

EDITAL PROCESSO SELETIVO 2023

A Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, resolve promover Processo Seletivo para o Curso de **MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**.

1- Dos Períodos de Inscrição, Horários e Local:

As inscrições poderão ser realizadas no período de **05/06/2023 a 27/06/2023**, via site: <https://www.cruzeirosul.edu.br/mestrado-e-doutorado/>.

2- Documentos Necessários: Os candidatos que participarão do processo seletivo devem apresentar os seguintes documentos:

- Comprovante de pagamento da inscrição;
- Ficha de inscrição preenchida (Anexo I)
- Memorial Acadêmico Profissional, (Anexo II)
- Diploma de graduação, pós-graduação (mestrado para os candidatos para o doutorado) expedido por estabelecimento oficial ou oficialmente reconhecido;
- Histórico escolar do curso de graduação e/ou mestrado;
- Currículo Lattes atualizado e documentado;
- CPF, Cédula de Identidade e certidão de nascimento ou de casamento (cópia);
- Comprovante de endereço residencial (cópia);

*Os documentos acima citados deverão ser enviados digitalizados por e-mail até o dia **27/06/2023** para o e-mail: **stricto.sensu@cruzeirosul.edu.br**.

É de total responsabilidade do candidato a conferência de todos os documentos entregues, visto que não haverá conferência no ato da entrega e/ou possibilidade de entrega de documentos faltantes em outro momento.

3 - Das Etapas do Processo Seletivo:

1ª. Fase: Análise de documentos – 28/06/2023

2ª. Fase: Prova Escrita - Data: 29/06/2023 – a partir das 09 Horas

3ª. Fase: Entrevista Individual - Data: 29/06/2023 – Após o término da prova escrita.

*O processo seletivo será realizado presencialmente no Campus Liberdade, Rua Galvão Bueno nº 868, São Paulo – SP – CEP: 01506-000, 10º andar Bloco B - Fone: 11 3385-3015.

(*) Textos para leitura antecipada: esses textos serão norteadores do que será solicitado na prova escrita:

Texto 1 - Anexo III

Texto 2 - Anexo III

Texto 3 - Anexo III

4 - Resultado do Processo Seletivo: em 03/07/2023.

A divulgação do resultado do processo seletivo, ocorrerá por meio do *site* www.cruzeirosul.edu.br/mestrado-e-doutorado e por e-mail.

5 – Do Curso, Vagas, Duração:

Curso	Duração	Vagas
Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências	24 meses	20

6 – Da Matrícula: 04/07/2023 até 10/07/2023

O requerimento de matrícula será enviado aos aprovados a partir da data de divulgação dos aprovados pela Secretaria de Pós-graduação e Pesquisa.

7 – Do início das aulas: segundo semestre de 2023.

8 - Valor da mensalidade: R\$ R\$1.099,00 mensais.

BOLSAS:

Havendo cotas de bolsas CAPES disponíveis, serão publicados editais ao longo do Curso.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS: Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa e-mail: stricto.sensu@cruzeirosul.edu.br, telefone 11-3385-3015.

Bibliografia sugerida:

BRITO L.O.; FIREMAN, E.C. 2018. ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA "PARA ALÉM" DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.5, p. 462-479.

CURI, E. 2021. ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO GEOMÉTRICO NO CURRÍCULO DE MATEMÁTICA DA CIDADE DE SÃO PAULO. Em Teia. Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana, v.12, no. 3, p. 1-19.

RIBEIRO, D.C.A.; PASSOS, C.G.; SALGADO, T.D. 2020. A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: AS CARACTERÍSTICAS DE UM PROBLEMA EFICAZ. Revista Ensaio • Pesquisa em Educação em Ciências, v. 22, p. 1-21.

ANEXO I

FICHA DE INSCRIÇÃO PROCESSO:

2º SEMESTRE 2023

INFORMAÇÕES INICIAIS:

1. O Mestrado Profissional é específico para professores (ou coordenadores) em exercício no ensino básico ou superior.
2. O Mestrado Profissional, pela atual legislação, NÃO dá direito a bolsas da CAPES aos alunos.
3. Verificar na página da internet as linhas de pesquisa do Programa escolhido para o processo seletivo e indicá-la após a opção pelo Curso.

INSCRIÇÃO NO PROGRAMA (1 OU 2):

1. MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA ()

LINHA DE PESQUISA _____

2. PROGRAMA ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS ()

MESTRADO ()

DOUTORADO ()

LINHA DE PESQUISA _____

DADOS PESSOAIS

NOME _____

RG _____ CPF _____

ANEXO I

Residente à _____

CEP _____, Cidade de _____,

Estado de _____.

DADOS ACADÊMICOS

Primeira Graduação em _____,

com término em _____, na instituição _____.

Segunda Graduação (se houver) em _____,

com término em _____, na instituição _____.

OUTROS CURSOS

DADOS PROFISSIONAIS

Atua como _____ desde _____ na
instituição _____, com a
carga horária de _____ horas.

ENDEREÇO DO CURRÍCULO LATTES: _____

**DECLARO QUE TENHO CONHECIMENTO DO REGULAMENTO DO CURSO PLEITEADO
(DISPONÍVEL NA PÁGINA DO PROGRAMA NA INTERNET) E CONCORDO COM ELE.**

**DECLARO, AINDA, QUE TENHO DISPONIBILIDADE TOTAL DE HORÁRIO ÀS SEXTAS FEIRAS
E AOS SÁBADOS, ALÉM DE OUTROS PERÍODOS DA SEMANA.**

ASSINATURA DO CANDIDATO

ANEXO II

ORIENTAÇÕES PARA O MEMORIAL ACADÊMICO PROFISSIONAL

O Memorial é um texto narrativo-descritivo em que o candidato analisa e reflete sobre acontecimentos de sua trajetória acadêmico-profissional e intelectual, avaliando cada etapa de sua experiência.

Por ser um instrumento de reflexão sobre a prática docente, recomenda-se que o memorial inclua em sua estrutura seções que destaquem as informações mais significativas quanto à Capacitação Profissional, ao Desempenho Acadêmico e à Produção Científica, Tecnológica, Técnica e ArtísticoCultural, dispondo-as de modo organizado e coerente.

Os documentos comprobatórios devem ser numerados (Anexo nº...) e seguir a ordem de sua apresentação no texto.

O texto deve ser redigido na primeira pessoa do singular, o que possibilitará ao candidato enfatizar o mérito de suas realizações, permitindo à Comissão de Avaliação do Processo Seletivo do 1º semestre de 2021 acompanhar o desenvolvimento profissional do candidato desde o término de sua primeira graduação.

APRESENTAÇÃO

A estrutura de apresentação do memorial deverá conter, pela ordem, as seguintes partes:

Capa: Deve conter, no alto da folha, o nome do Programa a que se destina a inscrição, a linha de pesquisa, o nome do autor, o ano e o período a que a inscrição se refere.

Sumário: O sumário é onde se encontram as divisões do trabalho. Os tópicos, títulos, subtítulos e assuntos do memorial deverão ser apresentados com o número das páginas nas quais se encontram.

Texto: O texto deve ser narrativo-descritivo das diversas atividades desempenhadas – docentes, administrativas e intelectuais – , argumentando e justificando sobre a relevância de cada tipo de atividade.

Considerações finais: Ao finalizar o relato de suas experiências, é esperado que o candidato faça uma espécie de autoavaliação, que reflita sobre a sua contribuição para o seu próprio crescimento e, também, para o engrandecimento da Instituição em que atua profissionalmente e, se possível, projete as metas que deseja alcançar posteriormente.

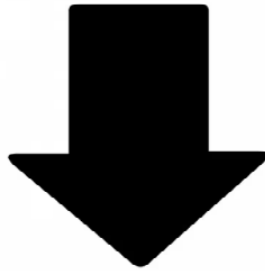
Referências: Devem ser apresentadas de acordo com as normas da ABNT vigentes.

Observações:

1. Como todo o texto, o candidato deve se preocupar com a apresentação, a forma e a linguagem empregada (uso de 1ª. pessoa, digitado em fonte 12, times new roman; papel A4, espaço entre linhas 1,5cm);
2. Por se tratar de um texto com finalidade avaliativa, o candidato deverá evitar relatar fatos que fujam da finalidade a que o memorial se destina ou que não e refiram ao período a que ele se refere;
3. Por se tratar de um texto que exige comprovação de documentos, o autor deve anexá-los na ordem de sua apresentação;
4. O memorial é um texto que acompanha obrigatoriamente a trajetória pessoal e profissional do candidato. Dessa forma, são necessárias referências e comprovações relativas às atividades desenvolvidas, evitando, assim, descrever atividades que não se adequam ao processo seletivo em questão.

ANEXO III

(*) Abaixo seguem os textos para leitura antecipada: esses textos serão norteadores do que será solicitado na prova escrita:



ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA “PARA ALÉM” DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS

Inquiry Science Teaching: A didactic proposal "beyond" conceptual contents

Liliane Oliveira de Brito [lilianeoliveirabrito@hotmail.com]

Elton Casado Fireman [eltonfireman@yahoo.com.br]

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Grupo de Formação de Professores e Ensino de Ciências

Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL, Cep: 57072-970

Recebido em: 19/02/2018

Aceito em: 24/08/2018

Resumo

Em pleno século XXI ainda encontramos professores que acreditam que basta dominar o conteúdo conceitual para promover a aprendizagem satisfatória. De acordo com Pozo; Crespo (2009) essa concepção não permite ao aluno aprender a Ciência que lhe é ensinada, uma vez que, o caráter dinâmico e processual dos saberes científicos é silenciado. Baseados na pesquisa qualitativa, dialogamos com a didática em Ciências para desenvolver argumentos que nos permita referenciar o ensino de Ciências por investigação como perspectiva que possibilita ensinar Ciências sob três dimensões: ensinar Ciências, fazer Ciências e aprender sobre Ciências. Como forma de sustentar nossas ideias, analisamos uma Sequência de ensino investigativa implementada com alunos do ensino fundamental 1. Os resultados revelaram que, o ensino de Ciências por investigação, mais que ensinar conceitos, permite entendimentos sobre processos de construções do conhecimento científico, bem como sobre as formas de realizar investigações e intervenções em situações reais.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, aprendizagem, Ensino de Ciências por investigação

Abstract

In the 21st century we still find teachers who believe that it is enough to master the conceptual content to promote satisfactory learning. According to Well; Crespo (2009) this conception does not allow the student to learn the Science that is taught to him, since, the dynamic and procedural character of scientific knowledge is silenced. Based on the qualitative research, we dialogue with the didactics in Sciences to develop arguments that allow us to reference the teaching of science through research as a perspective that makes it possible to teach science in three dimensions: teaching science, doing science and learning about science. As a way of sustaining our ideas, we analyzed a sequence of investigative teaching implemented with elementary students. The results revealed that the teaching of science through research, rather than teaching concepts, allows understanding of the processes of constructions of scientific knowledge, as well as on how to conduct investigations and interventions in real situations.

Keywords: Science teaching; learning; Inquiry Science Teaching

Introdução

A discussão acerca do papel e do lugar dos conteúdos conceituais é bastante polêmica nas pesquisas em didática em Ciências. Investigações como as feitas por Lima; Maués (2006) abordam argumentos que fragilizam a premissa de que todos os objetivos do processo de ensino devem se resumir à aprendizagem de conteúdos conceituais, que na maioria das vezes, são ensinados de forma hermética, fria e estática. Em um momento histórico em que a Ciência se faz muito presente nas relações sociais, não cabe mais a escola insistir em um modelo de ensino pautado em conceitos em forma de produto (a) histórico e impessoal.

Partimos da ideia que é preciso permitir aos alunos conhecer a linguagem da Ciência, isso significa trabalhar esse componente curricular como produto e também como processo. Consideramos que esse princípio no ensino de Ciências possibilita ao aluno enxergar essa área do saber como atividade humana diretamente relacionada à sua vida pessoal e coletiva, ainda mais, como área do saber, que por suas peculiaridades de produção, se processa e se transforma continuamente trazendo implicações diretas para sociedade.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) se constituíram em relevantes contribuições para as diversas áreas do conhecimento e para Ciência não poderia ter sido diferente, pois, ao orientar que os conteúdos de ensino nos planejamentos devam ser trabalhados em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais acabou que sendo um condão para colocar o aluno em contato com uma Ciência que o permita ir além da descrição de objetos e fenômenos. Diante do exposto, realizar procedimentos e adotar atitudes capazes de dinamizar a aprendizagem, dentro de uma lógica que é própria das construções científicas, passaram a ser vistas, também, como conteúdo de ensino em Ciências.

Baseados nos estudos de Carvalho et al. (1998) entendemos que a introdução dessa lógica no ensino de Ciências implica trabalhar os conteúdos científicos em sala de aula em forma de problemas que considerem procedimentos como: Testes de hipóteses, controle de variáveis, observação de evidência, sistematização e socialização de resultados coletivamente. Em outras palavras, implica trabalhar o ensino de Ciências por investigação, que se constitui em uma perspectiva capaz de tornar o conteúdo mais interessante ao passo que permite ao aluno aprender Ciências por meio das suas próprias ações criativas.

Concebemos que o ensino de Ciências por investigação, por possuir essa peculiaridade de apresentar os conteúdos por meio de problemas em que os alunos são chamados a resolvê-los de forma ativa é um dos caminhos para o professor conseguir em sua práxis [...] “tornar o conteúdo mais interessante por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.” (CASTRO, p. 30, 2016).

Guiados por essa concepção, fizemos um diálogo com a literatura em didática em Ciências. Esse diálogo pautado na análise de conteúdo proposta por Bardin (2011) nos possibilitou delinear categorias, e, em uma leitura lógica dos dados, referenciar o ensino de Ciências por investigação como perspectiva de ensino pautada em três dimensões: aprender Ciências, aprender a fazer

Ciências e aprender sobre Ciências. A análise das categorias ainda tornou inteligível que tais dimensões, propostas em conteúdos concretos em sala de aula, se desdobram em conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Também foi possível perceber que tais conteúdos conjugados aos objetivos didáticos específicos da área de Ciências possibilitam a aprendizagem de conceitos, teorias e termos científicos; a compreensão dos procedimentos da Ciência; o entendimento da relação entre Ciência, tecnologia e sociedade.

Como forma de sustentar as considerações construídas no presente manuscrito, analisamos uma Sequência de ensino investigativa - SEI implementada em 2014 em um 5º ano do ensino fundamental. Desse modo, apresentamos em termos práticos como o ensino de Ciências por investigação, por meio das três dimensões citadas, possibilita a aprendizagem dos conteúdos de Ciências “para além” de conteúdos conceituais.

Conteúdos de ensino e aprendizagem: O que considerar no ensinar de ciências?

Os Parametros Curriculares Nacionais - PCN (1997) abordam em suas orientações a ideia de conteúdos conceituais (saber sobre), conteúdos procedimentais (saber fazer) e conteúdos atitudinais (saber ser). Pozo e Crespo (2009) entendem que fatos e dados também são conteúdos conceituais e que para aprender Ciências é necessário considerá-los. Sob essa ótica, Pozo e Crespo (2009) destacam que a transmissão verbal de informações não é mais o objetivo da Educação Científica, mas isso não significa dizer que não devemos ensinar dados aos alunos.

Os dados possuem funcionalidade no processo de aprendizagem, pois servem de suporte para que os discentes compreendam conceitos. Para tanto, os dados não devem se justificar por si mesmos, ao contrário, esse tipo de conteúdo deve ser usado em um contexto que deixe claro para o aluno a importância do seu uso. Desse modo, podemos afirmar que a melhor forma dos alunos aprender dados é através da aprendizagem de conceitos. E o que seria necessariamente aprender conceitos? Pozo e Crespo (Ibid., p. 82) nos dizem:

Uma pessoa adquire um conceito quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação que lhe é apresentada, ou seja, quando “compreende” esse material; e compreender seria equivalente, mais ou menos, a traduzir algo para suas próprias palavras.

De acordo com Zabala (1998), as formas de aprender dados são diferentes das formas de se aprender conceitos. O reconhecimento de dados é aprendido pela memorização e repetição; por sua vez, a aprendizagem de conceitos acontece através da relação das novas informações com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem de conceitos é um campo aberto, ou seja, é uma ação em contínua reconstrução. Assim, um conceito que aprendemos hoje ganha novas interpretações e aprofundamentos a partir do momento que entramos em contato com novas experiências.

Desse modo, a aprendizagem de fatos e dados possui o caráter de tudo ou nada e é pautada em padrões quantitativos: ou se sabe literalmente o número de um telefone, por exemplo, ou não se sabe nada. Em contrapartida, a aprendizagem de conceitos é pautada em padrões qualitativos, ou seja, compreendemos um fenômeno em progressões graduais.

Os estudos atuais que tratam sobre a natureza da Ciência divulgam que o conhecimento científico é construído em um processo histórico e social. Possuindo a marca de um processo, logo, se conclui que os produtos da Ciência são construções que se materializam pela dimensão

processual, ou seja, se constituem pelo “saber fazer”. Nessa acepção, cabe acentuar a necessidade do Ensino de Ciências ter como um de seus objetivos “[...] a prática de ajudar os alunos a aprender e fazer Ciência, ou, em outras palavras, ensinar aos alunos procedimentos para a aprendizagem de Ciências” (POZO; CRESPO 2009, p. 47).

Nesse contexto, o ensino de conteúdos conceituais e procedimentais deve ser planejado juntamente com os conteúdos atitudinais. Isso implica dizer que essas três dimensões formam uma tríade estritamente relacionada. Nesse entendimento, a capacidade de “saber sobre” e “saber fazer” se amplia para a habilidade de ser capaz de emitir juízo de valor sobre os assuntos discutidos em sala de aula.

De acordo com Campos e Nigro (1999), os conteúdos atitudinais são amplos e gerais; Portanto, valorizar a solidariedade, o respeito e a cooperação são atitudes que devem ser trabalhadas em todas as disciplinas. Entretanto, os autores (Ibid.) destacam a existência de conteúdos atitudinais específicos de Ciências. Esses são classificados como atitudes dos alunos para com a Ciência e atitudes científicas. São caracterizadas como *atitudes dos alunos para com a Ciência*: O juízo de valor que os discentes possuem acerca do desenvolvimento científico tecnológico, o estereótipo que possuem dos cientistas e o interesse por assuntos científicos. De tal modo, as *atitudes científicas* são efetivadas na vontade e curiosidade dos alunos em aprender Ciências, buscando para isso, comportamentos e condutas endereçadas ao método científico: objetividade, pensamento crítico, criatividade, levantamento de hipóteses, conclusões e etc. (CAMPOS; NIGRO 1999)

Ensino de ciências por investigação: Algumas discussões para entender suas perspectivas atuais

O ensino de Ciências por investigação se constitui em uma perspectiva de ensino que vem ganhando historicamente reformulações em seus fundamentos didáticos. Tal questão é decorrente das mudanças sociais que influenciam diretamente as práticas de ensino a fim de adequá-las a concepção de homem e sociedade de cada época vigente. Não é nossa pretensão fazermos uma discussão pormenorizada do ensino de Ciências por investigação em sua perspectiva histórica, contudo, cabe aqui relatar, brevemente, alguns aspectos nesse sentido como condição para compreendermos as discussões atuais acerca dessa perspectiva de ensino.

A ideia de ensinar Ciências por investigação não é nova, ela tem raízes americanas e surgiu a partir de influências da Ciência indutiva na segunda metade do século XIX. Chalmers (2000) explica que a Ciência indutiva na construção do conhecimento científico tem como princípio a observação desprovida de qualquer concepção apriorística (hipótese) acerca do fenômeno pesquisado. De acordo com Zômpero; Laburú (2011) a Ciência indutiva foi uma justificativa para o surgimento de práticas de ensino de Ciências em laboratórios.

Entretanto, dessa época aos dias atuais, algumas mudanças foram incorporadas ao ensino de Ciências por investigação. Nesses termos, com o surgimento da pedagogia progressista no final do século XIX nos Estados Unidos, o ensino de Ciências por investigação passou a ser referendado sob os augúrios de John Dewey, que defendia [...] “o ensino centrado na vida, na atividade, aliando teoria e prática, sendo o aluno participante ativo de seu processo de aprendizagem.” (ZÔMPERO; LABURÚ, p. 69, 2011). Baseado nessa concepção de ensino, Dewey recomendou o ensino de Ciências por investigação na educação americana em 1938 a partir de um método científico que

consistia em [...] “definição do problema, sugestão de uma solução, desenvolvimento e aplicação do teste experimental e formulação da conclusão.” (ANDRADE, p. 124, 2011)

Em 1950 em virtude do contexto social americano, que demandava o desenvolvimento científico-tecnológico, os cientistas e educadores passaram a criticar a educação científica da época na argumentação de que estava bastante focada no aluno e nos aspectos de ordem social. De tal modo, foi promovida uma reforma curricular em Ciências, em que o ensino por investigação, na época, praticado sob os fundamentos do ensino por redescoberta, passou a almejar a formação de pesquisadores para alavancar o desenvolvimento científico.

Logo, a prática pedagógica do ensino por redescoberta em 1950 e 1960 tinha como eixo balizador conduzir o aluno a fazer a atividade científica por meio de um método experimental com etapas fixas: observação de fenômenos, comparação de dados, coleta de dados, controle de variáveis, sistematização de dados e conclusão. Com as crescentes pesquisas em didática em Ciências, o ensino por redescoberta passou a ser criticado, pois se verificou a existência de alguns equívocos, um deles foi [...] “o fato de muitos professores conceberem que o desenvolvimento de um conhecimento científico se dava, somente, à medida que se caminhava em um método rígido e indutivo.” (CAMPOS; NIGRO p. 26, 1999)

Com as proposições das ideias construtivistas, nos anos finais da década de 70, as lacunas do ensino por redescoberta foram reforçadas, pois, surgiu o movimento das concepções alternativas que partiram da premissa de que os alunos ao serem colocados diante dos objetos de estudos sempre utilizam esquemas conceituais prévios, que são resistentes a mudanças. De acordo com Carvalho; Gil Perez (2005) a partir dessas concepções surgiu uma linha de investigação com o objetivo de delinear proposições didáticas para mudança, ou, evolução dos conceitos alternativos para os científicos. Essa linha investigativa, por estar pautada nos referenciais construtivistas, considera os conhecimentos iniciais dos alunos e propunha a aprendizagem como um processo de reconstrução a partir de situações problemas.

No final de 1980 e início de 1990, o crescente debate na vertente de que a Ciência não é algo apartado da sociedade, mas, uma atividade humana, social e cultural, ocasionou novos desdobramentos pedagógicos ao ensino de Ciências por investigação. É nesse contexto, que surgiram elementos consistentes que criticaram o uso dessa perspectiva de ensino em seu caráter puramente instrumentalista, isto é, no foco limitado ao uso do método experimental em forma de algoritmo.

Assim, recebendo influências próprias do campo da produção do conhecimento científico, o ensino de Ciências por investigação passou a ser difundido no objetivo de desenvolver uma cultura científica escolar em que se [...] “proporciona ao aluno, além da aprendizagem de conceitos e procedimentos, o desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas e a compreensão da natureza da ciência.” (ZÔMPERO; LABURÚ, p. 67, 2011).

Contudo, a partir desses referenciais, passou a ser equivocado utilizar as práticas de ensino, dessa área do saber, a partir de reflexões de construção simplista do conhecimento científico, como: conceber o empirismo pela observação de dados puros, conceber um método experimental com etapas fixas, não conceber o caráter divergente da construção do conhecimento, bem como o caráter social do desenvolvimento científico.

Fundamentos metodológicos da pesquisa: Explicitando a construção dos dados da investigação

A pesquisa bibliográfica na abordagem qualitativa foi utilizada como fundamento para estruturar conhecimentos didáticos que pudessem referenciar o ensino de Ciências por investigação como perspectiva de ensino que possibilita aos professores ensinar Ciências para “além” da lógica enciclopédica pautada puramente em conteúdos conceituais em sua forma descontextualizada. Por meio da análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), fizemos uma leitura sistematizada nas referências da didática em Ciências que versam sobre a temática aqui discutida.

Organizamos a pesquisa em duas etapas. Na primeira, a proposta de trabalho foi construir um *corpus* teórico que tornasse inteligível, em termos pedagógicos, sob quais bases e constructos didáticos o ensino de Ciências por investigação possibilita ao professor ensinar Ciência para “além” de conteúdos conceituais, de modo a abarcar, também, elementos do próprio fazer científico e o entendimento do como esse fazer se processa, se legitima e se transforma. Para o levantamento dos dados, bem como para facilitar a análise dos mesmos, nos respaldamos na técnica da análise categorial.

Visto que [...] essa técnica funciona como uma “[...] espécie de gavetas ou rubricas significativas que permitem a classificação dos elementos de significação constitutivos da mensagem” (BARDIN 2011, p. 43), separamos em categorias, ou seja, separamos unidades que serviram como critérios de classificação ou códigos facilitadores para decodificar as informações em suas unidades de sentido e significação. Assim, agrupamos algumas unidades de significação de mesma ordem e entendimento em suas respectivas correspondências categoriais.

Isso feito, partimos para o segundo momento da pesquisa que teve como propósito sustentar os elementos elencados nas categorias. Para tanto, analisamos uma SEI implementada em um 5º ano do ensino fundamental. Essa análise foi realizada sob as seguintes linhas norteadoras: 1) Sob quais bases organizativas o ensino por investigação propicia o ensino de Ciências para “além” de conteúdos conceituais?; 2) O que se aprende, em termos de conteúdos concretos, por meio do ensino de Ciências por investigação?

Perspectivas atuais do ensino de Ciências por investigação: Alguns referenciais teóricos de como ensinar Ciência “para além” de conteúdos conceituais.

A proposição de conduzir o aluno à compreensão da natureza do conhecimento científico é uma das pretensões do ensino de Ciências por investigação. Esse ideal, em termos didáticos, pode, em grande medida, se constituir no objetivo de conduzir o aluno a desenvolver uma concepção crítica da Ciência percebendo seus processos como atividade humana diretamente relacionada às construções sociais e culturais. Nessa perspectiva, Andrade (2011, p. 129) afirma que o ensino de Ciências por investigação:

assume uma crítica a atividades de investigação com perspectivas simplistas e pouco reflexivas da ciência. **É também que a investigação deve ir além das atividades técnicas instrumentalistas, como coleta e análise de dados, discutindo as relações e implicações sociais e políticas da investigação científica na sociedade, incluindo as controvérsias e limites da ciência durante a realização das atividades.** (grifo nosso)

Dado o exposto e considerando que [...] “as visões dos estudantes sobre a natureza do conhecimento científico são influenciadas pela forma através da qual a Ciência lhes é ensinada”

(MACEDO 2015, p. 84) e, ainda, considerando que [...] “a forma de aprender Ciências pode influenciar mais no futuro acadêmico e pessoal do aluno que os próprios conteúdos aprendidos” (POZO; CRESPO 2009, P. 39), passamos a vislumbrar o ensino de Ciências por investigação fundamentado em alguns princípios da natureza do conhecimento científico em sua perspectiva crítica. Esses princípios para Macedo (2015, p. 95) são:

Recusar a ideia de um método científico; recusar empirismo que concebe o conhecimento como resultado da inferência indutiva a partir de “dados puros”; evidenciar o papel do pensamento divergente na investigação; buscar a coerência global e compreender o caráter social do desenvolvimento científico.

É certo que esses princípios, no âmbito da epistemologia da Ciência, são construídos em discursos e objetivos diferentes daqueles propostos pela escola, afinal, nossos alunos não agem e pensam como cientistas. Contudo, assim como Carvalho; Sasseron (2015) acreditamos que tal fato não inviabiliza a adaptação de aspectos próprios da construção do conhecimento científico ao ensino de Ciências. Assim, defendemos que é justamente essa adaptação à linguagem pedagógica que dá o tom ao ensino de Ciências por investigação no sentido de possibilitar ao aluno mais que aprender um conjunto de conceitos, que apresentado em sua forma pronta, mais enfatiza uma Ciência que em muito pouco ensina a pensar, sentir e falar sobre o mundo.

Essa afirmativa se torna coerente pelo fato de Duschl (2005, p. 4) tão bem pontuar¹ que:

A incorporação e desenvolvimento da investigação científica em contextos educativos devem focar três objetivos integrados: a) estruturas conceituais e cognitivas utilizadas para raciocinar cientificamente; b) estruturas epistêmicas utilizadas no desenvolvimento e avaliação do conhecimento científico; c) Os fóruns e processos sociais que retratam como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido. (tradução nossa)

Diante das assertivas até aqui abordadas, entendemos que o ensino de Ciências por investigação acaba, conseqüentemente, oportunizando aos alunos aprender Ciências sobre três dimensões articuladas, que são: Aprender Ciências, aprender a fazer Ciências e aprender sobre Ciências. Isso significa que para além de visar o ensino de conceitos científicos como produtos prontos, essa perspectiva de ensino proporciona ao aluno aprender Ciências enquanto cultura para ler, pensar, falar, perceber e sentir o mundo. Para explicar pedagogicamente como essas dimensões são possibilitadas por meio do ensino de Ciências por investigação as conjugaremos em conteúdos concretos de ensino explicitando sob quais bases didáticas os alunos as aprendem.

Nesses termos, enquanto conteúdo concreto de ensino, entendemos o “aprender Ciência” como dimensão desencadeadora de conteúdos conceituais, o “aprender a fazer Ciência” como dimensão desencadeadora dos conteúdos procedimentais e o “aprender sobre Ciências” dimensão

¹ (1) The incorporation and assessment of scientific inquiry in educational contexts needs to focus on three integrated domains:

- The **conceptual** structures and cognitive processes used when reasoning scientifically,
- The **epistemic** frameworks used when developing and evaluating scientific knowledge, and,
- The **social** processes and forums that shape how knowledge is communicated, represented, argued and debated.

desencadeadora de conteúdos atitudinais. Esse enfoque se sustenta nas ideias de Hodson, 1992 apud Gil Pérez, 1996, p. 893) ao considerar² que:

Não é possível separar esses três elementos: Aprendizagem em ciências (aquisição de conhecimento conceitual e teórico), aprendizagem sobre ciências (desenvolvimento e compreensão dos métodos e natureza da ciência e consciência da complexa interação entre ciência e sociedade) e fazer ciência (desenvolvimento de habilidades em investigação científica e resolução de problemas). (tradução nossa)

É claro que os conteúdos aqui propostos não são exatamente fixos a cada dimensão citada, ao contrário, em uma única dimensão, a depender do foco dado ao ensino, pode ser trabalhado todos os tipos de conteúdos, logo, na dimensão “aprender sobre Ciências” além de conteúdos atitudinais também podem ser desenvolvidos conteúdos conceituais e procedimentais de forma integrada. Contudo, a fim de facilitar a explanação de como o ensino de Ciências por investigação permite a aprendizagem para além de conteúdos conceituais, relacionamos os conteúdos às dimensões que lhe são mais marcantes.

Antes de apresentarmos as categorias desenvolvidas nesse artigo, cabe destacar que as habilidades propostas a uma pessoa alfabetizada cientificamente foram agrupadas por Sasseron (2013) em três blocos denominados Eixos estruturantes da Alfabetização Científica, são eles: 1) Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, 2) Compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, 3) Entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e meio ambiente.

A autora (Ibid.) considera que esses eixos oferecem bases suficientes para elaborar planejamentos de aula que visam à Alfabetização Científica. Em outra obra, Sasseron; Carvalho (2008) elencam indicadores da alfabetização Científica que funcionam como habilidades próprias do “fazer científico” capazes de denotar se o processo de Alfabetização Científica está acontecendo em situações de aula. Tendo em vista que Sasseron (2015. p. 14) também nos diz que [...] “a alfabetização científica deve estar sempre em construção, englobando novos conhecimentos pela análise e em decorrência de novas situações.”, acreditamos que a discussão acerca de processos educativos capazes de colocar em andamento tanto as habilidades propostas nos eixos estruturantes da Alfabetização Científica quanto em seus indicadores não são esgotáveis.

Com essa concepção, entendemos o Ensino de Ciências por investigação como proposta didática que, sobremaneira, desencadeia as habilidades explicitadas nos eixos estruturantes da Alfabetização Científica. Também consideramos que as habilidades propostas nos indicadores da Alfabetização Científica são grandes marcas do ensino de Ciências por investigação. Logo, entendemos que o ensino de Ciências por investigação funciona como um dos meios para se atingir os fins, no caso em tela, para se alcançar a Alfabetização Científica.

A seguir, apresentamos categorias focadas no objetivo de referenciar o ensino de Ciências por investigação como proposta didática organizativa que permite ao professor ensinar Ciência não só como produto, mas também como processo em que o “aprender a aprender” é uma variável constante. Para tanto, olhamos atentamente as características do ensino de Ciências por investigação

² It is not possible to separate these three elements: learning science (acquiring conceptual and theoretical knowledge), learning about science (developing an understanding of the nature and methods of science and awareness of the complex interactions between science and society)

a fim de sistematizar elementos didáticos que sinalizem como essa perspectiva de ensino pode ser utilizada nessa proposição. Delineamos três categorias: Aprender Ciências, Aprender a fazer Ciências e Aprender sobre Ciências. Em cada uma delas, discutimos quais conteúdos são ensinados, bem como esses conteúdos podem ser aprendidos.

O que se aprende e como se aprende na dimensão “Aprender Ciências” do ensino de Ciências por investigação

Como visto anteriormente, Hodson, (1992) apud Gil Pérez, (1996) argumenta que a aprendizagem “em Ciências” se relaciona a conhecimentos conceituais e teóricos. Dessa forma, podemos inferir que a dimensão “aprender Ciências”, enquanto propositora de conteúdo de ensino concreto, nos fundamentos do ensino de Ciências por investigação, demanda, de forma marcante, o ensino de conteúdos conceituais pensados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997).

Por se constituir assim, em objetivos de aprendizagem específicos da didática em Ciências, ou mesmo, em termos de Alfabetização Científica na proposta dos três eixos estruturantes delineado por Sasseron (2013) podemos dizer, por suas características, que a dimensão “aprender Ciência” se relaciona, de forma mais direta, ao direcionamento das habilidades propostas no eixo pertinente à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.

Cabe destacar, que na perspectiva do ensino de Ciências por investigação, os conteúdos conceituais não devem ser objetivados de forma desarticulada com outros conteúdos de ensino, pois [...] “a organização dos conteúdos escolares com base em conceitos é artificial, em virtude de estes estarem centrados na lógica da ciência pronta.” (CARVALHO; SASSERON, 2015, p. 252). Por conseguinte, para aprender conteúdos conceituais fora dessa lógica se torna interessante propor a disciplina de Ciências como produção científica em que os alunos não terão os conceitos prontos dados pelo professor, mas terão que se envolver ativamente com os conteúdos propostos em forma de problemas a serem resolvidos.

Orientados principalmente pelos constructos teóricos de Carvalho et al. (1998), podemos afirmar que a aprendizagem de conteúdos conceituais, logo, a dimensão “aprender Ciência”, é desenvolvida ao passo que o aluno diante de um problema a ser resolvido percebe limitações em suas compreensões acerca do objeto de estudo e passa a agir sobre esse objeto por meio do delineamento de hipóteses, testes de hipóteses, observação de evidências, explicação de relações causais nos acontecimentos, conclusão e justificativas dessas conclusões em uma dinâmica dialógica. O exercício de pensar sobre esse agir, em uma atividade investigativa, se constitui como elemento desencadeador para que o aluno através da tomada de consciência da sua ação sobre o objeto possa desenvolver o raciocínio científico, que por sua vez, acarreta a elaboração de conceitos em forma de processo e não de produto.

A tomada de consciência da ação sobre o objeto de estudo, nas atividades investigativas, é um processo metacognitivo, pois o aluno ao pensar, isto é, ao trazer para o plano intelectual o seu agir sobre o objeto de estudo relacionando-o a acontecimentos, acaba por construir uma forma de aprendizagem em que suas próprias atuações e interações estão no centro do processo. Isso significa que não aprendemos somente pelo dissertar de conceitos por parte do professor, mas, por protagonismo. Ainda mais, significa que [...] “a aprendizagem de procedimentos e atitudes se torna, dentro do processo de aprendizagem, tão importante quanto à aprendizagem de conceitos e/ ou conteúdos.” (AZEVEDO, 2004, p. 21)

O que se aprende e como se aprende na dimensão “Aprender a fazer Ciências” do ensino de Ciências por investigação

Como vimos anteriormente, Hodson 1992 apud Gil Pérez (1996, p. 893) considera o “fazer Ciência” diretamente relacionado ao desenvolvimento de habilidades voltadas a resolução de problemas. Essa consideração nos permite tecer argumentos na assertiva de que a dimensão “aprender a fazer Ciência” está ligada a conteúdos que permitem aos alunos compreender sobre quais bases e processos o conhecimento científico se constrói e se transforma. Assim, O “Aprender a fazer Ciência” enquanto dimensão no ensino de Ciências por investigação se relaciona mais diretamente a aprendizagem de aspectos acerca da estrutura da Ciência enquanto corpo de produção de conhecimento aberto e dinâmico.

Dessa forma, a dimensão “aprender a fazer Ciência”, enquanto desencadeadora de conteúdos concretos de ensino, promove conteúdos procedimentais que pensados especificamente no ensino de Ciências colocam em andamento, de forma mais direta, a compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam a sua prática, que é justamente, um das habilidades dos eixos da Alfabetização Científica proposta por Sasseron (2013). Essa assertiva ganha sustentação pelo fato desse eixo nas palavras de Carvalho e Sasseron (2015, p. 254) está associado:

à ideia de Ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originaram os saberes.”

Nessa perspectiva, o “aprender a fazer Ciência”, traduzido em conteúdos de ensino concretos, pode ser utilizado como conteúdos procedimentais que irão encaminhar o aluno no desenvolvimento de ações adequadas a resolução de problemas. Contudo, cabe bem ressaltar, que essas ações nesse contexto não assumem o sentido de passos a serem seguidos literalmente em forma de *script* em um método experimental como era feito na década de 50 e 60. Assim, o “aprender a fazer Ciência” é possibilitado, de forma coerente, quando o professor trabalha os conteúdos de Ciências com enfoques próprios do fazer científico permitindo liberdade intelectual aos alunos para que criem planos de resolução do problema proposto.

Com essa liberdade, os alunos passam a desenvolver habilidades cognitivas, pois, mais que seguir um roteiro instrumentalista experimental, geralmente proposto para comprovação de teorias dadas pelos professores, os alunos criam operações de resolução proporcionalmente alinhadas ao raciocínio científico, isto é, submetem as ações procedimentais ao plano intelectual, ou, nas palavras de Carvalho *et al.* (1998) tomam consciência de suas ações. Isso significa afirmar, que os procedimentos experimentais se constituem como conteúdos de ensino para dimensão “aprender a fazer Ciência” em uma lógica em que procedimentos científicos não estão separados do produto final, isto é, do conhecimento em sua forma conceitual, pois o observar variáveis, a criação e testes de hipóteses, a sistematização de dados e a comunicação de inferências, mesmo de forma indireta, estão contidos no conceito.

Assim, é notório que a dimensão “fazer Ciência” como propulsora de conteúdos procedimentais se constitui como conteúdos de ensino que possibilita ao aluno aprender, justificar e explicar os temas e conteúdos de Ciências por meio da sua mediação direta sobre o objeto de estudo, questão essa, que o faz ter uma visão de Ciência enquanto processo e produto, pois aprender a conceituar nesse contexto [...] “é um processo que se inicia com a reconstrução da própria ação e,

depois, vai evoluindo para as sequências exteriores, permitindo uma elaboração gradativa de noções necessárias para explicação dos fenômenos.” (CARVALHO *et al.* 1998, p. 23)

O que se aprende e como se aprende na dimensão “Aprender sobre Ciências” do ensino de Ciências por investigação

Várias pesquisas como as feitas por Bassoli (2014) e Cachapuz (2011), se dedicaram a investigar a construção de visões distorcidas acerca da Ciência que influenciam diretamente o processo de ensino e aprendizagem dessa área do saber. Citamos algumas visões ³elencadas por Cachapuz (2011), que são: visão descontextualizada, concepção individualista e elitista, concepção empíro-indutivista, visão rígida, algorítmica e infalível, visão aproblemática e ahistórica, visão exclusivamente analítica e visão acumulativa de crescimento linear.

O “aprender sobre Ciências” na perspectiva do ensino por investigação é uma dimensão que, justamente, possibilita ao aluno desenvolver visões mais adequadas acerca da Ciência, pois, quando o aluno aprende os conteúdos de Ciências por meio das relações e implicações entre o “aprender Ciências” e “aprender a fazer Ciências”, conseqüentemente, passa a aprender “Sobre Ciências”, uma vez que, nesse contexto, o conhecimento não é transmitido em forma de conceituações em sua versão neutra, acabada e inquestionável, mas, dentro de uma lógica em que a Ciência se constitui como atividade humana construída em uma dinâmica dialógica entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Nesses termos, se torna difícil pensar a dimensão “aprender sobre Ciências” descolada do “aprender Ciências” e do “aprender a fazer Ciências”, tal situação decorre do fato do “aprender sobre Ciências” ser mobilizado quando o aluno passa a fazer uma reflexão sobre as formas e maneiras em que aprendeu. Isso pressupõe, que ao pensar em sua aprendizagem pautada em uma aula como produção científica, isto é, em uma dinâmica em que não tem as respostas em sua forma pronta, o aluno passa a aprender sobre Ciências em uma visão mais adequada a natureza do conhecimento científico em sua perspectiva crítica.

Por essa característica, podemos afirmar que a dimensão “Aprender sobre Ciências” promove um ato metacognitivo, pois para Ramalho *et. al.* (2004, p. 172) [...] “ a metacognição implica a auto-regulação da atividade de aprender, quer dizer, a **conscientização dos processos que utilizamos para conhecer os erros e os sucessos, para aprender como aprendemos.**” (grifo nosso).

Assim, tendo em vista que Hodson 1992 apud Gil Pérez (1996, p. 893) relaciona a aprendizagem “sobre Ciências” ao desenvolvimento e compreensão dos métodos e natureza da Ciência, bem como a consciência da complexa interação entre Ciência e sociedade, passamos a referendar o “Aprender sobre Ciências”, na perspectiva do ensino por investigação, como dimensão que possibilita trabalhar conteúdos atitudinais diretamente relacionados ao desenvolvimento de uma percepção holística do processo de construção do conhecimento científico. Essa afirmativa decorre da assertiva de Carvalho (2015) ao partir do princípio de que a aprendizagem de conteúdos baseada em problemas permite aos alunos uma mudança intelectual, pois nessa perspectiva ele participa de

³ Para saber detalhes acerca dessas visões distorcidas acerca da ciência ler CACHAPUZ, A. *et al.* A **necessária renovação no Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

forma ativa do processo de construção do conhecimento, o que traz como resultado uma percepção mais adequada acerca da estrutura do conhecimento científico.

Assim, em virtude dessa percepção holística da construção do conhecimento científico, o aluno não apenas aprende conceitos, mas também aprende o que Carvalho (2015) chama de praticar, falar e sentir Ciências. Logo, essa dimensão possibilita, de forma mais direta, conduzir o aluno a compreender os valores da Ciência de uma forma mais adequada a sua natureza. Nesses termos, a dimensão “aprender sobre Ciências” enquanto propulsora de conteúdos concretos de ensino em Ciências coloca em andamento as habilidades pensadas nos eixos dois e três da Alfabetização Científica pensados por Sasseron (2013), que são respectivamente: entendimento das relações existentes entre Ciência tecnologia e sociedade, compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam a sua prática.

Apresentação da ocorrência das dimensões: “Aprender Ciências”, “Aprender a fazer Ciências” e “Aprender sobre Ciências” em uma Sequência de ensino investigativa - SEI

A fim de ilustrar as proposições desenvolvidas no presente manuscrito, fizemos uma análise de um trecho de uma SEI denominada “*De onde vem o arco-íris?*”. A referida SEI fez parte de uma pesquisa maior e foi planejada e implementada em 2014 em uma turma com dezoito alunos com idade entre oito a onze anos de idade de um 5º ano do ensino fundamental de uma escola pública.

A SEI foi implementada em duas aulas com duração de quatro horas cada uma e organizada em duas etapas. Assim, na primeira etapa foi trabalhado um experimento no objetivo de que os alunos ressignificassem o fenômeno do arco-íris. Após uma breve contextualização do assunto com a vida cotidiana e diante de materiais como, um recipiente de plástico transparente, cartolina branca e uma lanterna foi proposto o seguinte problema: **Como fazer para que um arco-íris apareça no quadro branco utilizando esses materiais?**

Visto que nosso objetivo é exemplificar como o ensino de Ciências por investigação possibilita o ensino e a aprendizagem dos conteúdos desse componente curricular para além de conteúdos conceituais, permitindo, também, entendimentos sobre processos de construções do conhecimento científico, analisamos um trecho da SEI focando as dimensões: “Aprender Ciências”, “Aprender a fazer Ciências” e “Aprender sobre Ciências” em aspectos que sinalizam a suas ocorrências, bem como ao que se aprende em termos de conteúdos concretos em cada uma delas.

Convém lembrar, como já fora aqui discutido, que em uma única dimensão, a depender dos objetivos didáticos do professor, podem ser trabalhados conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma mútua. Também é válido mencionar, que as dimensões aqui propostas não são elementos estanques, fragmentados, o que significa dizer que em uma cadeia evolutiva de raciocínio podem ser encontrados conteúdos de aprendizagem de duas, ou mesmo, três dimensões do ensino de Ciências por investigação. Isso explica o fato de termos tratado em algumas categorias (pelo menos duas delas) conteúdos relacionados às dimensões “Aprender sobre Ciências” e “Aprender a fazer Ciências” de forma conjunta, o que não significa necessariamente que se trata de dimensões indissociáveis, pois, embora apresentem a prerrogativa de serem trabalhadas conjuntamente possuem propriedades pedagógicas diferentes: A primeira se relaciona a conteúdos de natureza atitudinal ao passo que a segunda acena a aprendizagem de conteúdos de natureza procedimental.

Vale destacar que, a análise proposta foi realizada tendo como foco as falas dos alunos que participaram da aplicação da SEI e por questões de síntese, ou mesmo por questões objetivas, algumas dessas falas foram suprimidas a fim de deixar a amostra somente as transcrições que melhor exemplificam o objetivo proposto nesse trabalho. A letra “P” se refere às falas da pesquisadora e a letra “A” seguidas de números se refere aos alunos.

Fonte: Dados da pesquisa

Categoria	Falas transcritas	Possíveis conteúdos a serem trabalhados	Como os conteúdos são desenvolvidos
DIMENSÃO: “APRENDER SOBRE CIÊNCIAS” E “APRENDER A FAZER CIÊNCIAS”	<p><i>P: Como fazer aparecer a imagem de um arco-íris no quadro branco usando a lanterna e essa bacia com água?</i></p> <p><i>A4: A luz clareia a água.</i></p> <p><i>A5: Colocar a lanterna assim.</i></p> <p><i>A6: Refletir a luz na água.</i></p> <p><i>A7: Colocando a lanterna assim. (aluno faz gesto apontando a lanterna para água)</i></p> <p><i>P: Ligada ou desligada?</i></p> <p><i>A: Ligada. (resposta geral da turma)</i></p> <p><i>P: Então deixe eu fazer. (pesquisadora faz a ação sugerida pelos alunos)</i></p> <p><i>A7: Bota aqui! (O aluno aponta a mão para a vasilha com água, mais especificamente para o lado direito da vasilha)</i></p> <p><i>P: (pesquisadora direciona a lanterna ligada ao lado da vasilha)</i></p> <p><i>P: E aí conseguimos resolver o problema?</i></p> <p><i>A: Não... (resposta geral da turma)</i></p> <p><i>A8: Só tô vendo a luz da lanterna.</i></p> <p><i>A: (risos)</i></p>	<p>Conteúdos</p> <p>procedimentais;</p> <p>Conteúdos atitudinais</p>	<p>Através da atenção ao desafio proposto;</p> <p>Através da motivação para buscar a solução do problema;</p> <p>Através da busca de procedimentos para se chegar à resolução do problema;</p> <p>Através da proposição de ações para resolução do problema;</p> <p>Através da avaliação das proposições sugeridas;</p>

É notório, nesse trecho, que os alunos colocaram em marcha habilidades como: manipular, organizar pensamento, comunicar e interferir em situações. Além disso, as proposições revelam que os alunos não desanimaram ao perceberem que as hipóteses levantadas não convergiram para o efeito desejado. Como nos diz Carvalho (2013), essas hipóteses que convergem ao “erro” são essenciais para a construção do conhecimento, pois se tratam de momentos para que os alunos separem variáveis corretas de erradas. Portanto, no conjunto das habilidades citadas é possível encontrar a aprendizagem de Ciências acontecendo pelo ensino dos conteúdos procedimentais e atitudinais.

Fonte: Dados da pesquisa

Categoria	Falas transcritas	Possíveis conteúdos a serem trabalhados	Como os conteúdos são desenvolvidos
<p>DIMENSÃO: “APRENDER SOBRE CIÊNCIAS” E “APRENDER A FAZER CIÊNCIAS”</p>	<p><i>P: Olhe só, eu agora vou fazer umas perguntas pra gente pensar no que a gente fez. Eu quero que vocês pensem e me digam como, como a gente fez pra fazer a imagem do arco-íris aparecer no quadro?</i></p> <p><i>A6: Eu! A gente pegou a lanterna, aí colocou do lado da vasilha com água, daí aquele reflexo passou e colocou o arco-íris.</i></p> <p><i>P: Passou aonde?</i></p> <p><i>A6: Passou na bacia e atravessou a água e fez o arco-íris.</i></p> <p><i>P: Mais alguém quer falar?</i></p> <p><i>A13: Colocava a lanterna mais perto, mais pra baixo, daí a luz passava pela água e a água fazia aparecer um monte de cores. O A11 pediu pra colocar a lanterna um pouco pra baixo e um pouco longe da bacia, daí o arco-íris ficava grande, quando colocava perto ficava pequeno e bem forte.</i></p> <p><i>P: Alguém mais quer falar?</i></p> <p><i>A14: Eu, eu vou dizer. Tem que ter jeito pra fazer ele aparecer, se colocar muito pra cima não acontece nada, porque a luz não pega na água.</i></p> <p><i>P: O nosso colega falou que já viu o arco-íris aparecer quando o pai dele estava lavando o carro. E vocês já viram as cores do arco-íris aparecerem em outra situação?</i></p> <p><i>A6: Eu sei fazer o arco-íris aparecer de outra forma! Pega um DVD e aponta pra luz do sol, daí as cores do arco-íris aparece bem forte.</i></p> <p><i>A: É, é, eu já vi! (resposta de alguns alunos)</i></p>	<p>Conteúdos procedimentais;</p> <p>Conteúdos atitudinais</p>	<p>Através da tomada de consciência dos procedimentos adotados para resolução do problema;</p> <p>Através da passagem das ações procedimentais para o plano intelectual</p> <p>Através da motivação para buscar a solução do problema;</p> <p>Através da comunicação dos procedimentos adotados para se chegar à resolução do problema;</p> <p>Através da legitimação da proposição de colegas como forma de ampliação da compreensão da resolução do problema;</p> <p>Através do controle de variáveis;</p> <p>Através da construção, mesmo de forma implícita, das práticas epistemológicas da Ciência;</p> <p>Através do respeito pela fala do outro;</p> <p>Através da leitura de mundo por meio dos procedimentos e explicações da Ciência</p>

Esse trecho da SEI mostra que os alunos, por meio da orientação da pesquisadora, desenvolveram cadeias evolutivas de reflexão, de modo, a transformar ações realizadas na resolução do problema em pensamento, isto é, nas palavras de Carvalho (1998) passaram da ação manipulativa para a intelectual. Assim, por meio da aprendizagem de conteúdos procedimentais os alunos, ao passo que evoluíram em suas construções intelectuais para explicar o que fizeram na atividade, acabaram por conjugar as ações manipulativas aos princípios e necessidades do pensamento, de tal modo, nas palavras de Carvalho (1998) tomaram consciência de suas ações.

Vale ressaltar ainda, que foi um momento em que os alunos desenvolveram, no mínimo, quatro aprendizagens diretamente relacionadas às práticas epistêmicas da Ciência: Comunicação de procedimentos de forma organizada; espírito colaborativo ao escutar a opinião do outro, mesmo que divergente; legitimação da proposição dos colegas como forma de progredir no entendimento do assunto; avaliação dos procedimentos adotados para se chegar as inferências elaboradas.

Na fala “*Tem que ter jeito pra fazer ele (arco-íris) aparecer, se colocar muito pra cima não acontece nada, porque a luz não pega na água.*” fica explícita a ideia de que o aluno ao passo que compreendeu a importância de controlar variáveis, conteúdo esse procedimental, também desenvolveu a aprendizagem de conteúdo atitudinal por meio do entendimento de que a Ciência é uma atividade pautada em erros e acertos. Acreditamos, que essa compreensão por parte do aluno o leva a desenvolver uma visão mais adequada da Ciência, pois ao realizar a metacognição, isto é, pensar sobre as ações que realizou, bem como no como aprendeu, acaba percebendo por meio de quais processos e práticas o conhecimento científico é construído e legitimado. Em suma, o aluno acaba, dentro das suas possibilidades cognitivas, por compreender a natureza do conhecimento científico.

As falas transcritas abaixo foram retiradas de um questionário aplicado aos alunos no final de todos os momentos da primeira etapa da SEI.

Fonte: Dados da pesquisa

Categoria	Falas transcritas	Possíveis conteúdos a serem trabalhados	Como os conteúdos são desenvolvidos
DIMENSÃO: “APRENDER CIÊNCIAS”	<p>A 17: <i>Por que a luz da lanterna bateu na vasilha com água, quando passou na água se transformou em várias cores e quando as cores reflete para o lado de fora da água, a gente vê o colorido das cores.</i></p> <p>A 12: <i>Por que refletiu a luz da lanterna na água, aí a luz ia numa direção, aí quando entrou na gotinha de água mudou a direção e aí se dividiu, cada cor foi para um lado, daí a gente vê as cores separadas do arco-íris.</i></p> <p>5: <i>Porque quando a luz da lanterna entrou na gota de água, aconteceu a refração. A</i></p>	Conteúdos conceituais	<p>Através do exercício de pensar sobre todo o processo desenvolvido para resolver o problema;</p> <p>Através da sistematização das ações desenvolvidas na resolução do problema;</p> <p>Através do uso de palavras já existentes no aparato cognitivo para explicar palavras novas que foram aprendidas no processo de resolução do problema;</p>

	<i>refração acontece quando a luz do sol entra nos pingos de água, muda a direção e vai dividindo em várias cores.</i>		
--	--	--	--

Nesse momento da SEI, os alunos foram instigados a desenvolver explicações causais sobre o fenômeno em estudo. Essas explicações, por ser construídas mediante os “porquês” do funcionamento do objeto de estudo, se desdobram em conceitos construídos dentro de uma lógica significativa para o aluno, isto é, tais conceitos aprendidos enquanto processo e produto se tornam formas organizativas de leitura e compreensão do mundo.

Contudo, pelo que foi apresentado nesse trecho da SEI, fica explícita a aprendizagem de, pelos menos, dois procedimentos pertencentes às práticas epistêmicas da Ciência: um se trata da construção de explicações causais mediante o delineamento de hipóteses, testes de hipóteses e controle de variáveis e o outro se refere à exploração conjectural de ideias dentro de um grupo social (alunos na sala de aula), que regula e avalia os processos de construção do conhecimento a fim de assegurar sua validade. Assim, mais que conceitos aprendidos em sua forma hermética, os alunos progrediram, dentro de sua maturidade cognitiva, em entendimentos sobre processos de construções do conhecimento científico, bem como sobre as formas de realizar investigações e intervenções em situações reais.

Considerações finais

Consideramos anacronismo, em plena metade do século XXI, existir visões simplistas acerca do processo de ensino e aprendizagem. Ensinar é uma atividade complexa que exige do professor, não apenas, o domínio do conteúdo conceitual que irá ensinar. Tais conhecimentos são essenciais para o processo de ensino e aprendizagem, mas, de forma isolada, circunscrito a si mesmo, esse tipo de conteúdo torna a aprendizagem um conjunto de teorizações herméticas, descontextualizadas que por não se associarem a estrutura lógica cognitiva dos alunos são facilmente esquecidos.

Feita essa consideração, por ora, respondemos os questionamentos anteriormente pensados, em forma de linhas norteadoras da análise da SEI, da seguinte forma: 1) Sob quais bases organizativas o ensino por investigação propicia o ensino de Ciências para “além” de conteúdos conceituais? Por meio de dimensões que de uma forma global e inter-relacionada possibilita ao professor planejar o conteúdo em uma dinâmica que leva em consideração o “aprender Ciências”, o “aprender a fazer Ciências e o “Aprender sobre Ciências; 2) O que se aprende, em termos de conteúdos concretos, por meio do ensino de Ciências por investigação? De uma forma geral e didaticamente falando são aprendidos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que traduzidos em objetivos específicos da área de Ciências, de forma sistêmica, possibilita a aprendizagem de conceitos, teorias e termos científicos, a compreensão dos procedimentos da ciência e o entendimento da relação entre Ciência, tecnologia e sociedade.

A figura abaixo traz um esquema que resume essas inferências.

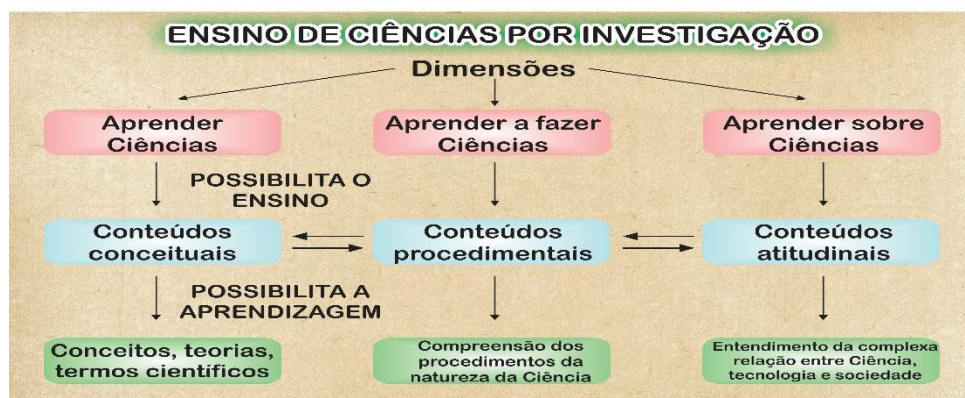


Figura 1. Forma organizativa do ensino de Ciências por investigação

É sob esses termos que propomos o ensino de Ciências por investigação como uma das formas organizativas do ensino que fazem principalmente da aula de Ciências um processo dinâmico criativo em que procedimentos são aprendidos, atitudes são incorporadas e conceitos são significados e construídos de forma duradoura. Dessa forma, o ensino de Ciências por investigação se estruturando organizativamente em três dimensões, que são: Aprender Ciências, aprender a fazer Ciências e aprender sobre Ciências, de forma articulada, colocam em andamento a aprendizagem dos conteúdos em enfoques epistemológicos da Ciência, fato esse, que acaba por transformar os conhecimentos desse componente curricular em processos e produtos compreendidos a partir da ação ativa dos alunos.

Referências bibliográficas

- Andrade, Guilherme Trópia Barreto de. Percursos históricos de ensinar Ciências através de atividades investigativas, Belo Horizonte, v. 13, n. 01, p. 121 – 138, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n1/1983-2117-epec-13-01-00121.pdf>>. Acesso em: 17 Out. 2017.
- Azevedo, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org). **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. 1. Ed, São Paulo: Cengage Learning, 2004, p. 19 - 33.
- Bardin, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília, 1997.
- Bassoli, Fernanda. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de Ciência (s): Mitos, tendências e distorções. Ciênc. Educ. Bauru. v.20. n. 3 p. 579,2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0579.pdf> Acesso em: em 07 set. 2017.
- Cachapuz, A.et al. **A necessária renovação no Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- Campos, Maria Cristina da Cunha; NIGRO, Rogério Gonçalves. **Didática de ciências**. São Paulo: FTD, 1999.
- Chalmers, Alan F.**O que é Ciência Afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- Carvalho, Anna Maria Pessoa de. et al. **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998. (Pensamento e Ação no Magistério).

Carvalho, Anna Maria Pessoa de; Gil Perez, Daniel. O saber e o Saber Fazer dos Professores. In: Castro, Amelia Domingues de; Carvalho, Anna Maria Pessoa de (org). **Ensinar a Ensinar: Didática para escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005, p. 107-121.

Carvalho, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de física por investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. *Ensino Em Revista*, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 249-266, jul./dez.2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/index>>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

Castro, Ruth Schmitz de. Investigando as contribuições da epistemologia e da História da Ciência no ensino de Ciências: de volta ao passado. In: Gatti, Sandra Regina Teodoro; Nardi, Roberto. (org). *A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências*. 1 ed. São Paulo: Escrituras editora, 2016, p. 29-51.

Duschl, A Richard . The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation and the Language of Science. Disponível em: <https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073329.pdf> Acesso em 02 set. 2017.

Gatti, Sandra Regina Teodoro; Nardi, Roberto. **A história e a filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. 1. Ed. Escrituras Editora: São Paulo, 2016

Gil-Perez, Daniel. New trends in science education. *International Journal of Science Education* 1996, v.18, n. 8, 889-901. Disponível em: <http://www.siga.fiocruz.br/arquivos/ss/documentos/editais/21_Texto%20Gil%20Perez%20new%20trends%20in%20science%20education%20IJSE%201996.pdf> Acesso em 20 set. 2017.

Lima, Maria Emília Caixeta de Castro; Maués, Ely. Uma releitura do papel da professora das séries iniciais no desenvolvimento e aprendizagem de ciências das crianças. *Revista Ensaio*, V.8, n. 02, p. 161-175, dez. 2006 Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/115/166>> Acesso em: 06 jun. 2017.

Macedo, Ricardo Silva. O ensino de Ciências por investigação e a prática pedagógica de professores licenciados no IF – UFBA. 2015. 361 f. : il. Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia ; Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015. Disponível em: <http://www.agenda.ufba.br/?tribe_events=o-ensino-de-ciencias-por-investigacao-e-a-pratica-pedagogica-de-professores-licenciados-no-if-ufba>. Acesso em: 17 out. 2017.

Pozo, Juan Ignacio; Crespo, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Artmed: Porto Alegre, 2009.

Ramalho, Betânea Leite; Nuñez, Isauro Beltrán; Lima, Analice de almeida. Metacognição: Aprender a Aprender. In: BELTRAN NUÑES, Isauro; RAMALHO, Betânia Leite (Orgs.). **Fundamentos do ensino: aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: O novo Ensino Médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 172-185.

Sasseron, Lúcia Helena. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor In: **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 40 – 61

Zabala, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Zômpero, Andreia Freitas; Laburú, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens, *Belo Horizonte*, v. 13, n. 03, p. 67 – 80, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>>. Acesso em: 17 Out. 2017.

ARTIGO

A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: AS CARACTERÍSTICAS DE UM PROBLEMA EFICAZ

DANIEL DAS CHAGAS DE AZEVEDO RIBEIRO^{I*}

<https://orcid.org/0000-0002-2564-7164>

CAMILA GREFF PASSOS^{II**}

<https://orcid.org/0000-0003-1110-9354>

TANIA DENISE MISKINIS SALGADO^{III***}

<https://orcid.org/0000-0001-6828-6672>

RESUMO: Na literatura, encontramos algumas classificações para os enunciados dos problemas, mas existem escassas discussões sobre como elaborar bons problemas para serem utilizados com a metodologia de Resolução de Problemas. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é apresentar características fundamentais de um Problema Eficaz para o Ensino de Ciências. A partir das investigações desenvolvidas ao longo da última década, propomos que um Problema Eficaz deve contextualizar a temática à realidade do aluno, suscitar a reflexão crítica acerca do assunto abordado, motivar o estudante e tornar a proposição passível de ser pesquisada. Nossa intenção com este artigo é oferecer subsídios aos professores na elaboração e utilização de problemas investigativos em suas aulas.

Palavras-chave: Resolução de Problemas. Ensino de Ciências. Problema Eficaz.

LA METODOLOGÍA DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIA: LAS CARACTERÍSTICAS DE UN PROBLEMA EFICAZ

RESUMEN: En la literatura hallamos algunas clasificaciones para los enunciados de los problemas, pero existen pocas discusiones acerca de cómo elaborar buenos problemas para que se utilicen con la metodología de Resolución de Problemas. En ese sentido, el objetivo de este estudio es presentar características fundamentales de un Problema Eficaz a la Enseñanza de Ciencias. A partir de

*Doutor em Educação em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química da UFRGS (GPEQ-UFRGS).
E-mail: professordanielufrgs@hotmail.com

**Doutora em Educação Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS. Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Química da UFRGS. Vice coordenadora do GPEQ-UFRGS.
E-mail: camila.passos@ufrgs.br

***Doutora em Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Física da UFRGS. Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Química e do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFRGS. Coordenadora do GPEQ-UFRGS.
E-mail: tania.salgado@ufrgs.br

I Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre. RS - Brasil.

II Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Química, Porto Alegre. RS - Brasil.

investigaciones desarrolladas a lo largo de la última década, proponemos que un Problema Eficaz debe contextualizar la temática en la realidad del alumno, suscitar la reflexión crítica acerca del asunto abordado, motivar el estudiante y tornar la proposición en objeto de investigación. Nuestra intención con este artículo es ofrecer auxilio a los profesores en la elaboración y utilización de los problemas investigativos en sus clases.

Palabras clave: Resolución de Problemas. Enseñanza de Ciencias. Problema Eficaz.

THE PROBLEM-SOLVING METHODOLOGY IN SCIENCE TEACHING: THE CHARACTERISTICS OF AN EFFECTIVE PROBLEM

ABSTRACT: In the literature, we find some classifications for the problems statements, but there are few discussions on how to elaborate good problems to be used based on the Problem-Solving methodology. In this sense, the aim of this study is to present the fundamental characteristics of an Effective Problem for Science Teaching. Based on the investigations carried out over the last decade, we propose that an Effective Problem should contextualize the theme to students' reality, raise critical reflection on the addressed subject, motivate the student and make the proposition susceptible to be researched. Our intention with this article is to offer subsidies to teachers in the elaboration and use of investigative problems in their classes.

Keywords: Problem-Solving. Science Teaching. Effective Problem.

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Este trabalho compõe uma das etapas de uma pesquisa de Doutorado, que possui como um dos objetivos analisar as contribuições da metodologia de Resolução de Problemas (RP) no desenvolvimento de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais (ZABALA, 1998), bem como da autonomia (ZABALA, 1998; FREIRE, 1998) dos alunos de diferentes etapas e modalidades da Educação Básica (EB). Para tanto, elaboramos problemas para serem aplicados com alunos do Ensino Fundamental (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2019a), Ensino Médio regular (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2018a), Ensino Médio modalidade Educação de Jovens e Adultos (EJA) (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2019b) e Ensino Médio profissionalizante de um curso técnico em Química.

Ao longo da pesquisa e com o aprofundamento teórico obtido com os trabalhos de revisão bibliográfica empreendidos, pudemos identificar dados teóricos e empíricos promissores referentes ao uso da RP no Ensino de Ciências e Química, assim como na formação de professores da área (DOMIN; BODNER, 2012; FERNANDES; CAMPOS, 2017; GOI; SANTOS, 2014; LIMA; ARENAS; PASSOS, 2017).

Nesse sentido, alguns autores se destacaram na fundamentação desses estudos, tais como: Larry Laudan, Juan Ignacio Pozo, María Del Puy Pérez Echeverría, Miguel Angel Gómez Crespo, María Mercedes Martínez Aznar e Daniel Gil-Perez. As contribuições desses pesquisadores são expressivas no campo epistemológico das Ciências (LAUDAN, 1977; BATISTA; PEDUZZI, 2019), assim como na Didática das Ciências ao apresentar o conceito, a classificação e os tipos de problemas (ECHEVERRÍA; POZO, 1998; POZO, 1998; POZO; CRESPO, 1998; POZO; CRESPO, 2009, POZO, 2016), nas etapas necessárias para que a RP seja satisfatória (ECHEVERRÍA; POZO, 1998; POZO; CRESPO, 2009, POZO, 2016), e como guiar os alunos a tratar as situações-problema para que sejam exitosos em sua tarefa de solucioná-las (GIL-PEREZ; MARTINEZ TORREGROSA, 1983, MARTÍNEZ; MARTÍNEZ AZNAR, 2014).

Entretanto, percebemos que existem escassas discussões na literatura sobre como elaborar bons problemas para serem utilizados nas aulas de Ciências. Sockalingam e Schmidt (2011), após ampla pesquisa sobre a temática, reforçam essa compreensão e apontam que os estudos realizados indicam que a elaboração de um bom problema leva à melhoria da aprendizagem. Os autores destacaram três fragilidades identificadas na literatura sobre os estudos realizados quanto às características dos enunciados dos problemas. A primeira é que eles geralmente são baseados em pressupostos teóricos e não em evidências práticas de aplicação em sala de aula. Outra, que as pesquisas empíricas se concentram em características específicas, como a complexidade e estrutura do enunciado. Ao fim, que os estudos que tentaram explorar a qualidade dos problemas em um nível mais amplo estão restritos a percepções de especialistas ou a considerações teóricas a priori.

Para mitigar essas fragilidades, os autores sinalizam para a necessidade de estudos com o objetivo de investigar as percepções de professores e alunos sobre as características associadas com bons enunciados de problemas.

Convergindo para esse pensamento e como consequência das experiências empreendidas durante o doutoramento, percebemos a necessidade de se construir

enunciados bem estruturados para auxiliar o professor e o aluno no entendimento e compreensão do que precisa ser resolvido, dessa maneira, podendo favorecer as potencialidades da metodologia da RP na EB.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar as características fundamentais de um problema para ser considerado eficaz para o Ensino de Ciências. Para isso, o presente estudo descreverá por que essas características devem ser consideradas quando elaboramos um problema no âmbito da educação científica, e exemplificará, através de três enunciados, como podemos estruturar essas características nos problemas construídos. Assim, pretendemos com esse artigo de cunho teórico oferecer subsídios aos professores na elaboração, produção e utilização de problemas investigativos em suas aulas. É pertinente salientar que as proposições teóricas apresentadas neste artigo são originadas da interlocução entre os aportes teóricos que fundamentaram a pesquisa de doutorado, como um todo, e os resultados da aplicação dos problemas em contexto real de sala de aula. As análises sobre as contribuições da sequência didática implementada com os estudantes dos diferentes níveis de ensino da EB foram apresentadas em estudos anteriores (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2018a, 2019a, 2019b). Este artigo visa apresentar as características de um Problema Eficaz e exemplificar com três problemas utilizados no contexto descrito nos trabalhos supracitados.

Durante a construção desses problemas, decidimos elaborar enunciados que contextualizassem a temática a ser tratada, que o assunto levasse a uma reflexão crítica, motivando os educandos para a resolução do problema proposto, além de compor uma proposição passível de ser compreendida, questionada, pesquisada, discutida com o objetivo de que os aprendizes chegassem a uma tomada de decisão e, finalmente, a uma solução adequada para o problema apresentado. Destacamos que as características apresentadas neste trabalho como fundamentais de um Problema Eficaz foram utilizadas para descrever os enunciados dos problemas de um estudo preliminar publicado no 38º EDEQ (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2018b). Entretanto, neste artigo buscamos articular tais características com o referencial teórico que embasa nossas investigações.

TIPOLOGIAS, CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÕES DOS ENUNCIADOS DOS PROBLEMAS

Laudan (1977) descreve aspectos importantes relacionados à epistemologia da RP em sua obra “Progress and Its Problems”. Para esse estudioso, a “ciência é em essência uma atividade de resolução de problemas” (1977, p 11). Dessa maneira, faz-se necessário que os pesquisadores do campo da educação científica compreendam a Ciência como uma atividade de RP, pois essa atividade é capaz de desenvolver um progresso cognitivo relacionado com as aspirações intelectuais científicas. Visto que, avança pelo modo como resolve, adequadamente ou não, uma série de problemas gerados no ambiente social.

Ademais, Laudan (1977) desenvolveu uma taxonomia para os problemas na qual os identificou em empíricos e conceituais. Essa classificação torna mais clara a necessidade de relação dos processos utilizados na construção de conceitos científicos com os propósitos do uso de problemas no contexto educacional.

Convergindo para essa compreensão, Batista e Peduzzi (2019) apontam que os aportes epistemológicos de Larry Laudan são utilizados, entre outros fatores,

para fundamentar estudos sobre implicações de práticas docentes para o Ensino de Ciências. No que diz respeito à literatura da RP, encontram-se diversas categorizações para os enunciados dos problemas. De acordo com Echeverría e Pozo (1998, p.16), uma circunstância apenas “pode ser concebida como um problema na medida em que exista um reconhecimento dela como tal, e na medida em que não disponhamos de procedimentos automáticos que nos permitam solucioná-lo de forma mais ou menos imediata”, sem determinar, “de alguma forma, um processo de reflexão ou uma tomada de decisões sobre a sequência de passos a serem seguidos”. Além disso, “um problema é, de certa forma, uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a utilização estratégica de técnicas já conhecidas.”

Os pesquisadores Echeverría e Pozo (1998) estabelecem os problemas tendo em vista a área na qual estão inseridos, do conteúdo, dos tipos de operações e dos processos utilizados com o objetivo de resolvê-los. Os problemas podem ser classificados como dedutivos ou indutivos, de acordo com o tipo de raciocínio que a pessoa acionará na resolução do problema, e como definidos ou indefinidos. Assim sendo, diz-se que um problema é definido quando é de fácil identificação e solução; já um problema mal definido ou indefinido é aquele cujas etapas a serem seguidas são menos claras e específicas, podendo-se chegar a diversas soluções. Os problemas bem definidos são questões semelhantes aos exercícios, dessa forma os educandos conhecem os passos a serem seguidos e o ponto que se quer atingir. Os estudiosos, da mesma maneira, afirmam que não existem problemas totalmente mal definidos, caso contrário seriam problemas sem solução.

Já Pozo e Crespo (1998), classificam os problemas em três categorias: os problemas escolares, os problemas científicos e os problemas do cotidiano. Para esses autores, os problemas escolares podem ter caráter de uma investigação fechada, sendo que os recursos são dados pelo docente, mas pertence ao aluno a função de elaborar suas conclusões. Os problemas escolares servem de ponte entre os objetivos dos problemas científicos (os conteúdos científicos a serem trabalhados) e dos problemas cotidianos (circunstâncias da vida real). Segundo Pozo e Crespo, “o número de situações cotidianas que apresentam problemas relacionados com o funcionamento da natureza e da tecnologia seria infindável” (1998, p. 69). Os mesmos autores explicam que, quando temos em vista a maneira pela qual os problemas são tratados em sala de aula, assim como as metas educacionais no contexto do currículo e as estratégias de resolução, os problemas escolares podem ser classificados em três tipos: problemas qualitativos, problemas quantitativos e pequenas pesquisas. Caracterizam-se como problemas qualitativos aqueles cuja resolução acontece por intermédio de raciocínios teóricos sem necessidade de cálculos numéricos ou manipulações experimentais. Na maioria das vezes, configuram-se como problemas abertos, nos quais se deve antever ou explicar uma situação ou um fato. Já os problemas quantitativos utilizam dados numéricos. Embora o resultado possa não ocorrer em termos numéricos, a estratégia está centrada no cálculo matemático, na comparação de dados e no emprego de fórmulas (POZO; CRESPO, 1998).

Além do mais, os problemas escolares podem ser caracterizados em abertos, semiabertos e fechados. Os problemas abertos são considerados amplos, ensejando diversas interpretações e maneiras de serem resolvidos. No que diz respeito aos problemas semiabertos, são fornecidas informações que restringem

o problema, entretanto, deixam que os próprios estudantes congreguem ideias e estratégias com as quais seja possível definir e resolver o trabalho. Já os enunciados dos problemas fechados restringem de tal forma, que sua resolução demanda modos mais ou menos pré-estabelecidos (POZO; CRESPO, 1998).

Para Echeverría e Pozo (1998), há de se seguir algumas etapas para que a RP dos problemas escolares seja satisfatória. A primeira etapa, no que diz respeito à RP, está relacionada à compreensão desses problemas. Entretanto, não basta apenas entender as palavras, a linguagem, o símbolo deve-se, também, assumir a situação e passar a ter uma disposição para chegar à solução desejada. Em seguida, há de se idealizar uma estratégia que auxilie a resolver o problema. A próxima etapa deve consistir em desenvolver essa fase anteriormente elaborada e, finalmente, o processo de solução (visão retrospectiva), no qual o estudante afere se a finalidade à qual se destina foi alcançada, fazendo, assim, uma revisão dos procedimentos.

Esse aprofundamento teórico sobre a perspectiva epistemológica e as classificações dos tipos de problemas e das pesquisas sobre RP no Ensino de Ciências foi fundamental para entendermos como poderíamos aplicar nosso estudo pedagogicamente dentro do espaço escolar. Percebemos, principalmente, a importância do papel dos professores na mediação pedagógica com o uso da metodologia de RP no Ensino de Ciências. A ação decisiva que o docente exerce na mediação das atividades propostas e o conhecimento do educando com a finalidade de auxiliá-lo a desenvolver e a construir seus próprios conhecimentos. Dessa maneira, muitos professores estão buscando na RP uma alternativa metodológica para aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem, pois é um dos modos de fazer com que o educando reflita, proponha e planeje ações de resolução para as situações propostas.

Considerando que os problemas desempenham um papel importante no processo de aprendizagem, Sockalingam, Rotgnas e Schmidt (2011) destacaram que é fundamental que os problemas sejam de alta qualidade, ou seja, eficazes para atingir os objetivos das atividades propostas. Os autores apontam que em investigações sobre as relações e influências entre diferentes fatores da resolução de problemas no desempenho acadêmico, a qualidade dos problemas, a atuação docente e o conhecimento prévio dos alunos foram categorizados como fatores fundamentais. Ademais, destacaram que os problemas têm o maior impacto na aprendizagem dos alunos em processos fundamentados na resolução de problemas. Segundo os autores, o que importa num enunciado é a clareza do que deve ser investigado, para ajudar os alunos em sua aprendizagem. Essa característica seria mais importante do que ter um problema que usa um contexto familiar que os alunos podem se identificar (SOCKALINGAM; HOTGNAS; SCHMIDT, 2011).

Entretanto, em nossas investigações, percebemos que existem escassas discussões na literatura sobre as características que devem compor o enunciado para tal ser considerado eficaz para as aulas de Ciências. Dessa maneira, enfatizamos a relevância deste artigo, que apresentará as características do que denominamos “Problema Eficaz”, visando auxiliar os professores que desejam iniciar ou aperfeiçoar a construção de problemas investigativos no Ensino de Ciências.

APORTE TEÓRICO DAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DE UM PROBLEMA EFICAZ

Diante do aporte teórico e dos resultados práticos das investigações realizadas (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2018a; 2019a; 2019b), compreendemos que são vários os fatores que influenciam em lograr êxito nas atividades baseadas na RP, tais como: os objetivos que queremos alcançar, os conteúdos que queremos trabalhar, os conhecimentos dos quais queremos que os alunos se apropriem, a seqüência didática utilizada, o papel da mediação pedagógica, as classificações do(s) problema(s), as características do(s) problema(s) utilizado(s), etc. Nesse âmbito, o planejamento e a execução da proposta pedagógica são fundamentais para o sucesso da atividade.

Enfim, tendo em vista as pesquisas realizadas com o uso da RP e principalmente dos aportes da literatura chegamos a um consenso de que um Problema Eficaz é aquele que apresenta as quatro características a seguir.

Um Problema Eficaz contextualiza a temática à realidade do aluno e aproxima-o da questão proposta

A perspectiva de contextualização pode fundamentar-se em diferentes correntes teóricas, como o enfoque na Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), na proposta de educação transformadora de Paulo Freire (1921-1997), a partir do aporte da história e filosofia das ciências, ou ainda na contextualização não redutiva, a partir do cotidiano, como no caso deste trabalho (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). A contextualização, a partir do cotidiano, favorece que o estudante atribua significado àquilo que aprende e relacione o que está sendo discutido com sua experiência de vida. Consideramos que, por intermédio da contextualização, o estudante relaciona teoria e prática (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Para tanto, uma educação que pretenda um cidadão crítico e reflexivo e exija maior participação do educando no que tange ao ensino e aprendizagem necessita de um processo que favoreça a reflexão acerca da resolução de problemas contextualizados que possam ser convergentes à sua realidade, motivando-os a buscar soluções (POZO; CRESPO, 2009).

Assim, a contextualização, a partir do cotidiano, é considerada um princípio norteador e não apenas uma exemplificação de aplicação do conteúdo estudado (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Por esse motivo, devemos ter em mente na construção de um problema que a contextualização se faz necessária para que a aprendizagem favoreça a formação de um cidadão crítico e reflexivo.

Um Problema Eficaz suscita a reflexão crítica acerca do assunto abordado

Entendemos que os alunos da EB devem aprender durante as suas vidas escolares a se posicionarem perante questões sociais, políticas, econômicas, ambientais, sobre os variados assuntos que são trabalhados na escola e que exigem essas reflexões (LOUREIRO; TOZONI-REIS, 2016). Nesse contexto, percebemos que um problema com essa característica pode ajudar no desenvolvimento do aluno, na capacidade de resolver situações desafiadoras, na interação nos grupos que buscam a solução de um problema, no aprimoramento da comunicação, assim como

no aperfeiçoamento da criatividade e do senso crítico (MARTÍNEZ; MARTÍNEZ AZNAR, 2014). Quando construímos um problema que será utilizado nas aulas de Ciências, precisamos ter em mente que ele deve incentivar a habilidade de investigar, de refletir criticamente e de dar a possibilidade de os estudantes criarem e construir seus conhecimentos perante o problema a ser solucionado.

A sociedade atual requer indivíduos que sejam capazes de intervir no desenvolvimento da humanidade de maneira crítica e criativa com o objetivo de construirmos uma sociedade mais justa, buscando uma melhoria na qualidade de vida dos cidadãos (COSTA; ECHEVERRIA; RIBEIRO, 2017). A nossa proposta é que uma das formas mais acessíveis de fazer com que os educandos desenvolvam a reflexão crítica sobre o problema a ser resolvido é a metodologia da RP. A resolução de um Problema Eficaz implica um processo de reflexão crítica acerca da questão a ser resolvida (MARTÍNEZ; MARTÍNEZ AZNAR, 2014), levando, muitas vezes, à tomada de posições sociais, políticas e econômicas, conforme a temática do problema proposto. Esse tipo de metodologia desenvolve no aluno autonomia (FREIRE, 1998), aptidão em resolver problemas, colaboração, confiança, protagonismo, senso crítico, aprendizado envolvente, empatia, responsabilidade e participação.

Para que tenhamos alunos que desenvolvam reflexão crítica, a escola deve trabalhar um currículo no qual a proposta política pedagógica esteja baseada em uma perspectiva crítica (LOUREIRO; TOZONI-REIS, 2016; COSTA; ECHEVERRIA; RIBEIRO, 2017), a qual desafie o aluno a pensar criticamente a realidade social, política e histórica. Entendemos que um Problema Eficaz pode ajudar os alunos a desenvolverem essa característica reflexiva.

Ademais, percebemos que a educação crítica é orientada para a tomada de decisões e o exercício de prática de uma responsabilidade social e política (LOUREIRO; TOZONI-REIS, 2016; COSTA; ECHEVERRIA; RIBEIRO, 2017). Consideramos que, na medida que conseguimos, por intermédio da metodologia de ensino, fazer com que o educando seja capaz de refletir criticamente sobre a realidade que o cerca, melhores condições ele terá de atuar no que diz respeito a essa realidade, podendo, inclusive, modificá-la, tendo como objetivo o bem comum.

Um Problema Eficaz motiva o aluno a buscar soluções

Consideramos que a motivação se faz necessária tanto para que a aprendizagem ocorra quanto para que sejam colocados em ação os comportamentos e habilidades que foram aprendidos. A motivação é uma condição inerente ao ser humano, levando-o a realizar ou continuar realizando uma tarefa (BARRERA, 2010). A motivação está relacionada ao impulsionamento de uma ação, ou seja, àquilo que move um comportamento. Nesse sentido, compreendemos a motivação como a responsável pelo começo, manutenção e/ou término de uma ação (FERNANDES; CAMPOS, 2017). Assim sendo, notamos que a motivação é um elemento que compõe o indivíduo e as atividades que ele realiza em diferentes contextos, assim como o contexto escolar sobre o qual recai o nosso estudo.

Pensando na origem da palavra motivação, o vocábulo provém do latim e significa mover. Oliveira (2008) refere-se à motivação como uma força que incita um indivíduo a atingir uma determinada meta. Esse mesmo autor esclarece-nos que “a

motivação é o que coloca um sujeito em movimento em direção a esse fim proposto. A motivação tem sido vista como um fator psicológico, um conjunto de fatores, ou um processo que varia de pessoa para pessoa” (OLIVEIRA, 2008, p. 37).

A revisão da literatura realizada por Lourenço e Paiva (2010) refere-se à motivação como um fator além de uma pré-condição importante, como as teorias mais antigas acerca da aprendizagem a consideravam. Atualmente as investigações permitem concluir que há uma reciprocidade entre a aprendizagem e a motivação, visto que “a motivação pode interferir na aprendizagem e no desempenho, bem como a aprendizagem pode produzir um efeito na motivação” (LOURENÇO; PAIVA, 2010, p. 134).

Desta forma, compreendemos que a motivação não é somente um aspecto interno, mas que pode ser externo ao sujeito, algo que pode mobilizar os recursos cognitivos dos estudantes. Consideramos que diferentes aspectos, como a atuação e mediação do professor, um ambiente aprazível na escola, assim como um enunciado de Problema Eficaz pode gerar ou aumentar a motivação dos estudantes no processo de aprendizagem. Lourenço e Paiva (2010) pautam-se na teoria de Lev Vygostky (1896-1934) ao apontarem que o pensamento propriamente dito é fruto da motivação, como nossas vontades e necessidades. Nesse sentido, o problema externo, ao ser apropriado pelo sujeito, pode gerar a formação de funções psicológicas, logo, internas, ou seja, para Vygotsky, o externo se faz interno nos sujeitos.

Corroborando com esta compreensão, Fernandes e Campos (2017) apontam que o fator motivacional do problema está relacionado ao conteúdo do enunciado, logo este deve ser relevante e precisa estimular o estudante a resolvê-lo. Estando motivados para a realização de determinada tarefa, os aprendizes podem apresentar maior empenho e, por consequência, envolver-se mais no processo de busca por uma solução para um problema escolar ou da sua vivência. Dessa maneira, afirmamos que é fundamental que um problema deve favorecer a motivação do aluno na busca à(s) resposta(s) dessa situação desafiadora.

Um Problema Eficaz favorece a proposição de hipóteses, pesquisas, investigações, questionamentos, discussões, levando a uma tomada de decisão

Para concretizarmos esse objetivo, devemos ter em mente que resolver um problema pressupõe que o aluno elabore um ou vários procedimentos de resolução, por exemplo, realizar simulações, fazer tentativas, formular hipóteses (ECHEVERRÍA; POZO, 1998). E para a elaboração desses procedimentos, entendemos que um problema deve ser formulado de maneira convergente aos apontamentos de Pozo e Crespo (1998) quanto aos enunciados semiabertos, os quais são estruturados fornecendo clareza nos princípios gerais necessários para a solução do problema, permitindo aos alunos a análise das diferentes formas de modelação de resolução. Desta forma, pode mobilizar a elaboração de hipóteses, pesquisas, investigações, discussões para que os educandos tomem uma decisão e cheguem a uma resposta adequada à questão proposta. Dessa maneira, os aprendizes podem estabelecer como e o que de fato devem pesquisar, identificam os elementos e os instrumentos que serão utilizados no decorrer do trabalho (GOI; SANTOS, 2014).

De acordo com os pressupostos de Laudan (1977), a Ciência tem como meta elaborar teorias com elevada taxa de eficiência na resolução de problemas, e não

estritamente com a confirmação ou refutação das teorias. Partindo dessa natureza epistemológica racionalista, a metodologia de Resolução de Problemas possibilita a modelação de diferentes percursos para a resolução de um problema teórico ou empírico e, ainda, a obtenção de distintas resoluções para um mesmo enunciado.

Nesse contexto, um dos objetivos de práticas pedagógicas baseadas na RP é fazer com que os alunos sejam capazes de enfrentar situações cotidianas, analisando-as e interpretando-as através dos modelos conceituais e também dos procedimentos próprios da Ciência (POZO; CRESPO, 1998).

UMA ESTRUTURA POSSÍVEL PARA UM PROBLEMA EFICAZ

Frente ao exposto nos itens anteriores, consideramos que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências pode ser favorecido com o uso da Resolução de Problemas, desde que o enunciado do problema apresente as quatro características para ser considerado um “Problema Eficaz”, sendo estas: contextualização, reflexão crítica, motivação e investigação. Ademais, destacamos que essas características estão interligadas e em sinergia, pois uma depende da outra para que o problema esteja bem estruturado e, dessa maneira, possa potencializar as atividades baseadas na RP.

Apresentaremos as características de um Problema Eficaz numa determinada ordem, entretanto essa disposição possui apenas fins didáticos. Elas podem, conforme a elaboração pretendida, aparecer em posições diferenciadas da que apresentaremos, desde que não haja prejuízo à compreensão do problema. Essa flexibilidade da disposição das características de um Problema Eficaz deve-se ao fato de elas estarem intimamente relacionadas, como mostraremos no decorrer deste estudo. Consideramos que em uma frase ou trecho do problema possa conter duas ou mais características de um Problema Eficaz, tendo em vista o conhecimento do professor em relação ao assunto que deseja abordar, utilizando a metodologia da RP e relacionando aos objetivos que pretende com a resolução do problema.

Exemplificaremos como podemos estruturar e construir um Problema Eficaz a partir de três problemas abordando a temática ambiental agrotóxicos. A seleção da temática agrotóxicos deve-se ao fato de que o Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo e responsável por uma produção agrícola de reconhecimento internacional (RIBEIRO, 2018). Cabe ressaltar que é fundamental que o docente saiba quais os conhecimentos que almeja que seus alunos se apropriem sobre determinado assunto, quando se inicia uma atividade baseada na RP. Assim, poderá decidir quantos problemas e quantos períodos de aula utilizará. Ainda, entendemos que durante a intervenção pedagógica, o número de problemas pode variar se o professor perceber essa necessidade. Essa percepção está relacionada com a compreensão e assimilação dos conteúdos pelos alunos.

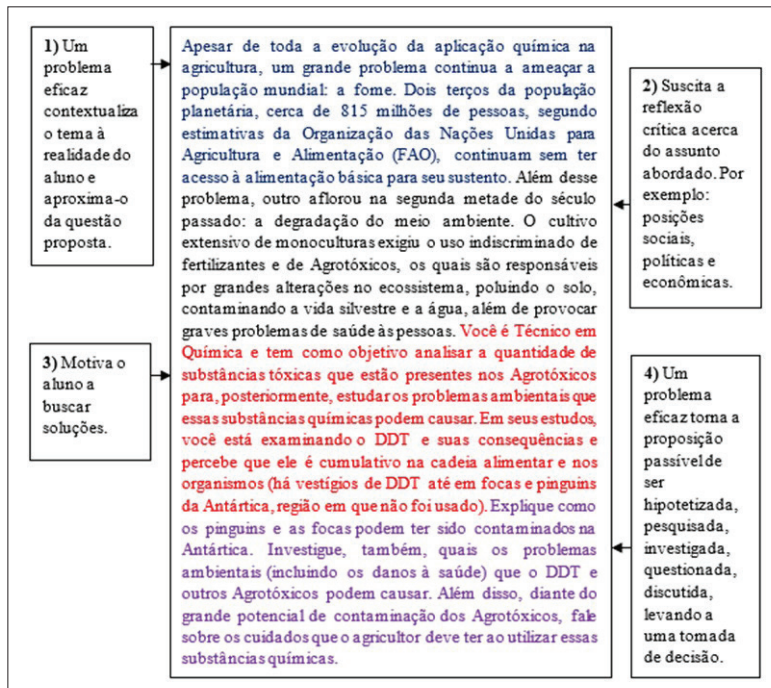
Nas explicações a seguir, exemplificaremos como podemos abordar uma temática das Ciências ampla e complexa, a partir de problemas estruturados com as características de um Problema Eficaz. Perceberemos essa amplitude e complexidade do assunto nos esclarecimentos que se seguem.

A primeira característica de um Problema Eficaz (Figura 1), **contextualização** do problema, situa o educando na questão a ser resolvida: aproxima o estudante da realidade da fome no mundo, apontando um dado de

que 815 milhões de pessoas não possuem acesso à alimentação básica. Fato que é usado para justificar o uso expressivo de agrotóxicos na agricultura. Uma das consequências do uso desenfreado dos agrotóxicos é a contaminação dos pinguins e focas na Antártida por DDT,¹ local onde essa substância química não é utilizada. Esse dado é alarmante, uma vez que existem, na atualidade, grandes avanços econômicos, técnicos, sociais e tecnológicos que poderiam aplacar a fome mundial. De acordo com subsídios mais atuais da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), de setembro de 2018, houve um acréscimo no número de seres humanos que passam fome no mundo. Tendo em vista informações divulgadas por essa organização, o número subiu de 815 milhões de indivíduos, em 2016, para quase 821 milhões em 2017 (FAO, 2019). O relatório aponta que uma em cada nove pessoas no planeta foi vítima de fome (FAO, 2019).

A contextualização, via de regra, é o ato de associar o conhecimento à sua origem, assim como à sua aplicação. Ela é de suma importância para que se impeça que algo que se deseja abordar fique fragmentado ou desconexo, dificultando o aprendizado (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Dessa forma, a situação apresentada ressalta aos aprendizes a importância da produção de alimentos em larga escala para a humanidade, levando-os a compreender e a relacionar as próximas informações que serão dadas no problema proposto a eles. Enfim, trata-se de uma temática que pode ser considerada como potencialmente problematizadora de um contexto/problema cotidiano.

Figura 01. Primeiro problema com as características de um Problema Eficaz



Fonte: Elaborado pelos autores.

A segunda característica (Figura 1) leva o aluno a diversos tipos de **reflexão crítica** (LOUREIRO; TOZONI-REIS, 2016), tendo em vista o aumento do cultivo de alimentos para nutrir a população mundial cada vez mais crescente. Como consequência, há degradação do meio ambiente e a utilização imoderada de agrotóxicos. Essa informação favorece uma discussão crítica e reflexiva sobre aspectos sociais, políticos e econômicos relacionados à destruição do meio ambiente, tendo em vista o cultivo extensivo de monoculturas. Essa reflexão certamente prepara os educandos para a terceira característica de um Problema Eficaz, cujo enfoque na questão apresentada é a contaminação por DDT de pinguins na Antártica, região onde não se faz uso dessa substância química. Nesse sentido, é necessário que a educação ambiental seja vista como um instrumento que guie para uma tomada de consciência dos cidadãos (COSTA; ECHEVERRIA; RIBEIRO, 2017).

No que tange à terceira característica de um Problema Eficaz (Figura 1), a **motivação**, podemos dizer que motivação é um aspecto fundamental no ato de ensinar e aprender, é um processo no qual o indivíduo toma uma decisão frente às variadas questões as quais tem de confrontar. Com o intuito de sentir-se motivado, o educando necessita de uma ação, de um motivo que o faça conquistar um objetivo. De acordo com Bzuneck (2000, p. 9), “a motivação, ou motivo, é aquilo que move uma pessoa ou que a põe em ação ou a faz mudar de curso”. Podemos dizer que a motivação é um processo e, por conseguinte, produz ou estimula uma conduta que sustente uma atividade progressiva a qual canaliza essa atividade para um dado sentido (FERNANDES; CAMPOS, 2017). Assim sendo, estando o problema contextualizado e dando a oportunidade aos estudantes de realizarem uma reflexão crítica sobre a temática, há possibilidades mais prováveis de gerar motivação para que os aprendizes possam solucionar o problema. Nesse caso, os estudantes podem assumir o papel de futuros Técnicos em Química, ao investigarem sobre o DDT e as consequências de seu uso no ambiente como no caso dos pinguins e focas na Antártida.

Referente à quarta característica de um Problema Eficaz (Figura 1), percebemos que, a partir da nossa proposta de **investigação**, ou seja, explicar como os pinguins e focas da Antártida podem ter sido contaminados com DDT, investigar os problemas ambientais, inclusive os danos à saúde que o DDT pode causar, além dos cuidados que os agricultores devem ter na aplicação de agrotóxicos, permite que os educandos elaborem hipóteses, pesquisem, questionem, discutam e cheguem a uma conclusão a respeito do problema a eles destinado.

Segundo Pozo e Echeverría (1998), “[...]O ensino baseado na solução de problemas pressupõe promover nos alunos o domínio de procedimentos, assim como a utilização dos conhecimentos disponíveis, para dar resposta a situações variáveis e diferentes” (p. 09). Nesse contexto, os educandos têm, diante de si, um problema a ser solucionado, uma questão que envolve um grave problema: O uso do DDT.

As consequências do DDT em animais são evidentes, principalmente em aves, uma vez que os ovos apresentam a espessura da casca reduzida, prejudicando a reprodução (SANTOS; MÓL, 2013). Além disso, apresenta redução no tamanho cerebral dos embriões. Sabemos que o DDT é um inseticida de baixo custo e essa substância leva de 4 a 30 anos para se degradar, afetando a fauna e a flora, infiltrando-se na água e contaminando mananciais (SANTOS; MÓL, 2013). Estudos revelam que os pesticidas organoclorados, como o DDT, agem sobre

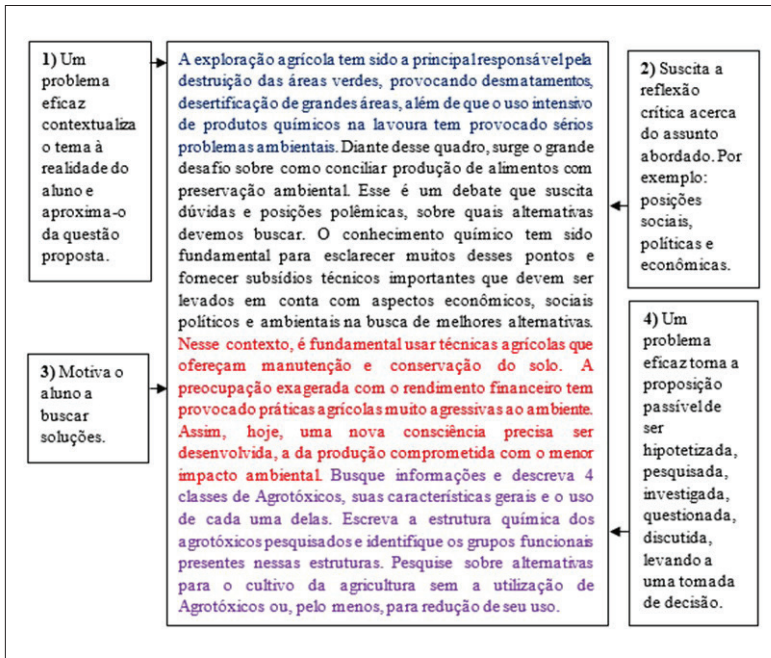
o sistema nervoso central, implicando alterações de comportamento, distúrbios sensoriais, do equilíbrio, da atividade da musculatura involuntária, assim como depressão dos centros vitais, em especial, da respiração (BRASIL, 1997). Da mesma forma, há evidências, na literatura médica, da relação entre DDT e câncer de pâncreas, devido a exposições em grandes quantidades dessa substância química (MESQUITA, 2001; SOUZA, 2006). Devido a tantas consequências danosas ao meio ambiente e à saúde humana, a utilização do DDT foi restrita a casos especiais, no que diz respeito a controle de vetores de doenças pela Convenção de Estocolmo (SILVA; GUIMARÃES, 2010). Essa convenção se realiza com o intuito de discutir acerca de Poluentes Orgânicos Persistentes, denominados POPs. Em 2009, o Brasil, que é signatário dessa convenção, eliminou o DDT, desautorizando sua fabricação, importação, exportação, manutenção em estoque, comercialização e uso (PEREIRA; CARSON, 2012).

A **contextualização** do problema 2 (Figura 2) trata da devastação de áreas verdes para o plantio de alimentos com consequências danosas ao meio ambiente, além da utilização indiscriminada de agrotóxicos, trazendo, da mesma forma, resultados prejudiciais ao meio em que vivemos. A contextualização nesse exemplo é relevante pelo fato de atribuir um sentido preventivo àquilo ao qual os estudantes estarão expostos. É, na realidade, uma forma de designar as circunstâncias que estão ao redor de um acontecimento, situação ou fato (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013).

Sabemos que a exploração ambiental está intimamente relacionada à evolução do intrincado desenvolvimento tecnológico, científico e econômico o qual, por diversas vezes, tem modificado, de maneira irreversível, o cenário do planeta e conduzido a processos degenerativos profundos da natureza (RAMPAZZO, 1997). Entre os processos degenerativos profundos da natureza, Ehlers (1999) evidencia a erosão e a perda da fertilidade dos solos, a destruição florestal, a dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade, a contaminação dos solos, da água, dos animais silvestres, do homem do campo, assim como dos alimentos.

Contextualizado o problema, situando os educandos à questão que devem resolver, a segunda característica do Problema Eficaz (Figura 2) pode levar os alunos a refletir sobre a temática, qual seja: aliar a produção de alimentos à preservação ambiental. Essa **reflexão crítica** pode ser fomentada pelas discussões nos grupos, no levantamento dos aspectos sociais, políticos e econômicos, envolvidos na produção de alimentos e na preservação ambiental.

Figura 02. Segundo problema com as características de um Problema Eficaz



Fonte: Elaborado pelos autores.

Preiss, Vasconcellos e Schneider (2018) afirmam que o planeta possui 7,3 bilhões de habitantes, dos quais 54% residem em áreas urbanas. Para mais, a expectativa populacional é de chegar a 9,5 bilhões no ano de 2050, sendo que mais de 70% nas cidades. Como podemos perceber, há um enorme número de pessoas a alimentar. Dessa forma, é importante a utilização de práticas de conservação e preservação ambiental, com o intuito de preservar a fertilidade do solo, assim como as condições climáticas favoráveis. Sabemos que, para a produção de alimentos, os agrossistemas, tais como lavoura, pastagens, exigem a modificação do sistema natural. Essa ação tem como consequência a transformação dos ecossistemas, havendo a remoção da cobertura vegetal, revolvimento do solo (aração, gradeação, semeadura, plantio, cultivo), aplicação de fertilizantes, de defensivos com o objetivo de combater doenças e pragas. Tudo isso tem como resultado contaminação do solo, do ar e das águas, erosão, compactação e diminuição da permeabilidade do solo, entre outros. Por esses motivos, temos de viabilizar uma agricultura sustentável.

No que diz respeito à **motivação** (Figura 2) para a resolução desse problema, as informações fornecidas no enunciado podem mobilizar os educandos na busca por uma solução que utilize técnicas agrícolas que mantenham e conservem o solo, tendo uma produção que leve em consideração um menor impacto ambiental. Como apontam Lourenço e Paiva (2010), temos que considerar a recíproca entre a aprendizagem e a motivação. Neste âmbito, ao conhecer sobre as possibilidades de práticas agrícolas menos impactantes ao ambiente, o estudante pode buscar um aprofundamento conceitual sobre tais, pois passa a reconhecer essa demanda como

um interesse seu, um fator que pode gerar a motivação para resolução do problema. Em suma, a motivação pode ser compreendida como o aspecto dinâmico ou energético da ação, é aquilo que impulsiona o comportamento (BARRERA, 2010).

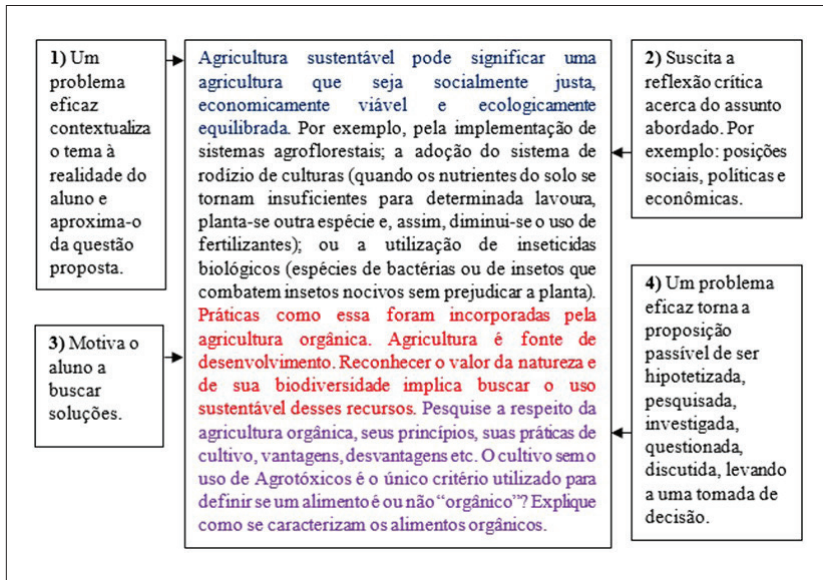
Para que haja grande produção de alimentos, ocorre o desmatamento, extensas áreas de terras são utilizadas para a monocultura, alterando de forma significativa o ambiente, tanto no que diz respeito à flora quanto à fauna. Ademais, existe a utilização indiscriminada de fertilizantes, herbicidas e pesticidas na agricultura, ocasionando sérias consequências à saúde humana e ao meio ambiente. Dessa maneira, urge que se busquem alternativas com o objetivo de que os impactos ambientais sejam minimizados, como no caso da agricultura sustentável (LEWANDOWSKI; HARDTLEIN; KALTSCHMITT, 1999, citando a Conferência de Ministros Europeus de Meio Ambiente). Motivados para a tarefa, os alunos também são instigados a buscarem informações a respeito de classes de agrotóxicos, sua estrutura química, assim como os grupos funcionais presentes nas estruturas dos produtos químicos pesquisados.

Além disso, os educandos são levados a **investigar** acerca de alternativas para uma agricultura sem agrotóxicos ou com a diminuição de seu uso (quarta característica de um Problema Eficaz, Figura 2).

Epistemologicamente, quando os educandos entendem e aceitam que têm problemas para resolverem, sentem-se estimulados a buscar soluções para tais. Laudan (1977) destaca que o progresso da Ciência ocorre conforme esse itinerário de pesquisa. Assim, entendemos que os problemas não resolvidos mobilizam uma ação, pois transformar os problemas não resolvidos e anomalias em problemas resolvidos “é um dos modos pelos quais as teorias progressistas estabelecem suas credenciais científicas” (LAUDAN, 1977, p. 28).

A primeira parte do problema apresentado na Figura 3 nos remete à **contextualização**, ou seja, vincula o conhecimento à sua origem e à sua aplicação favorecendo a busca por soluções (POZO; CRESPO, 2009). Baseado nisso é que o conhecimento ganhará significado real para o aluno, pois é apresentado ao mesmo a respeito da agricultura sustentável, assunto que lhe diz respeito, pois é por intermédio da agricultura que satisfazemos nossa necessidade diária de alimentação, assim como sofremos as consequências de uma agricultura que traz danos ao meio ambiente e à nossa saúde pela utilização indiscriminada de agrotóxicos. As informações dessa primeira parte do enunciado ambientam os aprendizes à temática do problema, ou seja, a utilização de uma agricultura sustentável, economicamente viável e ecologicamente equilibrada.

Figura 03. Terceiro problema com as características de um Problema Eficaz



Fonte: Elaborado pelos autores.

A segunda parte do problema (Figura 3) pode levar os alunos a pensarem, **reflitirem** sobre outras formas de agricultura que não agridem tanto o ambiente como a forma tradicional, utilizando menos agrotóxicos ou até mesmo não fazendo uso dessas substâncias químicas. Portanto, a agricultura sustentável é uma opção, já que está relacionada ao uso de um método de cultivo o qual respeita o meio ambiente e contribui para a sua preservação, não deixando de ser uma atividade economicamente viável e lucrativa. Dessa maneira, trata-se de um processo que proporciona a qualidade de vida e a capacidade de suprir as necessidades das gerações futuras, tendo em vista o cuidado da terra, da água e do ar. Berbel (2011) afirma que o educando, diante de problemas e/ou desafios, mobiliza o seu potencial na medida em que estuda com o intuito de compreendê-los e/ou superá-los, produzindo, conseqüentemente, conhecimento em função do que necessita responder ou equacionar. Durante esse processo, é possível que o estudante, gradativamente, desenvolva o espírito científico, o pensamento crítico, o pensamento reflexivo, adquira valores éticos, tornando-se autônomo na formação como ser humano, bem como em relação ao seu futuro profissional.

A terceira parte pode **motivar** (Figura 3) os educandos a buscarem uma solução mais harmônica, mais saudável para práticas agrícolas que não interfiram tanto no meio em que vivemos. Apesar de diversas denominações, as agriculturas alternativas se propagam no mundo e no Brasil por intermédio de diversas correntes. Entretanto, possuem o mesmo objetivo: promover mudanças tecnológicas e filosóficas na agricultura. Essa característica do Problema Eficaz favorece a motivação dos educandos, evidenciando que o reconhecimento do valor da natureza e sua biodiversidade acarreta a busca da utilização sustentável dos recursos do meio ambiente. De David (2018, pág. 122) afirma: "A sociedade precisa caminhar em direção à sustentabilidade de forma harmônica com desenvolvimento socioeconômico e

ambiental, trabalhando sempre a prevenção e a preservação com atitudes individuais e coletivas.” Nesse sentido, o enunciado do problema (fator externo) ao ser considerado como algo que o concerne, pode gerar a motivação para o desenvolvimento de funções psicológicas no processo de aprendizagem (fator interno), como pressupõe a teoria de aprendizagem de Lev Vygotsky (LOURENÇO; PAIVA, 2010).

Os questionamentos feitos na quarta característica de um Problema Eficaz (Figura 3) levam os alunos à prática, ou seja, à busca de uma solução. Para tanto, os aprendizes devem ser orientados a **pesquisarem** acerca da agricultura orgânica, seus princípios, suas práticas de cultivo, vantagens e desvantagens, assim como questionamentos relacionados ao que define um alimento orgânico. Sabemos que a agricultura orgânica é um processo produtivo que está comprometido com a organicidade e a sanidade da produção de alimentos vivos, com o intuito de preservar a saúde dos seres humanos (RIBEIRO, 2018). Para isso, usa tecnologias que são adequadas à realidade do local de produção. Esse tipo de agricultura não utiliza agrotóxicos e possibilita a restauração e manutenção da biodiversidade. Outrossim, utiliza fertilizantes naturais, rotatividade de culturas, uso racional da água, além de técnicas que possam ser adaptadas à realidade do local de cultivo. Nesse sentido, salientamos que os alunos podem desenvolver sua autonomia (FREIRE, 1998), com o conjunto de atividades necessárias para investigar e para chegar a uma solução adequada para problemas com essa natureza.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir dos estudos realizados sobre o uso da metodologia de RP, chegamos à conclusão de que um Problema Eficaz deve contemplar as quatro características descritas neste artigo: Contextualização (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013), Reflexão Crítica (LOUREIRO; TOZONI-REIS, 2016; COSTA; ECHEVERRIA; RIBEIRO, 2017), Motivação (LOURENÇO; PAIVA, 2010) e proposição passível de favorecer a elaboração de hipóteses, ser investigada, questionada, discutida, levando a uma tomada de decisão (LAUDAN, 1977; POZO; CRESPO, 1998).

Neste artigo, apresentamos as características de um Problema Eficaz numa determinada ordem, entretanto essa disposição possui apenas fins didáticos. Elas podem, conforme a elaboração pretendida, aparecer em posições diferenciadas da que apresentamos, desde que não haja prejuízo à compreensão do problema. Essa flexibilidade da disposição das características de um Problema Eficaz deve-se ao fato de elas estarem intimamente relacionadas. A contextualização, no caso dos problemas trabalhados neste artigo, refere-se a situações do cotidiano numa perspectiva não redutiva. Isso, conseqüentemente, pode mobilizar os estudantes à reflexão crítica do problema ao qual deverá solucionar, já que está intimamente ligado ao seu dia a dia, favorecendo a motivação para buscar soluções à situação na qual está inserido. Devido a essas premissas, apontamos que as características de um Problema Eficaz atuam de forma sinérgica e consonante. Consideramos que apenas a quarta característica, a proposição em si, não possa ser deslocada para outra posição, contudo nela podem constar as outras três características.

Para finalizarmos, sabemos que de nada adianta termos problemas bem formulados sobre determinados conteúdos com finalidades pedagógicas, se não

tivermos um planejamento adequado para se trabalhar com a RP. Dessa maneira, é fundamental que o docente perceba a importância da sua formação continuada, buscando novas metodologias de ensino e aperfeiçoamento das suas práticas em sala de aula. Nesse contexto, e por toda nossa pesquisa realizada, entendemos que a RP é uma proposta pedagógica que permite fazer a associação do cotidiano dos aprendizes com os conteúdos escolares e, fazendo parte dessa metodologia de ensino, os problemas devem ser eficazes e realmente possibilitar que os alunos reflitam e sejam capazes de construir seu próprio conhecimento.

REFERÊNCIAS

BARRERA, S. D. Teorias cognitivas da motivação e sua relação com o desempenho escolar. **Póiesis Pedagógica**, São Paulo; v.8, n.2, p.159-175, 2010.

BATISTA, C. A. S.; PEDUZZI, L. O. Q. Concepções epistemológicas de Larry Laudan: Uma ampla revisão bibliográfica nos principais periódicos brasileiros do ensino de ciências e ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 38-55, 2019.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Departamento Técnico Normativo. Divisão de Meio Ambiente e Ecologia Humana. Organização Pan- Americana de Saúde: **Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**, Brasília, 1997.

BZUNECK, J. A. As crenças de auto-eficácia dos professores. In: SISTO, F.F.; OLIVEIRA, G. de & FINI, L. D. T. (Org.). **Leituras de psicologia para formação de professores**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2000.

COSTA, L. S. O.; ECHEVERRÍA, A. R.; RIBEIRO, F. L. O Processo de Tomada de Consciência e a Formação de Conceitos da Educação Ambiental na Formação Inicial de Professores de Ciências/ Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 17, n. 3, p. 803–834, dez, 2017.

DE DAVID, L. síntese do seminário sobre mudanças climáticas desafios da sustentabilidade e da produção de alimentos saudáveis. In: DE DAVID, L. *et al.* (Org.). **Agricultura familiar, produção de alimentos saudáveis e preservação ambiental: relatório verde 2018**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, 2018. p. 119-134.

DOMIN, D.; BODNER, G. Using Students' Representations Constructed during Problem Solving To Infer Conceptual Understanding. **Journal of Chemical Education**, n. 89, p. 837-843, 2012.

ECHEVERRÍA, M.D.P.P.; POZO, J.I.; Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J.I.; **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artmed. p. 13-42, 1998.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2ª ed., Guaíba: Agropecuária. 157p, 1999.

FAO. **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO)**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fao-fome-aumenta-no-mundo-e-afeta-821-milhoes-de-pessoas/>>. Acesso em: 03 ago. 2019.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 458-482, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 7ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

FONSECA, M. R. M. **Química Ensino Médio**. 1ª ed. v. 2. Porto Alegre: Ática, 2013. 320 p.

GIL-PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGROSA, J. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 4, p. 447-455, 1983.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Formação de professores e o desenvolvimento de habilidades para a utilização da metodologia de resolução de problemas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 2, p. 431-450, 2014.

LAUDAN, L. **Progress and it's problems**. Towards a Theory of Scientific Growth. London: Outledge & Kegan Pau, 1977. 275 p.

LEWANDOWSKI, I.; HARDTLEIN, M.; KALTSCHMITT, M. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. **Crop Sciences**, v. 39, p. 184-193, 1999.

LIMA, F. S. C.; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resolução de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química Nova**, v. 41, n. 4, p. 468-475, 2017.

LOUREIRO, C. F. B.; TOZONI-REIS, M. F. C. Teoria social crítica e pedagogia histórico-crítica: contribuições à educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, p. 68-82, 2016.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências e Cognição**, v. 15, n. 2, p. 131-141, 2010.

MARTÍNEZ, F. P.; MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 3, p. 469- 492, 2014.

MESQUITA, S. A. **Avaliação da contaminação do leite materno por pesticidas organoclorados persistentes em mulheres doadoras do banco de leite do Instituto Fernandes Figueira, RJ**. 2001. 84 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, J. E. B. M. **A motivação ética no processo de ensino/aprendizagem na formação de professores do ensino fundamental**. 2008. 254f Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PEREIRA, E. M.; CARSON, R. Ciência e Coragem. **Ciência Hoje**, v. 296, p. 72-73, 2012.

POZO, J.(org.). **A Solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

POZO, J.I. **Aprender en tiempos revueltos**. La nueva ciencia del aprendizaje. Madrid: Alianza, 2016.

POZO, J.I.; CRESPO, M.Á.G. A solução de problemas em ciências da natureza. In: POZO, J.I.; **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 67-102.

POZO, J.I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PREISS, P.; VASCONCELLOS, F. C. F.; SCHNEIDER, S. Agricultura e alimentação para o século 21 – novas referências, desafios e perspectivas. In: DE DAVID, L. *et al.* (Org.). **Agricultura familiar, produção de alimentos saudáveis e preservação ambiental**: relatório verde 2018. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, 2018. p. 37-58.

RAMPAZZO, S. E. A questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico. In: BECKER, D. F. (Org.). **Desenvolvimento sustentável**: necessidade e/ou possibilidade? Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1997. p. 157-188.

RIBEIRO, D. C. A. **A temática agrotóxicos e a metodologia da resolução de problemas no ensino de ciências**. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2018. 161p.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. Método de resolução de problemas no ensino médio: uma proposta interdisciplinar abordando o tema agrotóxicos. **Revista Prática Docente**, v. 3, n. 2, p. 643-664, 2018a.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A Resolução de Problemas na Educação Básica: O Processo de Elaboração de Problemas sobre a Temática Ambiental Agrotóxicos. In: EDEQ - ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 38., 2018, Canoas. **Anais...** Canoas: Ulbra, p. 1- 8, 2018b. Disponível em: <<http://edeq.com.br/submissao/index.php/EDEQ/38edeq/paper/view/555/81>>. Acesso em: 14 out. 2020.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. The Environmental Issue of Pesticides: The Problem-Solving Methodology in Elementary School. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 4, p. 97-114, 2019a.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A metodologia da resolução de problemas: uma proposta interdisciplinar sobre agrotóxicos na educação de jovens e adultos. **Revista Linhas**, v. 20, n. 43, p. 205-233, 2019b.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (org.). **Projeto de Ensino de Química e Sociedade**: Química cidadã. 2ª ed. São Paulo: AJS. 320 p, 2013.

SILVA, P. C.; GUIMARÃES, F. L. **Controle de Vetores**: Procedimentos de Segurança. Brasília: FUNASA, 208 p. , 2010.

SOCKALINGAM, N.; ROTGANS, J. I.; SCHMIDT, H. G. The relationships between problem characteristics, achievement-related behaviors, and academic achievement in problem-based learning. **Advances in Health Sciences Education**, v. 16, n. 4, p. 481-490, 2011.

SOCKALINGAM, N.; SCHMIDT, H. G. Characteristics of Problems for Problem-Based Learning: The Students' Perspective. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, v. 5, n. 1, p. 5-33, 2011.

SOUZA, M. V. **Resíduos de Agrotóxicos Ditiocarbamatos e Organofosforados em Alimentos Consumidos no Restaurante Universitário-UNB**: Avaliação da Exposição Humana. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L., BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química, **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, maio, 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed. 224p, 1998.

Os **Autores 2 e 3** supervisionaram o projeto. **Todos os autores** conceberam a ideia apresentada. **Todos os autores** desenvolveram a teoria. Os **Autores 1 e 2** analisaram os dados e adaptaram os resultados para o enfoque do artigo proposto. **Todos os autores** discutiram os resultados e contribuíram para a versão final do manuscrito.

NOTAS

1 O DDT (sigla de diclorodifeniltricloroetano) é o primeiro pesticida moderno, tendo sido largamente usado durante e após a Segunda Guerra Mundial para o combate aos mosquitos vetores de doenças como malária e dengue.

Submetido em 07/07/2020

Aprovado em 14/10/2020

Contato:

Camila Greff Passos

Instituto de Química da UFRGS

Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43.111, sala 218-C - Bairro Agronomia

CEP 91.501-970 - Porto Alegre RS - Brasil

ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO GEOMÉTRICO NO CURRÍCULO DE MATEMÁTICA DA CIDADE DE SÃO PAULO

SOME REFLECTIONS ON THE DEVELOPMENT OF GEOMETRIC THINKING IN THE CITY OF SÃO PAULO MATHEMATICS CURRICULUM

Edda Curi

Doutora em Educação Matemática
Universidade Cruzeiro do Sul - Unicsul

edda.curi@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6347-0251>

Resumo

Este artigo tem como finalidade analisar o Currículo da Cidade de São Paulo no que se refere ao ensino de Geometria, envolvendo figuras planas e espaciais, ao longo dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O estudo é realizado com base nas pesquisas de Van Hiele (1986) sobre o desenvolvimento do pensamento geométrico. Permite articular a pesquisa e o ensino em Educação Matemática. Como metodologia de pesquisa são usados procedimentos de pesquisa documental. O documento analisado foi construído coletivamente, por um grupo formado por professores que ensinam Matemática na rede municipal, alguns gestores e técnicos da Secretaria Municipal de Educação e de assessores. Apresenta uma introdução que aborda o ensino de Matemática e uma lista de objetos do conhecimento com seus respectivos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento por ano de escolaridade, além de textos de orientações didáticas baseados em pesquisas, publicados em dois volumes. Entre os resultados destacam-se nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento indicações de propostas para o ensino de Geometria que são promissoras para o desenvolvimento do pensamento geométrico dos estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Palavras-Chave: Pensamento geométrico. Currículo da cidade. Objetivos de aprendizagem e desenvolvimento. Níveis de Van Hiele. Anos iniciais do Ensino Fundamental.

Abstract

This article aims to analyze the Curriculum of the City of São Paulo with regard to the teaching of Geometry, involving plane and spatial figures, throughout the early years of Elementary School. The study is based on research by Van Hiele (1986) on the development of geometric thinking. It allows articulating research and teaching in Mathematics Education. As a research methodology, documentary research procedures are used. The analyzed document was built collectively, by a group formed by teachers who teach Mathematics in the municipal network, some managers and technicians from the Municipal Department of Education and advisors. It presents an introduction that addresses the teaching of Mathematics and a list of knowledge objects with their respective learning and development objectives by year of schooling, in addition to texts of didactic guidelines based on

research, published in two volumes. Among the results stand out in the objectives of learning and development, indications of proposals for the teaching of Geometry that are promising for the development of geometric thinking of students in the early years of Elementary School.

Keywords: Geometric thinking. Curriculum of city. Goals of learning and development. Van Hiele's levels. Beginning of Elementary School.

Introdução

Este artigo tem como finalidade analisar o Currículo de Matemática da Cidade de São Paulo no que se refere ao ensino de Geometria nos anos iniciais do Ensino Fundamental, envolvendo figuras geométricas planas e espaciais. Apoia-se nos estudos de Van Hiele (1986) sobre o desenvolvimento do pensamento geométrico e a taxonomia revisitada de Benjamim Bloom (apud KRATHWOHL, 2002) e permite uma articulação entre pesquisa e ensino em Educação Matemática.

De acordo com a natureza do objeto estudado (um documento curricular) e da questão que se quer investigar, o instrumento metodológico utilizado para este texto refere-se à análise de documentos, o que caracteriza a pesquisa documental. Cellard (2008) evidencia que uma pesquisa documental se caracteriza quando se utilizam documentos, ou seja, produções e registros que não tiveram tratamento analítico ou que as análises não têm o foco em que se objetiva extrair informações destas fontes. O autor destaca que em uma análise documental, o pesquisador investiga, examina, avalia, usando técnicas apropriadas de manuseio, seguindo procedimentos, organizando dados a serem categorizados e analisados para então elaborar sínteses e conclusões.

O potencial desta escolha metodológica é reafirmado por Cellard (2008) ao indicar que na pesquisa documental a influência do pesquisador é mínima, embora este tenha se envolvido com o documento pesquisado, uma vez que o processo de investigação parte do contexto sócio-histórico da produção do documento, seus elementos constitutivos, o que possibilita uma análise fidedigna pelo constante confronto entre os cenários empírico e teórico, permitindo diferentes e novos olhares sobre o objeto investigado e o consequente aprofundamento de sua compreensão.

Para o procedimento de análise de dados, seguimos Lüdke e André (1986) e Minayo (1998) que destacam o procedimento alicerçado na seleção de segmentos específicos do conteúdo dos documentos a serem analisados, envolvendo um processo indutivo de leitura e numerosas releituras que culmina na construção de categorias de análise.

Com base em Cellard (2008), a análise inicia-se com uma apreciação de alguns elementos relativos ao documento Currículo da Cidade de São Paulo de Matemática como contexto, autores, interesses, confiabilidade, natureza do texto e conceitos chave.

A partir da identificação desses elementos e após várias leituras dos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento, foram organizadas as categorias de análise com bases teóricas nos estudos de Van Hiele (1986). A releitura dos objetivos e a análise dos verbos de cada um deles indicaram a necessidade de criação de uma nova categoria, um nível de transição entre o visual e o de análise (VAN HIELE, 1986), que foi denominado de Nível Intermediário. Essa categoria se faz necessária, uma vez que os verbos “representar e desenhar” retratam um nível de transição, entre o nível visual e o de análise, pois à medida que uma criança representa uma figura geométrica ela pode se basear, ao mesmo tempo, no que conhece do visual da figura e ainda nas suas propriedades e características.

A partir da organização dessas categorias os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento foram enquadrados, o que possibilita uma visão do desenvolvimento do pensamento geométrico ao longo dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Apreciação inicial do currículo da Cidade de São Paulo de Matemática

Conforme anunciado no item anterior, esta apreciação parte de algumas constatações sobre o contexto em que o documento foi elaborado. O Currículo da Cidade de São Paulo – Matemática (SÃO PAULO, 2017) foi organizado no contexto de um grupo de trabalho formado por professores que ensinam Matemática na rede pública municipal de São Paulo, alguns técnicos de Diretorias de Ensino e da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo com a formação em Matemática que pertenciam a núcleos técnicos de currículo, de formação de professores e de avaliação, além de duas assessoras, educadoras matemáticas com muita experiência em discussões e elaboração de currículo e na formação de professores.

Também fazia parte do contexto da elaboração do documento os materiais curriculares utilizados na rede nos últimos anos para que não houvesse ruptura entre o que era proposto e as novas orientações curriculares. O propósito de não haver grandes rupturas com documentos anteriores era para que os professores percebessem uma continuidade, mas uma evolução no currículo e não uma ruptura, ou seja, “não fazer mais como se fazia” porque mudou a orientação “do governo”.

Na época da elaboração do documento, havia também uma discussão para finalização da Base Nacional Comum Curricular que estava em sua terceira versão e que também deveria servir de apoio para o novo documento curricular.

Dessa forma, o Currículo da Cidade (SÃO PAULO, 2017) foi elaborado com base em documentos curriculares anteriores da própria rede e também se apoiando na BNCC para situar os professores no contexto vigente na época da elaboração, embora a BNCC ainda não estivesse em sua versão definitiva. O documento foi publicado para subsidiar o ensino de Matemática e distribuído a todos os professores que ensinam Matemática na rede municipal de São Paulo. Em sua primeira tiragem, em 2017, foi enviado, pelo menos um exemplar, a todas as escolas dessa rede totalizando 5031 exemplares. Além disso, é um documento de domínio público e encontra-se no Portal da Secretaria Municipal de Educação de São Paulo para acesso irrestrito, na sua segunda versão publicada em 2019.

Nesse contexto histórico e social em que foi elaborado o referido currículo, foi possível perceber as concepções que o orientam como as ideias fundamentais da Matemática, os diferentes tipos de processos e raciocínios matemáticos, entre outras que subsidiam o *corpus* do documento e que fazem parte da visão de seus autores, principalmente das assessoras, evitando interpretações pessoais ou parciais de quem analisa o documento.

Com relação às assessoras, elas tinham vasta experiência na elaboração de materiais curriculares e nas discussões que envolvem currículo e formação de professores. Também estiveram envolvidas com os documentos curriculares anteriores dessa rede, em termos de autoria ou de discussão, e da própria Base Nacional Comum Curricular — BNCC (BRASIL, 2017) participando de grupos de discussão e de análise de algumas versões deste último documento. Assim, o conhecimento sobre os trabalhos e o pensamento das assessoras permitiu fazer a leitura das entrelinhas do documento analisado para este artigo, evitando interpretações errôneas. Como afirma Cellard (2008), é importante conhecer a identidade e as concepções de autores de um documento, o que permite avaliar melhor a credibilidade do mesmo. No caso do currículo analisado, o conhecimento do pensamento das assessoras permitiu perceber a interpretação dada a alguns elementos, identificar a tomada de posições que transparece nas indicações do currículo, compreender descrições, definições e conceituações matemáticas apresentadas. O conhecimento da procedência do texto analisado facilita a averiguação de sua autenticidade e revela confiabilidade.

Uma primeira leitura do texto permite ao leitor se apropriar das informações veiculadas. As posições são claras e objetivas e tomam por base pesquisas atuais em

Educação Matemática. Alguns conceitos foram esclarecidos no documento para que houvesse melhor entendimento. Mesmo com esses esclarecimentos, o documento curricular é complementado por um conjunto de orientações didáticas (organizadas em dois volumes), destinadas aos professores para melhor compreensão do currículo.

Percebe-se uma lógica na organização do Currículo da Cidade (SÃO PAULO, 2017), de acordo com a natureza do documento. Cabe destacar que as referências bibliográficas apresentadas indicam o uso de estudos e pesquisas recentes em Educação Matemática.

O documento, na parte específica do ensino de Matemática, se inicia com uma discussão sobre o ensino e aprendizagem de Matemática, focaliza diferentes estratégias de ensino, apresenta uma estrutura curricular organizada em dois tipos de Eixo. Um deles, denominado de Eixo Estruturante, envolve os grandes temas matemáticos, de acordo com o que é proposto na BNCC (Números, Geometria, Álgebra, Grandezas e Medidas, Probabilidade e Estatística). O outro, denominado Eixo Articulador, envolve Jogos e Brincadeiras, Processos Matemáticos e Conexões Extramatemáticas, permitindo estabelecer relações tanto intramatemática como extramatemática.

No Currículo da Cidade há uma discussão desses Eixos, com explicitação do que se espera em cada um deles e possibilidades de integração. Os dois tipos de eixo citados se desdobram em objetos do conhecimento e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento por ano de escolaridade. Os Objetos do Conhecimento, apresentados em cada Eixo, se referem aos conteúdos matemáticos para aquele ano de escolaridade.

Os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento são apresentados no Currículo por meio de um verbo no infinitivo, que indica um processo cognitivo, acompanhado de um Objeto de Ensino e um Complemento que pode ser opcional e vir ao final ou no meio do objetivo.

A organização estrutural dos objetivos permite a utilização da taxonomia revisitada de Bloom (apud KRATHWOHL, 2002) e, no Eixo de Geometria, o uso dos níveis do pensamento geométrico destacados nas pesquisas de Van Hiele (1986).

Para este artigo, analisaremos os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento do Currículo da Cidade – Matemática (2017) que estão alocados no Eixo Estruturante de Geometria, envolvendo figuras planas e espaciais, nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Aportes teóricos

Os aportes teóricos se relacionam aos estudos sobre o desenvolvimento do pensamento geométrico e sobre a taxonomia de Bloom revisitada.

O modelo do pensamento geométrico tem sua origem em 1957, nas dissertações de doutorado de Dina van Hiele-Geldof e Pierre van Hiele na Universidade de Utrecht, nos Países Baixos. Os autores basearam-se no pressuposto de que o pensamento geométrico ocorre em níveis graduais, conforme a complexidade e que esses níveis não dependem da idade do estudante e sim de sua vivência com os entes geométricos. Dessa forma, defendem que o foco é o aluno, seu pensamento geométrico. O modelo Van Hiele foi construído para figuras geométricas planas, mas é usado também para as figuras geométricas espaciais.

Os autores destacam que a passagem de um nível para o outro depende da exploração que o professor faz em sala de aula das figuras geométricas. Consideram que essa passagem não é homogênea, que o estudante pode estar em um dos níveis para um tipo de conhecimento geométrico e em outro nível para outro tipo, por exemplo.

Consideramos importante que o professor conheça esses níveis e que o planejamento de suas aulas proporcione a evolução do pensamento geométrico, sempre com base nos conhecimentos dos alunos e no currículo.

Os estudos de Van Hiele (1986) apresentam cinco níveis do desenvolvimento do pensamento geométrico: Visualização, Análise, Dedução Informal, Dedução, Rigor. Estes níveis são discutidos a seguir.

O nível *visualização* compreende o reconhecimento das figuras pela imagem, independentemente das propriedades geométricas delineadas. O reconhecimento de uma figura por parte do estudante é feito pela aparência da figura. Nesse nível, o estudante faz a reprodução das figuras de acordo com o que ele vê e/ou já construiu no seu pensamento em relação à figura, mas sem se ater às suas propriedades. Ainda nesse nível, os estudantes se apropriam do vocabulário geométrico básico referente a essa(s) figura(s), usando terminologias específicas. Também associa elementos da natureza ou de arte ou da construção humana a modelos visuais de figuras conhecidas.

Em termos de figuras espaciais, nesse nível os estudantes reconhecem globalmente, por exemplo, que um chapéu de palhaço e uma casquinha de sorvete têm aspectos comuns (uma ponta e uma parte arredondada). Eles podem identificar, de forma global, pela aparência, que essas formas são “parecidas” com a figura geométrica denominada cone. Nesse

tipo de tarefa, a exploração visual ocorre na análise de uma representação da figura (desenho ou mesmo a figura cartonada).

Em se tratando das figuras planas, os estudantes reconhecem pela aparência global, por exemplo, que há figuras circulares e outras poligonais, ou ainda figuras com 3 lados, com 4 lados, com 5 lados. À medida que percebem os aspectos comuns e diferentes entre as representações das figuras planas vão aprendendo também a nomeá-las de acordo com os aspectos observados, embora esse não seja o objetivo principal do ensino de Geometria. No entanto, conhecer os nomes das figuras facilita a comunicação.

O segundo nível, *análise*, propõe o reconhecimento das figuras geométricas por suas partes e propriedades, a partir de atividades empíricas. A caracterização de uma figura geométrica é feita a partir da observação e/ou da experimentação, todavia, nesse nível, os pesquisadores destacam que não há a possibilidade de estabelecer uma relação entre figuras geométricas e suas definições. O avanço para esse nível permite que o estudante não dependa da visualização da representação da figura para identificá-la. As propriedades emergentes dessa análise são usadas para conceituar classes de formas geométricas. Os estudantes podem reconhecer uma figura não só pela sua aparência global, mas também pelas suas partes, explicitando seus elementos, características ou propriedades, como, por exemplo, reconhecer que uma figura geométrica plana que tem 3 lados e um ângulo interno reto (90°) é um triângulo retângulo, mesmo sem observar a figura.

Em relação às figuras espaciais reconhecem, por exemplo, que pirâmides têm uma “ponta” e uma base e que prismas têm duas bases “iguais” e não têm “ponta”. No entanto, ainda não relacionam propriedades de uma figura, apenas reconhecem algumas delas.

É importante destacar que a passagem do nível de visualização para o nível de análise corresponde a uma grande evolução do pensamento geométrico. Essa passagem envolve a transição de uma forma estática de conceitos para uma mais simbólica. As propriedades geométricas podem ser descritas, ampliando os conceitos já existentes.

Pesquisas realizadas por Pires, Curi e Campos (2000) indicam a possibilidade de existir um nível de transição entre os níveis de visualização e de análise. As autoras destacam que esse nível aparece quando uma criança representa, por exemplo, uma figura geométrica usando os conhecimentos visuais que têm sobre a figura e o conhecimento, mesmo implícito, sobre suas características ou propriedades. Elas relatam que várias crianças participantes da pesquisa desenharam uma caixa de leite (prisma de base quadrada), iniciando seu desenho com o que lembravam do visual da caixa. Depois ficavam olhando para o desenho e sentiam

necessidade de mostrar que aquela figura tinha mais “alguma coisa” e indicavam algumas das faces ocultas, já com base em seu conhecimento, mesmo empírico das características do prisma e das partes dessa figura.

No nível de *Dedução Informal*, o estudante inicia o processo de associação das figuras pelas relações entre propriedades e não apenas por reconhecer uma ou outra propriedade da figura como no nível anterior. O estudante começa a identificar uma definição formal para evoluir nos conceitos geométricos, mas ainda não faz demonstrações, apenas algumas deduções informais.

No nível de dedução informal, os estudantes reconhecem classes de figuras (a dos poliedros, a dos prismas, a das pirâmides, entre outros) e inclusão de classes (todo prisma é um poliedro). Com relação às figuras planas, os estudantes reconhecem que as características mínimas de um quadrado são possuir 4 lados com a mesma medida e 4 ângulos retos ou ainda reconhecem que um quadrado é também um losango (inclusão de classes), por ter 4 lados com a mesma medida e que também é um retângulo por ter 4 ângulos retos.

Nesse nível, os alunos podem realizar atividades investigativas que permitem uma dedução informal, por exemplo, do teorema de Pitágoras. Os estudantes iniciam uma argumentação informal, usando dados empíricos.

Na passagem do Nível de Análise para o Nível de Dedução Informal, o estudante explora e demonstra informalmente propriedades das figuras, sustentado por um sistema lógico e dedutivo. A passagem desses níveis é fundamental para a apropriação de conceitos geométricos por parte dos estudantes e o avanço no desenvolvimento do pensamento geométrico.

No nível de dedução formal, há o entendimento da inter-relação de propriedades entre as figuras geométricas e a construção de demonstrações. Envolve o processo dedutivo.

É pouco explorado no ensino básico, apenas nos anos finais do ensino fundamental (8º e 9º anos) e no ensino médio. Às vezes, o estudante termina o ensino médio sem nunca ter realizado uma dedução formal.

Cabe destacar que a dedução informal faz parte do processo de passagem para o nível de dedução formal.

Na passagem do Nível de Dedução Informal para o Nível de Dedução Formal, o estudante já supera as explorações e investigações mais empíricas, atinge maior rigor matemático e se utiliza de descobertas anteriores, de axiomas e teoremas já conhecidos em relação a algumas figuras geométricas, seus elementos e características.

Por fim, no nível *rigor*, a Geometria é compreendida no plano abstrato, sem a necessidade do uso de materiais concretos e instrumentos de desenho ou de medida; sem apoio de figuras geométricas. Este nível de pensamento geométrico deve ser alcançado após desenvolvimento dos antecedentes e é substancial para viabilizar as estruturas de aprendizagem. No geral é explorado em currículos do Ensino Médio.

Algumas considerações sobre os níveis de Van Hiele

Como já foi dito, os estudos dos Van Hiele (1986) vêm sendo usados também com as figuras geométricas espaciais, pois é possível abordá-las de forma intuitiva e experimental, ampliando para o conhecimento de elementos, propriedades e características, para as relações entre essas propriedades, para definições formais, para deduções informais e formais.

Tanto para as figuras planas como para as espaciais, esses níveis se desenvolvem de forma cíclica, de modo que um conceito adquirido em um nível voltará a se desenvolver no nível subsequente, com outra linguagem, outras características, de maneira que os conhecimentos adquiridos anteriormente possam ser retomados nos níveis posteriores ampliados. Os níveis inferiores constituem-se na base para a construção dos conceitos nos demais.

É importante salientar que cada nível tem sua própria linguagem. Mesmo que um mesmo conceito que esteja bem definido em um nível, a linguagem pode ser ampliada no nível seguinte.

A evolução do pensamento geométrico é referenciada por Parzysz (1991) que afirma que a geometria ensinada progride da observação e manipulação para a demonstração. Ele salienta a importância do desenho e a sua progressão de um nível para outro, devido à compreensão de características e propriedades das figuras geométricas. O autor destaca ainda que nas representações de figuras espaciais o “sabido” predomina sobre o “visto”. O pesquisador salienta que os estudantes procuram representar figuras espaciais com as propriedades que já conhecem em detrimento da representação do objeto como eles imaginam de seu conhecimento visual. Nesse caso, as representações de figuras espaciais passam a ter influência do “sabido” sobre o “visto”.

Pires, Curi e Campos (2000) discutem a questão da representação por meio de desenhos de objetos geométricos, com base em Parzysz (1991). Segundo as autoras, na medida em que os estudantes organizam a representação de uma figura geométrica utilizam os

conhecimentos de características e propriedades de figuras geométricas, o que Parzysz (1991) denomina de “o sabido”, em harmonia com a imagem que possuem do objeto - “o visto”, denominação usada também por Parzysz (1991). Este último autor discute o que considera o conflito entre o visto e o sabido na representação de figuras geométricas.

Pires (2012) afirma que para que a progressão entre os níveis aconteça, conforme se deseja, as estratégias metodológicas, os materiais didáticos, o conteúdo e o vocabulário devem ser adequados ao nível de pensamento geométrico do estudante.

Nos últimos anos há alguns questionamentos quanto à hierarquia dos níveis dos Van Hiele (1986), pois a aprendizagem das crianças e jovens não ocorre de forma tão linear.

Segundo Pires (2012, p. 194), esses níveis “não são tão estanques e estão sujeitos a maior ou menor estimulação das crianças por situações que envolvem a experimentação do espaço e das formas geométricas”.

Embora, a autora faça comentários sobre a hierarquia entre os níveis, ela enfatiza a importância dos estudos dos Van Hiele (1986) na construção de sequências de ensino que envolvem a Geometria Espacial e a Geometria Plana.

Apesar das críticas, considera-se que o modelo Van Hiele (1986) pode colaborar com o professor para o planejamento das aulas, para a seleção de conteúdos e ainda para auxiliar na identificação dos conhecimentos prévios e das dificuldades dos estudantes.

No que se refere aos anos iniciais do ensino fundamental é muito importante que se avance nos níveis do pensamento geométrico, focalizando não somente o nível de visualização, pois além de abordar figuras geométricas de forma intuitiva e visual, é fundamental ampliar o conhecimento das crianças sobre elementos, propriedades e características, e algumas relações entre essas propriedades para que os estudantes se apropriem e reconheçam figuras geométricas por suas partes e propriedades, a partir de atividades empíricas, sem apoio visual. São esses tipos de abordagens que serão investigadas no Currículo da Cidade.

A Taxonomia de Bloom revisitada

A Taxonomia de Bloom, originada em 1956, é de domínio cognitivo, estruturada em níveis de complexidade que se originam no mais simples e vão ao mais complexo. Essa organização leva em conta que para adquirir uma habilidade de um nível superior, o estudante deve ter se apropriado da habilidade do nível anterior. Além disso, o autor afirma que somente

após conhecer um determinado assunto, o estudante poderá compreendê-lo e aplicá-lo. Dessa forma, a taxonomia apresenta um esquema de organização hierárquica dos processos cognitivos, em função dos seus níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo. Isso caracteriza uma relação de inclusão entre os níveis que são organizados em termos de complexidades dos processos mentais.

Embora essa teoria fosse utilizada por muitos anos, com a evolução da educação, houve necessidade de uma releitura dos pressupostos teóricos e uma nova organização dessa taxonomia.

Um grupo liderado por Krathwohl tentou reestruturar a taxonomia original de acordo com novos conhecimentos incorporados à educação nos quarenta e poucos anos de existência dos estudos de Bloom. Krathwohl (2002), ao analisar a relação direta entre verbo e substantivo, percebeu que verbos e substantivos deveriam pertencer a dimensões separadas na qual os substantivos formariam a base para a dimensão conhecimento (o que) e verbo para a dimensão relacionada aos aspectos cognitivos (como). Essa separação de substantivos e verbos, conhecimento e aspectos cognitivos, deu um caráter bidimensional à taxonomia original e direcionou todo o trabalho de revisão.

A lógica da taxonomia é baseada em uma estrutura em que o tipo de conhecimento é designado por substantivos e os processos cognitivos para atingi-los, indicados por verbos. Os objetivos são categorizados de acordo com as ações para aprender ou desenvolver determinados conhecimentos, reunindo processos mentais diversos como de percepção, memória, juízo ou diversos raciocínios. Essa taxonomia revisada vem sendo utilizada, no Brasil, nos últimos anos como instrumento para pesquisas em currículo e avaliação e ainda em Matrizes de Avaliação elaboradas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas - Inep.

A seguir, será apresentada uma adaptação da autora deste artigo para a estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom – revisada, destacando os verbos e suas explicitações.

Figura 1 - Estrutura do processo cognitivo de Bloom

1. Lembrar: Se relaciona ao reconhecimento imediato de ideias e conteúdos. Representado pelos verbos: Reconhecer, Identificar, Recordar e Reproduzir. Reconhecer/Identificar se relaciona a distinguir e selecionar uma determinada informação. Reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação já memorizada.
2. Compreender: Se relaciona a uma conexão entre o conhecimento novo e o conhecimento já adquirido. A informação é compreendida quando o estudante consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos verbos: Interpretar, Exemplificar, Classificar, Resumir, Inferir, Comparar e Explicar.
3. Aplicar: Se relaciona ao uso de um procedimento numa determinada situação. Pode envolver a aplicação de um conhecimento em uma nova situação. Representado pelos verbos: Executar, Aplicar, Implementar, Resolver, Calcular, Explorar, Investigar.
4. Analisar: Se relaciona à divisão de uma informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos verbos: Diferenciar, Organizar, Atribuir, Concluir, Analisar.
5. Avaliar: Se relaciona a julgamentos com base em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos verbos: Avaliar, Criticar, Checar.
6. Criar: Se relaciona à criação de uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades já adquiridos. Envolve ideias novas e originais, produtos e métodos, interdisciplinaridade e interdependência de conceitos. Representado pelos verbos: Generalizar, Planejar e Produzir.

Fonte: Krathwohl (2002) – adaptado pela autora do artigo

A análise desse quadro mostra que há várias relações com o desenvolvimento do pensamento geométrico proposto por Van Hiele (1986). Para este artigo serão apresentadas nas análises algumas relações entre esses dois estudos, no que se refere aos primeiros níveis detalhados em cada um dos trabalhos, pois estes níveis é que são desenvolvidos nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Análise do currículo da cidade

Neste item será apresentada a análise dos Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento relativos à Geometria, envolvendo figuras espaciais e planas, nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Como já foi dito, a análise de objetivos educacionais é preocupação de pesquisadores desde a década de 1940 e foi concretizada em produções científicas como a Taxonomia de Bloom, revisada no início do século XXI (ANDERSON; KRATHWOHL et al., 2001; KRATHWOHL, 2002).

Os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento no Currículo da Cidade podem ser analisados a partir dessa taxonomia, pois são expressos por um verbo, um substantivo que representa o objeto do conhecimento e às vezes um complemento que adjetiva o substantivo. O verbo indica o processo cognitivo mobilizado para construir os conhecimentos previstos, dando pistas para o nível de pensamento geométrico. O complemento pode indicar também o nível de pensamento geométrico, dando pistas para identificar se o objetivo envolve a representação de uma figura geométrica, ou apenas suas características sem apoio visual.

No documento, o Objetivo de Aprendizagem e Desenvolvimento é indicado por uma sigla em que aparece o segmento de ensino (EF), acompanhado do ano de escolaridade (XX), da inicial do componente curricular M e do número do objetivo XX, como, por exemplo EF01M20, significa Ensino Fundamental, 1º ano, objetivo de Matemática número 20.

Segundo do documento Orientações Didáticas para o Currículo da Cidade – Matemática, os objetivos de aprendizagem de geometria do Currículo da Cidade, envolvendo figuras geométricas, apontam para uma análise figurativa, segundo Alsina, Burguês e Fortuny (1987), com estudo de figuras e suas propriedades independente de suas medidas, do seu tamanho ou outra qualidade.

Cabe destacar que os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento que, embora possam ter potencialidades para desenvolverem um determinado nível do pensamento geométrico, dependendo da metodologia adotada pelo professor para ensinar os estudantes, podem não ser concretizados nesse nível.

Outro ponto importante é que, no documento analisado, um objetivo às vezes apresenta mais de um verbo e cada verbo envolve um nível diferente de pensamento geométrico ou mesmo um nível de transição.

Na análise dos processos cognitivos indicados pelos verbos presente nos objetivos de aprendizagem e dos complementos quando pertinente, foram identificados os três primeiros níveis do pensamento geométrico, além do nível intermediário de transição entre os níveis visual e de análise.

Os verbos identificar, explorar, associar quando se referem às representações de figuras geométricas estão no nível de visualização, ou seja, o processo cognitivo utilizado para construção de conhecimentos se apoia efetivamente na representação das figuras geométricas, em sua exploração e na identificação visual de objetos ou elementos. Como foi visto nos aportes teóricos, um determinado objeto do conhecimento pode estar no nível de visualização mesmo nos anos mais adiantados, quando explorado pela primeira vez. Esse

nível corresponde ao nível 1 da taxonomia de Bloom revisitada, que se relaciona com os verbos reconhecer, identificar, recordar, reproduzir.

Como já foi dito, na pesquisa envolvendo o Currículo da Cidade, sentiu-se a necessidade de criar um nível intermediário de transição entre os níveis visual e de análise. Os verbos representar e desenhar indicam um nível de transição, entre o nível visual e o de análise, pois quando uma criança representa uma figura geométrica ela pode se basear, ao mesmo tempo, no que conhece do visual da figura e ainda nas suas propriedades e características. Segundo Pires, Curi e Campos (2000), às vezes, as crianças representam figuras geométricas espaciais usando ao mesmo tempo alguns conhecimentos visuais e outros de propriedades das figuras que já interiorizaram, representando, por exemplo, a face oculta de um cubo, mostrando que o cubo “tem coisas que não se vê” na sua representação em uma folha de papel (no plano).

Os verbos reconhecer, classificar, associar, descrever, analisar, planificar, compor e decompor referem-se ao nível 2 de análise, em que os objetivos permitem reconhecer figuras geométricas por suas partes e propriedades, sua caracterização, sem necessidade de visualização. Esse nível envolve a compreensão e se relaciona à taxonomia de Bloom revisitada no nível 2, que corresponde a uma conexão entre o conhecimento novo e o conhecimento já adquirido. Os verbos investigar e explorar encontram-se no nível de dedução informal e permitem o início de um processo que envolve relações entre propriedades e não apenas o reconhecimento de uma ou outra propriedade da figura como no nível anterior. Esse nível se relaciona à taxonomia de Bloom no que corresponde à aplicação de um conhecimento em uma nova situação.

A tabela 1, a seguir, apresenta a quantidade de objetivos referentes às figuras geométricas por ano de escolaridade e a distribuição desses objetivos por nível de desenvolvimento do pensamento geométrico.

Tabela 1 – Distribuição dos objetivos por ano de escolaridade e nível de pensamento

Ano	Quantidade de objetivos	Visualização	geométrico		
			Transição	Análise	Dedução Informal
1	4	3	1	0	0
2	3	1	2	0	0
3	4	1	2	1	0
4	5	2	1	2	0
5	9	3	1	3	2

Fonte: Currículo da Cidade (SÃO PAULO, 2017)

Uma análise dessa tabela mostra a evolução dos níveis do pensamento geométrico ano a ano, o surgimento do nível intermediário de transição em todos os anos de escolaridade, o aparecimento do nível de análise a partir do 3º ano e do nível de dedução informal no 5º ano. Mostra ainda que o nível visual permanece nos 5 anos de escolaridade. Uma análise do Currículo da Cidade mostra que nos objetivos de nível visual, o que muda é o objeto estudado. No geral, quando aparece pela primeira vez, a exploração da figura é visual.

Tomando por base os estudos de Parzysys (1991) sobre o “conflito do visto e do sabido”, em representações de figuras geométricas, os objetivos referentes à elaboração de representação são colocados em um nível de transição entre o de visualização e de análise, pois considera-se que ao representar a figura os estudantes já se utilizam de alguns conhecimentos empíricos sobre as características da figura.

A análise do Currículo da Cidade mostra que, no geral, os objetivos que exploram a representação apresentam mais de um verbo que apontam, na maioria das vezes, para tarefas de nível visual.

Nos três primeiros anos, o documento curricular destaca a exploração de formas presentes no cotidiano e suas similaridades ou diferenças com algumas figuras geométricas. Explora representações de figuras geométricas espaciais, permitindo sua visualização e identificação de algumas características.

A partir do 3º ano há identificação de alguns elementos das figuras geométricas planas e espaciais, há exploração de planificações de algumas figuras espaciais e identificação de figuras planas como faces de figuras espaciais.

No 4º e 5º anos os objetivos permitem um avanço do desenvolvimento do pensamento geométrico, com o estudo dos corpos redondos, elementos, planificações, comparações entre

figuras geométricas espaciais. No 5º ano o avanço se dá em investigações sobre relações vértices, faces e arestas e na abordagem de figuras geométricas a partir da análise de suas propriedades e características.

A seguir, são apresentados alguns quadros com exemplos de objetivos, elencados no Currículo da Cidade, para cada ano de escolaridade, nos diferentes níveis de desenvolvimento do pensamento geométrico.

Quadro 1 - Nível Visualização

Nível	Ano de escolaridade	Objetivo
Visualização	1º ano	Identificar entre objetos do cotidiano, os que se parecem com algumas figuras espaciais (blocos retangulares, cubos, esferas, cones e cilindros).
	2º ano	Identificar entre objetos do cotidiano, os que se parecem com algumas figuras espaciais (blocos retangulares, cubos, pirâmides, outros prismas, esferas, cones e cilindros) destacando similaridades e diferenças.
	3º ano	Explorar em representações figurais elementos de figuras geométricas espaciais (vértices, faces e arestas) e de figuras planas (lados, vértices e ângulo)
	4º ano	Explorar ângulos retos e não retos em representações de figuras poligonais utilizando diferentes procedimentos, com ou sem tecnologias digitais.
	5º ano	Reconhecer simetria de reflexão em figuras ou em pares de figuras geométricas planas e identificar eixo de simetria.

Fonte: Currículo da Cidade de Matemática (SÃO PAULO, 2017)

Quadro 2 - Nível Intermediário

Nível	Ano de escolaridade	Objetivo
Intermediário	1º ano	Representar objetos do cotidiano parecidos com algumas figuras geométricas espaciais por meio de desenhos.
	2º ano	Explorar oralmente similaridades e diferenças entre figuras geométricas planas (triângulos, quadrados, retângulos e círculos), representá-las e reconhecer algumas de suas características como as que são poligonais e as que não são poligonais.
	3º ano	Explorar similaridades e diferenças entre pirâmides, cubos, blocos retangulares, cones, cilindros e esferas, descrevê-las, representá-las e identificar seus elementos.
	4º ano	Explorar similaridades e diferenças entre pirâmides (com bases triangulares inclusive), cubos, blocos

		retangulares e outros prismas, cones, cilindros e esferas, descrevê-las, representá-las e identificar seus elementos.
	5º ano	Identificar uma circunferência e seus elementos (diâmetro, raio e centro) e representá-la.

Fonte: Currículo da Cidade de Matemática (SÃO PAULO, 2017).

Como é possível perceber nesses exemplos, alguns apresentam mais de um verbo e focalizam propostas para o nível visual e de representação, que foram alocadas no nível de transição.

Quadro 3 - Nível Análise

Nível	Ano de escolaridade	Objetivo
Análise	1º ano	NÃO HÁ
	2º ano	NÃO HÁ
	3º ano	Reconhecer planificações (moldes) de figuras geométricas espaciais como cubo, bloco retangular, pirâmide, cone, cilindro.
	4º ano	Associar uma planificação a uma figura geométrica espacial correspondente (cubo, bloco retangular, pirâmide, cone e cilindro)
	5º ano	Analisar, a partir de suas características, similaridades e diferenças entre poliedros (prismas, pirâmides e outros), nomeá-los e representá-los.

Fonte: Currículo da Cidade de Matemática (SÃO PAULO, 2017)

Quadro 4 - Dedução Informal

Nível	Ano de escolaridade	Objetivo
Dedução Informal	1º ano	Não há
	2º ano	Não há
	3º ano	Não há
	4º ano	Não há
	5º ano	Investigar relações entre o número de faces, de vértices e de arestas de um poliedro.

Fonte: Currículo da Cidade de Matemática (SÃO PAULO, 2017).

Considerações finais

A análise realizada permite concluir que os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento têm potencial para a evolução do pensamento geométrico dos estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Também é possível concluir que os objetivos propostos no currículo apresentam níveis de desafios diferentes, iniciando com propostas mais

simples e adequadas ao ano de escolaridade e avançando no decorrer dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Pode-se considerar que objetivos analisados são promissores para o desenvolvimento do raciocínio matemático ao longo do tempo e incentivam a exploração, a justificação, a análise, a representação. No entanto, é preciso lançar mão só de atividades pontuais, mas de sequências de ensino que possibilitam despertar a ampliação do pensamento geométrico da criança.

Cabe destacar que a potencialidade dos objetivos para o desenvolvimento do pensamento geométrico não é assegurada em sala de aula, apenas por estarem apresentados no currículo. Ela depende das atividades propostas pelos professores, do seu planejamento, da abordagem, da metodologia utilizada e das intervenções realizadas. Esse fato foi observado em projetos de pesquisa desenvolvidos ao longo dos últimos anos pela autora deste artigo que mostram algumas dificuldades dos professores no planejamento de atividades envolvendo os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento apresentados no Currículo da Cidade, como na tese de doutorado de Martins (2020) intitulada “Potencialidades dos Estudos de Aula para a formação continuada de um grupo de professores que ensinam matemática na rede municipal de São Paulo no contexto de uma pesquisa envolvendo implementação curricular”.

Essas dificuldades apontadas em pesquisas desenvolvidas por esta autora e seu grupo de pesquisa são decorrentes de lacunas nos conhecimentos matemáticos, nos conhecimentos didáticos dos conteúdos matemáticos e nos conhecimentos sobre metodologias de ensino de Matemática, além das crenças e concepções dos professores sobre a Matemática e seu ensino.

Referências

ALSINA, C.; BURGUÊS, C.; FORTUNY, J. **Invitación a la didáctica de la geometría**. Madrid: Síntesis, 1987.

ANDERSON, L.W. (Ed.); KRATHWOHL, D. R. (Ed.); AIRASIAN, P. W.; CRUIKSHANK, K. A.; MAYER, R. E.; PINTRICH, P. R.; RATHS, J.; WITTRICK, M.C. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives** (Complete edition). New York: Longman, 2001.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 295-316.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom’s taxonomy: an overview. **Theory in Practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, P. B. **Potencialidades dos estudos de aula para a formação continuada de um grupo de professores que ensinam matemática na rede municipal de São Paulo no contexto de uma pesquisa envolvendo implementação curricular**. 2020. 251f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2020.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: HUCITEC, 1998.

PARZYSZ, B. Representation of space and student's conceptions at high school level. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 22, n. 6, p. 575-593, 1991.

PIRES, C. M. C. **Educação Matemática: conversas com professores dos anos iniciais**. São Paulo: Zapt Editora, 2012.

PIRES, C. M. C.; CURTI, E.; CAMPOS, T. M. M. **Espaço e forma: a construção de noções geométricas pelas crianças das quatro séries iniciais do Ensino Fundamental**. São Paulo: PROEM, 2000.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. **Currículo da Cidade: Matemática**. São Paulo: SME/ COPED, 2017.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. **Orientações Didáticas do Currículo da Cidade: Matemática: volume 2**. São Paulo: SME/COPED, 2018.

VAN HIELE, P. **Structure and Insight: a Theory of Mathematics Education**. Orlando: Academic Press, 1986.

*Recebido em 17 de maio de 2021
Aprovado em 24 de junho de 2021*