundamentada na análise do estudo de Carvalho *et al.* (1998), em que os autores tomam como referência Piaget e Bachelard para nortear a ideia de problema nas atividades investigativas. Segundo os autores, “*uma atividade para desenvolver conhecimento científico parte da proposição de um problema pelo professor*” (Carvalho *et al.*, 1998, p. 20). Estudos mais recentes em que Carvalho (2011; 2013) propõe a construção de diferentes atividades investigativas para compor uma SEI, reafirmam esta ideia defendendo a relevância do problema na gênese da construção do conhecimento científico pela criança. Essa dimensão epistemológica⁵ do problema relacionada à gênese da construção de entendimentos e saberes também pode ser evidenciada em diversos outros trabalhos que defendem o ensino por investigação, a exemplo de Barbosa-Lima e Carvalho (2002); Azevedo (2004); e Capecchi (2013) e Souza (2015).

Pode-se assim dizer que a dimensão epistemológica do problema na SEI não está vinculada à organização curricular, mas sim à estruturação de entendimentos sobre ciências por parte dos alunos, exercendo o papel de artifício didático-pedagógico. Vale lembrar que Gehlen (2009) define o termo artifício didático-pedagógico como um tipo de função atribuída aos problemas que possuem uma natureza conceitual e que têm como objetivo engajar os alunos no processo de aprendizagem dos conceitos. No caso da abordagem investigativa, a ideia do PD como artifício didático-pedagógico deve ser ampliada para além do objetivo de levar os alunos à conceitualização científica, deve também vincular-se à aprendizagem dos processos que envolvem a ciência. Tais processos que envolvem o fazer científico, a exemplo das práticas epistêmicas de produção, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos em sala de aula (Kelly, 2011) são fundamentais na abordagem do ensino por investigação para desenvolver o raciocínio dos estudantes. Para Osborne (2015), essa mobilização de conhecimentos conceituais, processuais e epistêmicos trabalhados em aulas investigativas de ciências colabora para a construção do raciocínio científico dos estudantes.

Uma vez que o PD passa a ser objeto de estudo nas atividades-problemas, os novos problemas surgem como mediadores para significar o PD. Com base nos pressupostos vygotskyanos, entende-se que a mediação ocorre a partir do uso de instrumentos psicológicos que orientam as ações dos indivíduos. Esses instrumentos podem ser representados por meio de diferentes linguagens (verbal, escrita, pictórica) ou de variados conhecimentos apreendidos pelos sujeitos ao longo da sua vida. Tais conhecimentos, originados das relações interpessoais, são geralmente utilizados pelos indivíduos para significar novos conhecimentos, construindo assim novos sentidos e novos significados. Segundo Vygotsky (2007), esse é o princípio geral que explica os processos de significação humana, a qual ocorre primeiramente nas relações interpessoais e depois passa a constituir as relações intrapessoais. Nesse movimento do inter para o intra, os sentidos e significados são reelaborados constantemente pelo aluno nas suas relações com seus pares e, principalmente com o professor.

Emergência de Novos Problemas na implementação de uma SEI

Discutiu-se anteriormente a ideia de que os problemas didáticos não se apresentam aos alunos por si mesmos e por isso novos problemas são construídos em aulas investigativas para mediar as relações entre sujeitos (aluno-professor) e objeto de conhecimento. Deste modo, pode-se presumir que a significação do PD na abordagem investigativa está atrelada à formulação de novos problemas, ou melhor, às problematizações

⁵ Cabe ressaltar que na perspectiva vygotskyana, não basta que o problema seja reconhecido como gênese do conhecimento, mas que também apresente relações com o meio social e vivências dos estudantes, levando em consideração a historicidade dos sujeitos, de modo que eles se reconheçam na situação problematizada e sintam necessidade de superá-la. Assim, a estruturação da programação dos conceitos científicos, segundo Gehlen e Delizoicov (2012), deve ocorrer a partir da seleção de um determinado problema do meio social dos estudantes. Tal aspecto vygotskyano parece pouco se aproximar da característica epistemológica do problema na SEI, uma vez que na SEI os problemas são marcadamente conceituais.

que não são dadas a priori, mas construídas ao longo da aula de modo a ampliar o pensamento dos estudantes (Capecchi, 2013). Mas de que maneira isso acontece?

Ao propor um determinado PD, é preciso que o professor crie um ambiente investigativo problematizador, capaz de direcionar o olhar ingênuo do aluno sobre o objeto de estudo para um olhar analítico, metódico e rigoroso que se aproxime da cultura científica (Capecchi, 2013). É no âmbito da problematização, isto é, de um processo de aproximações sucessivas a um determinado fenômeno envolvido no próprio PD, que a construção do mesmo acontece em sala de aula. Para Capecchi (2013) “[...] a *problematização aparece como um processo de transformação, de construção de um novo olhar sobre aquilo que, aparentemente, já nos é familiar, e não como o acesso a algo que já vem pronto*” (p. 25). Problematizar, portanto, é papel do professor, uma vez que é dele a função de desenvolver nos estudantes a compreensão do problema proposto e apresentar ferramentas para ajudar na investigação, inserindo-o em um novo mundo. Tal processo de construção de significados acerca do PD é sinalizado pela autora no excerto abaixo:

“Não basta que ao professor apresentar um enunciado bem elaborado. É preciso que a situação-problema seja entendida como tal pelo estudante. Para que isso seja possível, deve-se percorrer todo um processo de construção de significados, desde a apresentação de um problema inicial, que seja motivador, até a identificação de questões científicas envolvidas em sua solução e a identificação de ferramentas necessárias para investiga-las. Esse processo, como discutido anteriormente, envolve não somente a aplicação de ferramentas prontas, mas a inserção dos estudantes em um universo novo, o que depende muito das intervenções do professor” (Capecchi, 2013, p. 25-26, grifos nossos)

Essa ideia de que os problemas são construídos em aulas investigativas também é defendida no estudo de Raboni (2013) ao analisar, dentro outros aspectos, quais os indícios de um genuíno pensamento científico desenvolvido em crianças. O autor afirma que:

“No ensino que leva à construção de novas formas de pensar, é necessário ir além daquilo que é dado, e dos métodos já consagrados de se chegar a soluções de meros exercícios. Buscar evidenciar as contradições de uma situação para chegar ao problema. O problema deve ser construído, pois não é um dado imediato. A realidade imediata não apresenta problemas, e tudo parece ser como deve ser. A construção do problema é um trabalho intelectual, da reflexão e da abstração, partindo do concreto imediato para chegar ao verdadeiro concreto, mediado” (Raboni, 2013, p. 5, grifos nossos).

Com base nesse entendimento, grande destaque tem sido dado ao problema como promotor de interações e como indutor do processo de construção de sentidos (Solino; Ferraz & Sasseron, 2015). Compreende-se que a construção de novos problemas em atividades investigativas pode emergir tanto da necessidade de ensinar do professor, por meio de novas questões que nem sempre são conhecidas ou planejadas por ele a priori, mas formuladas a partir de um viés científico que leve os alunos a atribuírem novos sentidos ao PD. Assim como podem ser construídos a partir da necessidade de aprender dos alunos, os quais no processo de enfrentamento do PD formulam ideias a partir dos seus conhecimentos, vivências, valores, práticas, que nem sempre estão próximas da lógica científica de resolução do PD, refletindo limitações quanto ao entendimento científico do mesmo. Desse modo, podemos dizer que os novos problemas emergem dessa relação dialética entre os sentidos atribuídos pelos alunos e os sentidos atribuídos pelo professor, cujo núcleo central é a contradição presente nas formas diferenciadas de olhar o problema. Esses novos problemas ou a construção de problematizações têm como gênese as contradições, porque ao mesmo tempo em que os sentidos dos alunos podem se distanciar inicialmente dos sentidos do professor, estes são fundamentais para dar movimento ao processo de significação do PD, isto é, sem o surgimento de contradições e a superação das mesmas, o processo de significação do PD pode não ser desenvolvido.

De acordo com Raboni (2013, p. 5), é necessário “*buscar evidenciar as contradições de uma situação para chegar ao problema*” e, diante desse pressuposto, entendemos que todo esforço pedagógico é necessário para que os sentidos dos alunos atribuídos ao PD coincidam com os sentidos atribuídos pelo professor, para que juntos, consigam significá-lo no âmbito da cultura científica. Em outras palavras, devido ao fato de o professor ser o representante da cultura científica e ter o papel fundamental de direcionar o olhar do aluno para a verdadeira compreensão do objeto por meio de um trabalho intelectual de reflexão e abstração, faz-se necessário buscar evidenciar ou explicitar as contradições de pensamento dos alunos, por meio de novos questionamentos ou problematizações, para que eles enfrentem o problema com base no

olhar e rigor científico (Capecchi, 2013; Raboni, 2013). Contudo, para que isso ocorra, é importante que o professor crie condições favoráveis em sala de aula, em que os conhecimentos cotidianos dos alunos sejam discutidos, a fim de suscitar o aparecimento dessas contradições, as quais podem ser explicitadas por meio de perguntas que os levem a novas formas de interpretar o PD. Isso significa que o processo investigativo deve instigá-los a aprofundar cada vez o seu olhar científico sobre a realidade, dando condições para que esse novo olhar seja construído em parceria com o professor (Capecchi, 2013). Entendemos aqui que a superação de contradições em sala de aula não deve ter como objetivo a substituição das concepções prévias dos estudantes (presentes na cultura cotidiana) pelas concepções científicas (presentes na cultura científica), mas deve possibilitar a análise consciente das relações entre essas duas culturas (Mortimer & Machado, 2001). É sobre essa base de discussão que será fundamentada a formulação teórica de que novos problemas surgem no contexto de atividades-problemas presentes nas SEI para cumprir a função de mediadores de segunda ordem das relações entre sujeito e o PD, conforme síntese apresentada na Figura 4 a seguir:

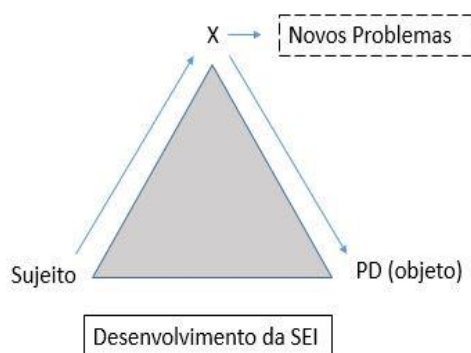


Figura 4 - Novos Problemas como elementos mediadores de segunda ordem no processo de significação do PD.

Parte-se do pressuposto de que esses novos problemas podem tornar-se potenciais problemas significadores, cuja finalidade seja a de significar qualitativamente os problemas didáticos presentes em atividades investigativas. Em outras palavras, compreende-se que é por meio da criação de novos problemas ou de problematizações, no sentido apresentado por Capecchi (2013), que há possibilidade dos estudantes assumirem para si o PD em estudo, construindo assim novos sentidos e significados no âmbito da cultura científica. Este argumento respalda-se em alguns indícios de que esses novos problemas parecem surgir em meio a um conjunto de elementos significadores construídos com base nas ideias de Vygotsky, quais sejam: necessidades, contradições, colaborações e imaginações (Solino, 2017), os quais podem ser evidenciados em resultados de pesquisas que envolvem atividades investigativas, as quais serão discutidas a seguir.

INDÍCIOS DE ELEMENTOS SIGNIFICADORES EM PROCESSOS DE SIGNIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

A partir dos estudos da perspectiva histórico-cultural, sobretudo os de Vygotsky, identificou-se alguns elementos⁶ importantes que perpassam os processos de significação de problemas em contexto didático-pedagógicos de ensino de ciências, quais sejam: necessidades, contradições, colaborações e imaginações. Entende-se que esses elementos podem ajudar a potencializar o processo de significação de problemas em aulas investigativas de ciências, a partir do surgimento de novos problemas que considerem as necessidades cognitivas dos alunos, as contradições, os processos colaborativos e imaginativos. Trabalhos pautados na abordagem investigativa que buscam analisar os processos de ensino e aprendizagem têm revelado interessantes resultados que demonstram a presença de indícios desses elementos e a sua relevância para a aprendizagem científica dos estudantes. Para cada elemento significador, apresentaremos alguns desses estudos.

Necessidade

Vygotsky (2009a) explicou o fato de que o conceito só pode surgir e se formar quando emerge uma necessidade concreta para o sujeito, a qual responde esse conceito, no curso de alguma atividade dirigida a alcançar um fim determinado, orientado para um objeto determinado ou à resolução de um problema. Porém, salienta que a colocação de um problema, o seu objetivo e a aparição da necessidade de formar conceitos

⁶ Detalhes sobre os elementos significadores vygotkianos encontram-se na pesquisa de doutorado da primeira autora.

põem em marcha o processo de resolução do problema, mas não asseguram a sua realização. A força desencadeadora desse processo não está dentro do sujeito, mas fora dele, uma vez que o meio social circundante, juntamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade e dos objetivos motivam o sujeito a dar um salto qualitativo em seu pensamento.

Pesquisas sobre a Abordagem Didática de Ensino por Investigação têm apontado a criação de necessidades como um elemento importante para que os alunos assumam o problema para si, a exemplo de Capecchi e Carvalho (2006) e Barbosa-Lima e Carvalho (2002). No entanto, é importante destacar que essas necessidades são marcadamente cognitivas, aspecto que se aproxima em partes da perspectiva vygotskyana, pois o mesmo também considerou a importância das necessidades sociais, ou seja, aquelas que emergem de problemáticas reais vivenciadas pelos sujeitos (Gehlen, 2009).

O estudo de Capecchi e Carvalho (2006) mostrou que em uma aula investigativa experimental com alunos do primeiro ano do ensino médio, cujo tema de discussão tratava de Calor e Temperatura, os estudantes não compreenderem logo de imediato o problema proposto pela professora. As autoras apontaram que a solução encaminhada pela professora para resolver esse dilema pedagógico foi a criação de necessidades cognitivas nos estudantes, a partir de questionamentos, pistas e reformulação do problema inicial, conforme relatam no excerto a seguir:

*“A princípio, o problema apresentado por P [professor] no turno 1b parece não ser reconhecido como tal pelos alunos. A resposta para essa questão é muito simples, do ponto de vista destes. É necessário transformar o que é um fato aceito no senso comum em algo que mereça ser investigado. Assim, nos demais turnos dessa sequência, **a professora procura criar essa necessidade e, para tanto, faz uso de questionamentos, algumas vezes seguidos de pistas, e/ou reformulações do problema inicial**” (Capecchi & Carvalho, 2006, P. 144, grifos nossos).*

O trabalho de Ferraz (2015) sobre análise de ações epistêmicas do professor que podem favorecer a argumentação em aulas investigativas, também sinaliza a importância de os alunos compreenderem o problema de forma adequada, pois isso facilita que os mesmos sintam a necessidade de se apropriarem de novos conhecimentos para resolver o problema. Além disso, o autor destaca que uma das etapas principais da SEI é a proposição do problema, uma vez que é nesse momento que os alunos devem tomar consciência do que deve ser investigado. Nas palavras do autor:

*“A proposição do problema é uma das etapas mais importantes em um SEI. É nesse momento que é possibilitado aos estudantes compreenderem o que deve ser investigado. Além disso, é o entendimento adequado do problema que vai direcionar o trabalho a ser desenvolvido e fazer com que os alunos **sintam a necessidade de se apropriar de saberes que ainda não possuem**” (Ferraz, 2015, p. 30, grifos nossos).*

Observa-se, portanto, que a necessidade cognitiva é reconhecida como um elemento relevante não só para levar os alunos à compreensão do problema, conforme apontou Capecchi e Carvalho (2006), mas também para mobilizar os estudantes a buscarem novos saberes (Ferraz, 2015). Nessa mesma direção, o trabalho de Souza (2015) sugere que a necessidade dos alunos ao buscarem resolver um problema foi um dos indicativos de que a turma estava engajada na atividade investigativa. Para este autor, o engajamento pode ser do tipo produtivo (quando o aluno sente necessidade de aprender, porque quer conhecer algo) ou do tipo disciplinar (quando o aluno sente necessidade de aprender, porque sabe que o professor espera tal comportamento). Sendo assim, a necessidade aparece associada ao engajamento dos alunos durante a busca da solução do problema.

Com base nesses estudos percebemos que a atividade investigativa não se restringe apenas aos processos cognoscitivos de pensar, analisar, teorizar, memorizar, ou resolver o problema, mas estende-se à esfera das necessidades cognitivas dos sujeitos envolvidos. De acordo com a perspectiva histórico-cultural, são as necessidades que dirigem e regulam a atividade concreta do indivíduo, quando a mesma se encontra no objeto, isto é, quando ela se objetiva no problema a ser enfrentado e solucionado. É nesse encontro entre necessidade e problema (objeto), que este último se torna o motivo da atividade, o que estimula o sujeito a agir.

No estudo sobre o desenvolvimento profissional de professoras ao trabalharem com a abordagem didática do ensino por investigação, Azevedo (2013) explica que elaborar um determinado problema requer consciência sobre a necessidade cognitiva dos alunos de investigá-lo, isto é, de buscar respostas

desconhecidas para entendê-lo. É isso, que a autora, ao citar Saviani (1996), compreende por problema, ou seja, é quando o sujeito desconhece a resposta de uma questão e sente necessidade cognitiva de conhecer.

Assim, pode-se presumir que quando os alunos reconhecem um determinado PD proposto numa aula investigativa como objeto de conhecimento, inicia-se aí o primeiro momento de significação do problema, principalmente porque os alunos passam a sentir necessidades cognitivas de solucioná-lo, podendo resgatar, neste momento inicial de investigação, suas experiências e vivências que consideram relevantes para análise do mesmo.

Contradição

A contradição é outro elemento importante a ser considerado no processo de significação, uma vez que, segundo os pressupostos marxistas, ela põe em movimento o próprio processo de produção do conhecimento. Na perspectiva vygotskyana, os problemas podem refletir contradições sociais e conceituais, as quais emergem do meio social circundante do sujeito.

Alguns estudiosos da área de ensino de ciências têm relacionado o problema à própria contradição. Silva e Núñez (2002) argumentam que a construção do conhecimento científico é um processo imerso em contradições, principalmente quando comparado ao conhecimento do senso comum, daí a necessidade de propor situações-problemas em aulas de ciências que gerem contradições. Os autores ainda argumentam que o começo do enfrentamento de um problema conceitual ocorre com a sua definição ou com o entendimento dos alunos da formulação feita. Essa formulação constitui em si a expressão linguística lógica, na qual se localiza o campo de busca intelectual, com objetivos e condições que levará a sua solução. Assim sendo, ao tentar superar este tipo de problema, o sujeito realiza diferentes ações e operações que podem resultar na formação de novas funções psicológicas superiores ou enriquecer aquelas já desenvolvidas num determinado momento histórico.

Diante dessas discussões, é possível identificar alguns indícios sobre a ideia de contradição presente na abordagem investigativa no estudo de Carvalho *et al.* (1998), quando destacam o papel do erro e das contradições na construção do conhecimento. Ao basearem-se em alguns pressupostos da teoria piagetiana, os autores consideram o erro como uma situação de aprendizagem, porque possibilita que o professor compreenda o pensamento do aluno e dê condições ou novos conhecimentos para que os erros sejam superados. O erro, portanto, nessa abordagem de ensino, é visto de forma positiva, pois quando corrigido no processo de resolução do problema é considerado muito mais instrutivo para o aluno do que a solução imediata do problema (Carvalho *et al.*, 1998). Carvalho *et al.*, (1998) ainda explicam que durante a resolução de problemas, o erro pode estar vinculado à dois planos: à ação do sujeito, ou seja, um erro de procedimento ou estratégia e à compreensão do problema. Quanto a este último, os autores destacam que o erro corresponde a uma contradição ou conflito de ideias sobre um determinado fenômeno. Eles salientam que:

“Erro nesse plano corresponde, então, às lacunas em que aquilo que a criança diz não se articula com o que faz, ou em que aquilo que diz em uma situação não se coordena com o que diz na situação seguinte. Os alunos necessitam da ajuda do professor para preencher as lacunas, para mostrar as contradições e leva-los a tomar consciência da não-coordenação entre as diversas situações” (Carvalho, et al., 1998, p. 33).

Outro estudo que tem apontado a contradição como elemento importante na abordagem investigativa é o de Raboni (2013). Com base no teórico russo Ylyenkov, Raboni (2013) enfatiza a necessidade de buscar evidenciar as contradições de uma situação para se chegar ao problema, e estas, devem ser percebidas e superadas a partir dos conhecimentos das ciências naturais e humanas. O autor ainda acrescenta que as linguagens oferecem formas aprimoradas para explicitar e dar visibilidades às contradições e ao mesmo tempo oferecem instrumentos para superá-las.

Silva (2008) evidenciou a potencialidade das contradições nos discursos de alunos do 2º ano do ensino médio ao realizar uma atividade investigativa sobre Calor e Temperatura. Segundo a autora, uma professora de química, ao utilizar de estratégias enunciativas, tomou a contradição entre as previsões dos estudantes e os resultados dos cálculos obtidos durante a experimentação para construir um novo problema na atividade, a fim de possibilitá-los tomarem consciência das relações entre os conceitos e fórmulas, conforme expressa a seguir: *“ter consciência de que a energia não pode ser destruída, por um lado, e, por outro, verificar que a quantidade de calor cedido e recebido não se equivalem, torna-se um problema da atividade investigativa”* (Silva, 2008, p. 265).

Vygotsky e Luria (1996) também sinalizaram em seus trabalhos o problema das contradições conceituais não percebidas pelos indivíduos. Ao tomar como exemplo os experimentos de Piaget realizado com crianças, Vygotsky e Luria (1996) observaram a facilidade que as crianças têm ao fazer inferências com base em casos particulares e sem se dar conta das relações causais entre elas. Ou seja, um só detalhe e uma única observação podem ser suficientes para fazê-las criarem uma inferência correspondente (ainda que esteja inadequada). Isso ocorre porque o pensamento das crianças se baseia em suposições presentes no cotidiano, tendo em vista que elas ainda não se apropriaram das leis da lógica que alicerçam o pensamento científico. *“A criança pode afirmar que os barcos flutuam porque são leves, enquanto os navios flutuam porque são pesados, e, ao fazê-lo, a criança não perceberá contradição alguma”* (Vygotsky & Luria, 1996, p. 174). Para Vygotsky e Luria (1996), a causa de que as crianças não percebam a contradição está no fato delas desconhecerem o sistema de relações entre os conceitos, ou seja, a lógica que sustenta o pensamento científico, e por isso, muitas vezes empregam conceitos sem conhecimento consciente deles. Vejamos a explicação de Vygotsky (2009a):

“[...] porque ser sensível à contradição, ser capaz não de seriar mas de sintetizar logicamente os juízos e dispor de possibilidades para dedução só é possível em um determinado sistema de relações de identidade entre os conceitos. Na ausência de tal sistema, todos esses conceitos devem surgir como um disparo depois que se aperta o gatilho de uma arma carregada” (Vygotsky, 2009a, p. 293, grifos nossos).

Entendemos que as características das contradições presentes na abordagem investigativa são determinadas pela natureza do PD, o qual já apresentamos nas seções anteriores, definindo-o como problema conceitual, vinculado a temas ou tópicos de ciências. Em outras palavras, podemos dizer que as contradições nessa abordagem didática são marcadamente conceituais, tendo em vista a natureza conceitual dos PD, aspecto que também se aproxima em partes da perspectiva vygotskyana. A contradição conceitual em atividades investigativas pode ocorrer tanto no nível de domínio/aplicabilidade e uso “equivocado” dos conceitos científicos, por exemplo: os alunos podem compreender e usar de forma espontânea os conceitos de peso e massa ou de calor e temperatura. Ou pode ocorrer no nível dos sentidos/contextos diferenciados de entendimentos, por exemplo: busca-se resolver um problema conceitual empregando-o em um contexto imaginário, cotidiano, diferentemente do contexto real e objetivo que ele se apresenta. Tais contradições podem aparecer nas hipóteses construídas pelos alunos e a colaboração do professor no processo de reconhecimento dessas contradições pelos estudantes é crucial para que haja saltos qualitativos no seu desenvolvimento cognitivo (Aguiar & Mortimer, 2005; Mortimer & Machado 2001).

Colaboração

A colaboração é também considerada um elemento importante no processo de significação. Vygotsky (2009a) já afirmava que a criança é capaz de realizar em colaboração muito mais que por si mesma, pois se sente mais forte e mais inteligente do que quando atua sozinha, assim como pode resolver com maior facilidade todas as tarefas previstas que estão mais próximas de seu desenvolvimento. Porém, alguns limites de aprendizagem devem ser considerados, os quais são determinados pelo nível de desenvolvimento da criança e de suas possibilidades intelectuais. Esse nível varia de criança para criança e tem relações diretas com a Zona de Desenvolvimento Proximal.

Ao analisar como as contradições emergem e são resolvidas no plano social de aulas de ciências, Aguiar e Mortimer (2005) revelam a importância do papel do professor no reconhecimento das contradições explicitadas pelos alunos e apresentam variados elementos de intervenções docentes que ajudam nesse reconhecimento, como: levar os alunos a formular claramente suas ideias; checar nos discursos dos alunos com que sentido as ideias estão sendo utilizadas; dar pistas enfatizando os pontos centrais e dirigindo a atenção dos alunos por meio de perguntas; preencher as lacunas nos entendimentos dos estudantes, entre outros.

Essa intervenção colaborativa do professor pode ser desenvolvida de modo a gerenciar as tensões e conflitos apresentados pelos estudantes no contexto do enfrentamento de problemas e, para isso, é necessário entender não somente os discursos ditos pelos estudantes, mas também o seu pensamento, tendo em vista que *“a verdadeira compreensão consiste em penetrar os motivos do interlocutor”* (Vygotsky, 1996, p. 184). Essa busca pela compreensão do outro no processo de gerenciamento de conflitos em sala de aula pode ser explicada pelo próprio fundamento da consciência humana que tem sua gênese nas relações interpessoais, tendo em vista que o que move os significados e o que determina seu desenvolvimento é a cooperação entre as consciências, ou melhor, *“o processo de alteridade da consciência”* (Ibdem, p. 187). É

nessa relação colaborativa com o outro e para o outro que os sentidos e significados vão sendo construídos e transformados.

Pesquisas sobre o ensino por investigação também têm enfatizado a importância da colaboração entre alunos e entre alunos e professor durante o processo de ensino e aprendizagem (Carvalho *et al.*, 1998; Carvalho, 2011; 2013; Ferraz, 2015; Souza, 2015). Carvalho (2013) destaca a relevância de promover trabalhos em grupo entre alunos, porque é mais propício que sintam afetivamente mais à vontade ao participar da tarefa colocada pelo professor. De acordo com a autora, “*o trabalho em grupo sobe de status no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade*” (p. 5, grifos da autora). Deste modo, não basta simplesmente colocar os alunos em grupo e deixá-los interagirem espontaneamente. É necessário que o professor planeje e oriente cada atividade em grupo, visando a qualidade da interação entre eles, a partir da colocação de um problema instigante que os levem a sentirem necessidade de resolvê-lo por meio da colaboração cognitiva e atitudinal criada no grupo (Carvalho *et al.*, 1998).

Outros trabalhos têm apontado também a importância da colaboração entre alunos e professor, seja no desenvolvimento da argumentação (Ferraz, 2015) seja para potencializar o engajamento disciplinar produtivo em sala de aula (Souza, 2015). A pesquisa apresentada por Ferraz (2015) buscou investigar quais ações tomadas por um professor são potenciais para promover a argumentação dos estudantes em aulas investigativas. Seu interesse estava centrado especialmente naquelas ações ligadas tanto à argumentação quanto à epistemologia do trabalho científico, como por exemplo: retomar informações, dados e conceitos, propor um problema, explorar pontos de vistas, qualificar variáveis, sintetizar informações e explicações, entre outras. Para organizar essas diferentes ações, foram criadas 5 categorias, denominadas de propósitos epistêmicos, quais sejam: retomar, problematizar, explorar, qualificar e sintetizar. No contexto deste trabalho, Ferraz (2015) mostrou que a colaboração entre aluno e aluno-professor favorecia o desenvolvimento da argumentação e afirmou que:

“[...] argumentar se torna uma forma de aprendizado colaborativo, uma vez que a busca por compreensões sofisticadas sobre a ciência e a construção de seus próprios entendimentos ocorre pela ampliação de uma rede conceitual que ganha consistência conforme, durante a dinâmica proporcionada pelas interações, são incorporadas (ou refutadas) ideias, evidências e justificativas pela contribuição dos demais colegas e, principalmente, pelo professor que conduz e gerencia o processo de aprendizagem” (Ferraz, 2015, p. 47).

O autor compreende que o fato da abordagem investigativa se iniciar com um problema favorece o trabalho colaborativo, pois em coletividade, os sujeitos formulam múltiplas explicações, fazem inferências, analisam dados para resolver o problema em questão. Aliado a isso, Ferraz (2015) explica que o professor busca nessa abordagem didática favorecer o surgimento de um ambiente interativo, denominado pelo autor de espaço interativo de argumentação colaborativa, onde o compartilhamento de ideias e negociação de significados são promovidas. Nas palavras do autor, esse espaço interativo de argumentação colaborativa é um “*ambiente onde a argumentação progride conforme o professor medeia interações de diferentes níveis entre seus alunos e dados teóricos e empíricos que se têm disponíveis, tornando a construção de argumentos algo colaborativo*” (p.43). No excerto abaixo podemos compreender melhor a ideia de colaboração que perpassa o estudo de Ferraz (2015):

“Compreendemos que colaboração é resultante de qualquer interação em que há troca de pensamentos, ideias, pontos de vistas, informações, etc., entre diferentes indivíduos que tenha um propósito comum. Ou seja, colaborar está diretamente relacionado ao compartilhamento de compreensões entre diferentes sujeitos com o intuito de construir entendimento sobre determinada situação, fenômenos, objeto ou conceito” (Ferraz, 2015, p. 44).

Esse entendimento de colaboração parece apresentar consonância com a perspectiva vygotskyana, principalmente quando resgatamos a ideia de ZDP. Discutimos que a partir da ajuda do outro, de atividades coletivas que incidem na ZDP, potencializam a apropriação de novos significados pelos sujeitos. Assim, podemos afirmar que a colaboração como forma de interação e ajuda na construção de entendimentos científicos só faz sentido quando há incidência na ZDP do sujeito. Por compreendemos que a ZDP é uma ação pedagógica colaborativa (Góes, 2001), percebemos que no ensino por investigação essa colaboração que orienta o processo de ensino e aprendizagem e mobiliza os alunos a se engajarem na atividade é mediada pela problematização, no sentido do termo apresentado por Capecchi (2013), uma vez que o problema é o elemento central da investigação. Sobre isso, Souza (2015) defendeu que a necessidade de resolver e

compreender um problema é um dos indícios fundamentais que pode levar uma turma ao engajamento, sinalizando relações com a ZDP dos estudantes.

Carvalho (2011; 2013) explica que a ação pedagógica colaborativa do professor envolve não somente a sistematização do conhecimento do aluno, mas também a proposição de questões problematizadoras e outras perguntas que ajudam a desenvolver o raciocínio científico e a construir significados. Ao analisar especificamente os tipos de perguntas feitas pelo professor em aulas investigativas e suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem, Machado (2012) e Machado e Sasseron (2012) identificaram algumas delas e as classificaram em quatro tipos, quais sejam: perguntas de problematização, perguntas sobre dados, perguntas exploratórias sobre o processo e perguntas de sistematização. Entre os resultados propostos pelos autores, destaca-se que essas perguntas além de exercerem um papel fundamental no desenvolvimento de aspectos da AC, colaboram para a criação de um ambiente mais dialógico e interativo que permite a construção de significados em aulas de Física.

A relevância da colaboração também é demarcada no estudo de Souza (2015) ao buscar analisar como os alunos se engajam disciplinar e produtivamente em aulas investigativas. Uma ferramenta analítica denominada de Indicadores de EDP (Engajamento Disciplinar Produtivo) foi desenvolvida pelo autor (adaptada do estudo de Engle & Conant, 2012) e organizada basicamente em três momentos para avaliar o envolvimento dos alunos na atividade investigativa: o primeiro momento refere-se ao engajamento (E), o qual compreende o engajamento inicial da turma quando é apresentado um problema, pode envolver discussão sobre o tema, trabalho colaborativo e presença de aspectos emocionais. O segundo momento refere-se ao engajamento disciplinar (ED), o qual envolve discussões de ideias sobre o plano de trabalho, colaboração entre os alunos para concretizar ações e análise de ideias, bem como indicativos de elementos emocionais referentes ao problema em estudo. E o terceiro e último momento refere-se ao engajamento disciplinar produtivo (EDP), o qual envolve aprimoramento de ideias e construção de relações explicativas, trabalho colaborativo na construção de explicações e reconhecimento de limites, presença de evidências do uso de ideias em outros contextos e apropriação do conhecimento. Segundo Souza (2015), indicativos de E e ED ocorrem quando os alunos tomam consciência da tarefa a ser realizada, se envolvem com os colegas, professor e com o problema sendo que no EDP essas ações se intensificam e apresentam características mais próximas do “fazer científico”. Desta forma, fica claro nesse estudo de Souza (2015) que a colaboração aparece como um dos indicativos mais importantes para desenvolver nos alunos o engajamento disciplinar produtivo na abordagem investigativa. Retomando as palavras de Ferraz (2015, p. 45) “*o trabalho colaborativo possui um potencial positivo à forma de os estudantes pensarem, agirem, interagirem e resolverem problemas*”.

Imaginação/Criatividade

A imaginação criativa sempre esteve presente nos pensamentos e reflexões dos cientistas, embora essa capacidade não seja exclusiva desses indivíduos. Segundo Vygotsky (2009b), a capacidade de criação está presente na vida de qualquer pessoa, ela é condição necessária da existência, sendo que a mesma é construída historicamente: “[...] a criação, na verdade, não existe apenas quando se criam grandes obras históricas, mas por toda parte em que o homem imagina, combina, modifica e cria algo novo, mesmo que esse novo se pareça a um grãozinho, se comparado às criações dos gênios” (Vygotsky, 2009b, p. 15-16).

Uma pesquisa realizada com crianças de 8 anos do ensino fundamental, cujo objetivo era investigar a aprendizagem sobre algumas noções de Física, por meio de atividades que envolviam leituras e interpretação de histórias, revelou a importância dos processos imaginativos criados pelos alunos durante a elaboração de hipóteses (Barbosa-Lima & Carvalho, 2002). A história apresentada envolvia máquinas simples, como sarilho, tesoura, alavanca, carrinho de mão e para cada uma dessas ferramentas foi criado atividades de raciocínio baseadas no ensino por investigação. Na atividade do sarilho, por exemplo, os alunos foram convidados a resolver um problema, o qual não havia qualquer tipo de ilustração que pudesse orientar as explicações, vejamos:

“Quando nós fazemos uma viagem, na volta contamos as novidades a nossos amigos. Imagine então que Gustavo, na volta do sítio de seu Tomé, vai contar a seus amigos sobre o sarilho. Converse com seus colegas do grupo sobre como Gustavo explicaria o que é e como funciona o sarilho” (Barbosa-Lima & Carvalho, 2002, p. 3).

Ao analisar como os alunos imaginaram responder a esse problema, Barbosa-Lima e Carvalho (2002) destacaram que uma das crianças [Mauro] criou uma situação quase real para sustentar seu pensamento, dando vida ao personagem e às suas ações. Fundamentadas no referencial vygotskyano, as autoras explicam

que a imaginação se apoia na memória e dispõe de seus dados para criar novas combinações. Com base nisso, as autoras concluíram que “*Mauro recordou a história lida, a combinou com a nova situação apresentada através do exercício de raciocínio e então, apoiado em uma nova situação, fruto da sua atividade criadora formulou sua hipótese de resposta*” (p. 6)

No trabalho de Souza (2015), sobre análise do engajamento disciplinar produtivo de alunos do ensino médio em aulas de Física, também foi possível observar claramente o quanto que o recurso imaginativo foi frequentemente utilizado para resolver o problema da caixa preta. Essa atividade investigativa foi organizada em pequenos grupos, os quais recebiam uma caixa fechada com um mecanismo interno, que quando acionado, permitia que pequenas hastes na parte externa se movessem em direções opostas. O PD colocado pelo professor, era que os alunos buscassem explicações possíveis de como funcionaria esta caixa. O objetivo geral da tarefa é levar os alunos a compreender o conceito de modelo para posteriormente ajudá-los a entender o conceito relativo de luz. Embora o autor não tenha dado enfoque especial à análise da imaginação, percebe-se claramente nos diálogos entre alunos o quanto resgataram na sua memória conhecimentos e experiências vivenciadas por eles e as combinaram para criar ou imaginar uma nova situação capaz de explicar e justificar o funcionamento da caixa. Por exemplo, alguns alunos imaginaram o mecanismo de funcionamento da bicicleta e de um relógio de molas para propor uma nova explicação para a caixa-preta. De acordo com Souza (2015), essas relações construídas por eles os ajudaram a sofisticar as ideias, principalmente porque, juntamente com elas, emergiam a necessidade de construir explicações para apresentar a seus pares e ao professor.

Outros trabalhos como os de Raboni (2011) e Freiberg (2015) que analisaram uma mesma aula investigativa, porém com focos distintos, o primeiro relacionado a investigar indícios de um genuíno pensamento científico em crianças e o segundo relacionado a analisar o papel da professora na negociação de sentidos para a resolução de um problema, apresentaram indícios de processos imaginativos construídos pelos alunos durante a investigação do problema, o qual consistia na seguinte proposição: “*Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?*” (Carvalho et al., 2011). De maneira análoga aos trabalhos anteriormente apresentados, as crianças também criavam imagens baseadas em suas experiências cotidianas para elaborar hipóteses que pudessem responder ao problema, tais como: jogar uma corda, colocar o amigo de 80 quilos para emagrecer, ir nadando, entre outros.

Observa-se, portanto, que a imaginação é um elemento importante e que contribui na significação dos problemas em aulas investigativas. De acordo com Vygotsky (2009a), o mundo da cultura, diferente do mundo da natureza, é produto da imaginação e da criação. Para ele, a base da criação humana “*é essa capacidade de fazer uma construção de elementos, de combinar o velho de novas maneiras*” (Vygotsky, 2009a, p. 17). Sendo assim, a riqueza da imaginação é fruto tanto da diversidade e acúmulo de experiência vivenciada pela pessoa, quanto das experiências do outro, daí a importância dos processos colaborativos em sala de aula, porque a experiência do estudante pode ser ampliada durante a apropriação da experiência dos seus colegas e do professor. Mas para isso, é necessário construir um ambiente que permita o compartilhamento dessas experiências, pois o meio possui não somente relações com a imaginação, mas também com a significação que a criança faz das situações produzidas pela dinâmica das suas vivências (Pino, 2010).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Nesse estudo, buscou-se investigar teoricamente a significação dos problemas presentes em atividades investigativas. Para isso, foi necessário compreender a sua natureza, a partir da análise do seu papel e função na estruturação e no desenvolvimento de SEI. Observou-se que a noção de problema se encontra situada na perspectiva da Alfabetização Científica (Sasseron, 2008; Sasseron & Cavalho, 2008), em que os sujeitos ao investigarem e resolverem problemas referentes a temas diversificados de ciências, se alfabetizam cientificamente. No contexto da SEI, esses problemas se apresentam de duas formas distintas, porém complementares: os *problemas didáticos* que são elaborados previamente pelo professor para serem trabalhados em sala de aula, cujo critério de seleção é conceitual e os *novos problemas* que surgem no decorrer da implementação da atividade, isto é, emergem das interações entre aluno-aluno e aluno-professor.

Ao analisar o papel e função dos problemas, identificou-se que os problemas didáticos assumem funções diferentes na estruturação e no desenvolvimento de uma SEI. É importante salientar que a análise do processo de significação do problema deve considerar não somente a implementação das atividades investigativas em sala de aula, mas, sobretudo, o planejamento das mesmas, quando o professor define qual tipo de problema será abordado, de que maneira será apresentado, seja ele experimental, teórico, com graus

de abertura aberto ou fechado. Com base nessa compreensão, observou-se que na estruturação de uma SEI, o papel do PD é de motivar os alunos no processo de aprendizagem dos temas de ciências, buscando favorecer o engajamento dos mesmos na atividade e sua função é de *mediador de segunda ordem* colocado na relação entre sujeito e objeto de conhecimento, sendo este último representado pelos conteúdos de ciências. Por outro lado, quando analisado na implementação de uma SEI, o PD muda de função, pois passa a configurar-se como o próprio objeto de conhecimento, se integrando aos conceitos científicos inerentes a ele. A partir de problematizações realizadas em torno desse objeto, novos problemas emergem e passam a assumir a função de *mediadores de segunda ordem*, colocado na relação entre sujeito e PD.

Argumenta-se a favor de que esses novos problemas podem potencializar o processo de significação conceitual em aulas investigativas, a partir das suas relações com os *elementos significadores* de Vygotsky, quais sejam, necessidades, contradições, colaborações e imaginações. Foi possível identificar diferentes estudos que abordam o Ensino por Investigação apresentando indícios de aproximações com os elementos significadores, aspecto que fortalece a nossa hipótese de que os novos problemas que emergem em Sequências de Ensino Investigativa podem assumir a qualidade de *Potenciais Problemas Significadores* (PPS), cuja função principal é a de significar os *problemas didáticos*, uma vez que as atividades passam a ter características mais próximas dos sentidos dos estudantes, ao considerar suas necessidades cognitivas, suas contradições, seus processos colaborativos e suas imaginações.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio da FUSP (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo), em especial, à Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, Jr, O. G., & Mortimer, E. F. (2005). Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 179-207.
- Azevedo, M. C. P. S. (2004). Ensino de Ciências por Investigação: problematizando as atividades de sala de aula. In Carvalho, A. M. P. (Org.) *Unindo a Pesquisa e a Prática* (p 19-33). São Paulo: Editora Thomson.
- Azevedo, M. N. (2013). *Mediação discursiva em aulas de ciências, motivos e sentidos no desenvolvimento profissional docente*. (Tese de Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Barbosa-Lima, M. C., & Carvalho, A. M. P. (2002). Comprovando a necessidade dos problemas. In *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – SP*. (pp. 1-15). Lindóia, SP, Brasil. Recuperado de http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/COCD4_2.pdf
- Barrelo Júnior, N. (2010). *Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>
- Capecchi, M. C. V. M. (2004). *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física*. (Tese de Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Capecchi, M. C. V. M. (2013). Problematização no Ensino de Ciências. In Carvalho, A. M. P. (orgs). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula* (p. 21-40), São Paulo: Cengage Learning.
- Capecchi, M. C. V. M., & Carvalho, A. M. P. (2006). Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, 17(1) (49), 137-153. Recuperado de https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/2350/49_dossie_capecchimcvm_et al.pdf

- Carvalho, A. M. P., Santos, E. I., Azevedo, M. C. P. S., Date, M. P. S., Fujii, S. R. S., & Nascimento, V. B. (2014). *Calor e Temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Carvalho, A. M. P. (2011). Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In Longhini, M. D. (org). *O uno e o diverso na educação* (p. 253-266). Uberlândia, MG: EDUFU.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequencias de ensino investigativas. In Carvalho, A. M. P. (orgs.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula* (p.1-20), São Paulo: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P., Oliveira, C., Sasseron, L. H., Sedano, L., & Batistoni, M. (2011). *Investigar e Aprender ciências* (coleção). 4º ano. São Paulo: Sarandi.
- Carvalho, A. M. P. (2006). Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In Quintanilla, M., & Adúriz-Bravo, A. (Orgs.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas*. v.1. (pp. 73-90). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica do Chile.
- Clement, L. (2013). *Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para a promoção da autonomia em aulas de física*. (Tese de Doutorado), Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- Ferraz, A. T. (2015). *Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física), Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Freiberg, H. L. (2015). *Elementos catalisadores para a promoção da negociação de sentidos*. (Dissertação de Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Gehlen, S. T. (2009). *A função do problema no processo de ensino aprendizagem de Ciências: Contribuições de Freire e Vygotsky*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- Gehlen, S. T., & Delizoicov, D. (2012). A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1) 59-79. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID279/v17_n1_a2012.pdf
- Gil, D., Torregrosa, J. M., Ramirez, L., Carrée, A. D., Gofard, M., & Carvalho, A. M. P. (1992). Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 9(1), 7-19. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7501/6882>
- Goes, M. C.R. (2001). A construção de conhecimentos e o conceito da zona de desenvolvimento proximal. In Mortimer, E. F., & Smolka, A. L. B. (orgs.). *Linguagem, Cultura e Cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. (pp. 77-88). Belo Horizonte: Autêntica.
- Kelly, G. J. (2011). Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In Linder, C., Ostman, C., Roberts, D. A., Wickman, P. O., Erickson, G., Mackinnon, A. (Orgs.) *Exploring the landscape of Scientific Literacy*. New York, London: Routledge.
- Locatelli, R. J. (2006). *Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física), Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Lopes, E. S. (2013). *É o elétron? É onda ou é partícula?: uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de Física Moderna e Contemporânea em estudantes do Ensino Médio*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física). Universidade de São Paulo Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.

- Machado, V. F. (2012). *A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Machado, V. F., & Sasseron, L. H. (2012). As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 29-44. Recuperado de <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2433/1833>
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2002). Atividades discursivas nas salas de aulas de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002
- Mortimer, E. F., & Machado, A. H. (2001). Elaboração de conflitos e anomalias na sala de aula. In: Mortimer, E. F.; Smolka, A. L. B. (orgs.) *Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. (pp. 107-138). Belo Horizonte: Autentica.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, 9(1), 89-111. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00089.pdf>
- Newman, F., & Holzman, L. (2002). *Lev Vygotsky: cientista revolucionário*. Trad. Marcos Bagno. In _____. A zona de desenvolvimento proximal: uma unidade psicológica ou unidade revolucionária? (pp. 71-110). São Paulo: Edições Loyola.
- Oliveira, J. R. S. (2010). A Perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de química. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(3), 25-45. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134/29083>
- Osborne, J. (2016). Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In Duschl, R. A., & Bismarck, A.S. (eds.) *Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice*. New York, NY: Routledge.
- Padilha, J. N. (2008). *O uso das Palavras e Gestos durante a Construção dos Conceitos de Sombra e Reflexão nas Aulas de Conhecimento Físico*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Pino, A. (2010). A criança e seu meio: contribuição de Vigotski ao desenvolvimento da criança e à sua educação. *Psicologia USP*, São Paulo, 21(4), 741-756. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/pusp/v21n4/v21n4a06.pdf>
- Raboni, P. C. A. (2013). *Solução de problemas experimentais em aulas de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental e o uso da linguagem cotidiana na construção do conhecimento científico*. (Pós Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Sá, E. F., Lima, M. E. C. C., & Aguiar-Jr., O. A. (2011). A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 79-102. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID255/v16_n1_a2011.pdf
- Sasseron, L. H. (2008). *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. (Tese de Doutorado em Educação). Programa de Pós Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigação em Ensino de Ciências*, 16(1) 59-77. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID254/v16_n1_a2011.pdf

- Sasseron, L. H. (2013). Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: Carvalho, A. M. P. (orgs.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. (pp. 41-61). São Paulo: Cengage Learning.
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, 17(n. especial), 49-67. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>
- Saviani, D. (1996). *Educação: do senso comum à consciência filosófica*. (11a ed.) Campinas, SP: Autores Associados.
- Sedano, L. S. (2005). *Ensino de Ciências e formação da Autonomia Moral*. (Dissertação de Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Silva, S. F., & Nuñez, I. B. (2002). O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, 25(6b), 1197-1203. Recuperado de http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No6B_1197_22.pdf
- Silva, A. C. T. (2008). *Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes*. (Tese de Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG.
- Souza, T. N. (2015). *Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física no Ensino Médio*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Solino, A. P. (2013). *Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação: contribuições para o ensino de Ciências/Física nos anos iniciais do ensino fundamental*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Formação de Professores, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié/BA.
- Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2014). Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 141-162. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID363/v19_n1_a2014.pdf
- Solino, A. P., Ferraz, A. T & Sasseron, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas. *Anais. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, Maresias-SP, 2015. Recuperado de <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0254-1.pdf>
- Solino, A. P. (2017). *Potenciais Problemas Significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós Graduação em Educação. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP.
- Vasconcellos, C., Lopes, B., Costa, N., Marques, L., & Carrasquinho, S. (2007). Estado da arte na resolução de problemas em Educação em Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 235-245. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART1_Vol6_N2.pdf
- Vigotski, L. S. (2007). *A formação social da mente*. (7a ed.) São Paulo: Martins Fontes.
- Vigotski, L. S. (2009a). *A construção do pensamento e da linguagem*. Trad. P. Bezerra. (2a ed.) São Paulo: Martins Fontes.
- Vigotski, L. S. (2009b). *Imaginação e criação na infância*. (Apresentação e comentários Ana Luiza Smolka. tradução Zoia Prestes). (pp. 1-42), São Paulo: Ática.
- Vygotsky, L.S., & Luria, A. R. (1996). *A história do comportamento: o macaco, o primitivo e a criança*. Trad. Lólio Lourenço de Oliveira. Porto Alegre: Artes Médicas.

Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, 13(3), 67-8. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>

Recebido em: 16.10.2017

Aceito em: 10.08.2018