



UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA INTEGRADA A UMA SITUAÇÃO DE ESTUDO: AVALIANDO O CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA A PARTIR DE UMA TECNOLOGIA SOCIAL

Potentially Meaningful Teaching Unit integrated into a Study Situation: assessing the scientific knowledge of basic education students through Social Technology

Geraldo Wellington Rocha Fernandes [gerald.fernandes@ufvjm.edu.br]

Gabriela Marques Barbosa [marques.gabriela@ufvjm.edu.br]

Luciana Resende Allain [luciana.allain@ufvjm.edu.br]

Departamento de Ciências Biológicas - DCBio

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina/MG, Brasil

Danilo Lopes Santos [danilolopes.edu@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação – Faculdade de Educação – FAE

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte/MG, Brasil

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo de avaliar o desenvolvimento do conhecimento científico escolar dos estudantes por meio de uma atividade interdisciplinar baseada em uma “Unidade de Ensino Potencialmente Significativa” (UEPS) integrada a uma “Situação de Estudo” (SE). Para isso, a pesquisa buscou validar a integração da perspectiva curricular SE e a sequência de ensino UEPS, que foi denominada de “Situação de Estudo Potencialmente Significativa” (SEPS). Para alcançar o objetivo proposto, foi aplicada, junto a 32 estudantes do 7º ano de uma escola pública, uma proposta didática e teórico-curricular, baseada em uma SEPS, sobre o desenvolvimento de um protótipo de uma Tecnologia Social (TS) - o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC). Os dados referem-se aos argumentos e à argumentação dos participantes durante as aulas e às respostas a um questionário aplicado ao final da atividade, que foram transcritos e analisados pela Análise Textual Discursiva, a partir de três categorias pré-estabelecidas que caracterizam uma SEPS: 1. Problematização e levantamento dos conhecimentos prévios; 2. Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares; 3. Sistematização do conhecimento e avaliação da aprendizagem. Os resultados indicam que a SEPS tem potencial para contribuir para uma educação em Ciências mais significativa, capacitando os estudantes a enfrentarem desafios científicos, tecnológicos, sociais e ambientais com confiança e criatividade, além de fortalecer sua alfabetização científica e tecnológica e promover a capacidade de solucionar problemas do mundo real.

Palavras-Chave: Ensino de Ciências; Situação de Estudo; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Tecnologia Social.

Abstract

This research aimed to evaluate the development of students' school scientific knowledge through an interdisciplinary activity based on a “Potentially Meaningful Teaching Unit” (PMTU) integrated into a “Study Situation”. To this end, the research sought to validate the integration of the SE curricular perspective and the PSTU teaching sequence, which was named “Potentially Meaningful Study Situation” (PMSS). To achieve the proposed objective, together with 32 students from the 7th year of a public school, a didactic and theoretical-curricular proposal was developed, based on a PMSS, on the development of a prototype of a Social Technology - the Low-Cost Solar Heater. The data refer to the participants' arguments and arguments during classes and the responses to a questionnaire administered at the end of the activity, which were transcribed and analyzed by Discursive Textual Analysis, based on three pre-established categories that

characterize a PMSS: 1. Problematization and survey of prior knowledge; 2. Expansion of knowledge linked to disciplinary concepts; 3. Systematization of knowledge and assessment of learning. The results indicate that PMSS has the potential to contribute to a more meaningful Science education, enabling students to face scientific, technological, social, and environmental challenges with confidence and creativity, in addition to strengthening their scientific and technological literacy and the ability to solve real-world problems.

Keywords: Science teaching; Study Situation; Potentially Meaningful Teaching Unit; Social Technology.

INTRODUÇÃO

A construção de bases gerais para a elaboração dos currículos da escola básica tem sido uma preocupação em diferentes momentos da história da educação nacional (Gontijo, 2015). Para Saviani (2013), o currículo escolar é composto por atividades essenciais que a escola deve realizar para cumprir sua função e propósito. Uma dessas atividades é a seleção cuidadosa do conhecimento a ser incluído no currículo, de forma a capacitar os estudantes a lidarem com os desafios da sua realidade. Para isso, Auler e Delizoicov (2001) e Milaré e Richetti (2021) sugerem que o ensino de Ciências e a ação docente se apoiem na Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) como um aspecto fundamental da educação básica, proporcionando aos estudantes as habilidades e conhecimentos necessários para compreenderem e se engajarem no mundo científico e tecnológico (Souza & Fernandes, 2022). De acordo com Auler e Delizoicov (2001), a ACT se caracteriza por diversos objetivos, sendo um deles a participação da sociedade em problemas que envolvem a Ciência e a Tecnologia, o que pode levar a população a questionar a atual dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico. Milaré e Richetti (2021) enfatizam que a ACT envolve conscientização sobre o uso dos conhecimentos científicos e tecnológicos, combinados com outros tipos de saberes e aspectos, podendo transformar as pessoas e, assim, impactar os contextos sociais, políticos e econômicos. Quando situamos a ACT no contexto do ensino de Ciências, Oliveira (2019) a descreve como um processo contínuo de ensino que fortalece uma educação mais comprometida com a sociedade e com todos os seus acontecimentos. Nesse sentido, Milaré e Richetti (2021) destacam que as pessoas precisam de conhecimentos científicos e tecnológicos para atuar em diversas situações do dia a dia e em sociedade e, para isso, o ensino de Ciências deve considerar os aspectos sociais, políticos e econômicos dos estudantes (Milaré & Richetti, 2021).

Segundo Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021), a literatura sobre o ensino de Ciências vem apresentando resultados significativos sobre o desenvolvimento de diferentes metodologias, abordagens, práticas educativas e estratégias ativas. Fernandes, Allain e Dias (2022) propõem que, ao planejar um ensino de Ciências voltado para a ACT, os professores considerem distintas práticas educativas, que podem ser pensadas em perspectivas de: organização do conhecimento como dinâmica didático-pedagógica (por exemplo, os Três Momentos Pedagógicos – 3MP); a criticidade da Ciência e da realidade discente (por exemplo, a abordagem CTS, a Pedagogia Histórico-Crítica – PHC e as Questões Sociocientíficas – QSC); renovação curricular (por exemplo, a Abordagem Temática Freireana – ATF); investigação e projetos temáticos (por exemplo, o Ensino de Ciências por Investigação – ENCI, o Estudo de Casos Científicos, a Ilha Interdisciplinar de Racionalidade de Fourez – IIR).

Além das propostas citadas anteriormente, outras também estão sendo desenvolvidas para melhorar a qualidade do ensino de Ciências. Entre elas, discute-se a reorganização curricular dos conteúdos de Ciências por meio de Situações de Estudo (SE) (Massena, 2016; Massena & Rodriguez, 2021) e a organização e o planejamento do conteúdo por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Moreira, 2011a; Moreira & Massoni, 2016).

A SE proporciona um contexto autêntico e desafiador, em que os estudantes são instigados a investigar, questionar e buscar soluções para problemas reais (Massena, 2016; Halmenschlager & Souza, 2012). Conforme destacam Halmenschlager e Souza (2012), a SE é uma modalidade de currículo organizada com base na abordagem de temas relevantes, buscando o desenvolvimento dos estudantes por meio de uma variedade de atividades realizadas em sala de aula.

Por sua vez, a UEPS abrange uma série de atividades interdisciplinares que conectam diferentes áreas do conhecimento, permitindo que os estudantes compreendam a ciência em sua complexidade e aplicação prática (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Moreira, 2011a). As UEPS são consideradas Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA), compostas por etapas que buscam criar condições para que a aprendizagem significativa ocorra (Moreira & Massoni, 2016). Para evitar que a aprendizagem seja apenas mecânica, uma alternativa é organizar e planejar o conteúdo de Ciências através da elaboração de uma UEPS (Fernandes, Allain, & Dias, 2022). O propósito de uma UEPS é criar uma sequência de ensino estimulante e com potencial significativo para os estudantes.

Tendo em vista a necessidade constante de repensar e contribuir para a qualidade do ensino de Ciências, articulando-o com a ACT, esta pesquisa propõe responder ao seguinte questionamento: *Como se caracteriza a significação conceitual e o processo de construção dos conceitos e do conhecimento científico escolar dos estudantes da educação básica ao participarem de uma atividade interdisciplinar, na perspectiva curricular SE, organizada em uma Sequência de Ensino e Aprendizagem em forma de UEPS?* Em outras palavras, buscamos respostas para compreender os conhecimentos prévios dos estudantes a partir de situações problematizadoras e verificar se esses conhecimentos são ampliados, sistematizados e sustentados por conceitos científicos disciplinares, numa perspectiva significativa.

Para responder à questão proposta, a pesquisa busca alcançar dois objetivos: 1. Caracterizar e validar a proposição "Situação de Estudo Potencialmente Significativa (SEPS)"; e 2. Verificar a possibilidade de ampliação e sistematização do conhecimento científico de estudantes ao desenvolverem uma atividade baseada em uma Tecnologia Social e organizada em uma Situação de Estudo Potencialmente Significativa.

Para alcançar o primeiro objetivo, propomos uma discussão teórica na primeira parte do texto, onde estruturamos as ideias originais encontradas na literatura sobre UEPS, SE e Tecnologia Social. Nesse sentido, buscamos integrar a SE (perspectiva curricular apoiada nos pressupostos da abordagem histórico-cultural de Vygotsky) (Massena & Rodriguez, 2021; Maldaner, 2007) em uma UEPS (perspectiva de organização do conteúdo a ser ensinado, apoiada nos pressupostos da aprendizagem significativa de David Ausubel) (Ausubel, 2013) para proporcionar aos estudantes uma ACT, permitindo-lhes compreender a importância da ciência em suas vidas e desenvolver habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe.

Em relação ao segundo objetivo, buscamos validar a proposição teórica deste artigo a partir de um recorte de um estudo maior, cujos resultados são analisados à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) (Moreira, 2011b; Moreira & Massoni, 2016).

Esta pesquisa foi idealizada com base em Moreira e Massoni (2016) e Massena e Rodriguez (2021), que mencionam as dificuldades dos estudantes em construir e desenvolver o conhecimento científico no contexto escolar de maneira significativa e crítica. Em outras palavras, os estudantes têm enfrentado dificuldades em utilizar o conhecimento científico de forma a questionar, analisar ou refletir criticamente sobre a sua realidade, a partir dos conceitos e fenômenos que estão estudando. Esperamos que os resultados desta pesquisa contribuam para aprimorar as práticas de ensino de Ciências dos docentes, enfatizando a proposição da integração de uma UEPS com a SE em forma de uma SEPS. Por meio dessa proposição, poderemos avaliar o desenvolvimento do conhecimento científico dos estudantes de forma mais abrangente, articulada com a ACT (Milaré & Richetti, 2021), além de proporcionar uma educação mais significativa, engajadora e relevante.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Algumas considerações são necessárias para avançar com os objetivos propostos neste trabalho, especialmente quando se propõe relacionar a organização de conteúdos científicos a partir de uma UEPS com a perspectiva curricular SE, para abordar uma TS na educação básica. Os tópicos a seguir fazem parte de uma proposição teórico-metodológica, que chamaremos de *Situação de Estudo Potencialmente Significativa*.

Algumas considerações sobre uma UEPS

Bases teóricas que fundamentam as UEPS

As UEPS são Sequências de Ensino e Aprendizagem (SEA) ou uma forma de Sequência Didática (SD) que buscam conectar o conteúdo curricular a situações do mundo real e aos interesses e experiências dos estudantes, a fim de tornar o aprendizado mais significativo, crítico e relevante (Ausubel, 2013; Moreira, 2011a; Moreira & Massoni, 2016). Essas unidades geralmente são estruturadas em torno de questões relevantes para os estudantes, permitindo que eles investiguem, colaborem e apliquem o conhecimento de maneira prática. As UEPS envolvem diferentes estratégias pedagógicas, como projetos de pesquisa, aprendizagem baseada em problemas, trabalho em equipe e uso de recursos, entre outras (Moreira, 2011a; Moreira & Massoni, 2016).

A UEPS se baseia em diversos pressupostos teóricos, mas ancoram-se principalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1918-2008) (Moreira, 2011b; Moreira & Massoni,

2016), inspirando-se também nas teorias educacionais de Joseph D. Novak e Dixie Bob Gowin, na teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky, na teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud e na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), de Marco Antônio Moreira (Ausubel, 2013; Magoga *et al.*, 2020; Moreira, 2011b).

Ausubel foi um teórico dedicado à psicologia educacional, interessado no ensino em sala de aula e no processo de aquisição significativa de conhecimento. Sua pesquisa o levou a desenvolver uma teoria que exige a existência de duas condições básicas para uma aprendizagem significativa: o conhecimento prévio dos estudantes e as atitudes de aprendizagem (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Moreira & Massoni, 2016). Para Moreira e Massoni (2016) e Moreira (2011b), as atitudes de aprendizagem nos dias de hoje devem ser significativas e críticas. O estudante deve apreender criticamente o significado do conteúdo, ou seja, deve demonstrar a intenção de internalizar criticamente os significados aceitos no contexto do que está sendo ensinado, e não como significados únicos e definitivos.

Para isso, existe uma série de princípios que caracteriza a ASC, como aprender e/ou ensinar a partir de perguntas em lugar de respostas, e que estas são instrumentos de percepção, constituindo o principal instrumento intelectual disponível para os seres humanos; utilizar distintos materiais educativos; entender que o ser humano aprende corrigindo seus erros; e aplicar diferentes estratégias de ensino.

Na prática em sala de aula, os professores compreendem que a AS, especialmente a ASC, é uma aprendizagem contextualizada (Halmenschlager & Souza, 2012). Eles veem a contextualização como uma estratégia para aproximar os conceitos da realidade dos estudantes, mas manifestam dificuldades em tornar os conteúdos mais significativos e críticos para os alunos. Nesse sentido, a escolha dos conceitos a serem abordados deve basear-se em sua contribuição para a compreensão dos temas, subtemas e conteúdos em questão (Halmenschlager & Souza, 2012), permitindo que os estudantes percebam a relevância e a aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos, tornando a aprendizagem mais significativa, envolvente e potencialmente crítica.

Fernandes, Allain e Dias (2022) e Moreira e Massoni (2016) chamam a atenção para o uso de termos e estruturas como evidência de aprendizagem significativa pelos estudantes, demonstrando a internalização de significados, a compreensão e a habilidade para explicar, aplicar e garantir o sucesso de uma UEPS, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais características da AS para o alcance das UEPS.

- 1. Subsunçores:** Os subsunçores funcionam como andaimes em uma obra – servem de apoio para a construção de novos “andares”/ níveis de conhecimentos, que dependem deles para se consolidarem. Seria um “facilitador” para novos conhecimentos e AS. Ex.: modelo mental, conhecimento e conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.
- 2. Conceitos subsunçores:** formado por conceitos prévios capazes de “tomar”, “acolher”, “aceitar” um novo conceito para formar um novo conhecimento.
- 3. Os conhecimentos:**

Conhecimento declarativo: é o conhecimento que pode ser verbalizado, declarado de alguma maneira, refere-se ao conhecimento sobre objetos e eventos; é representado mentalmente por proposições e imagens mentais.

Conhecimento prévio: que podem ser formados por conceitos subsunçores, representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, invariantes operatórios, enfim, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Conhecimento procedimental: é aquele que consiste em habilidades cognitivas envolvidas no saber fazer algo; é o conhecimento sobre como executar ações.
- 4. Situação-problema:** são as situações que dão sentido aos conceitos. No ensino, as situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, mas é importante um certo domínio de um determinado nível de complexidade antes de passar ao próximo.
- 5. Organizador prévio:** material instrucional introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, em si, em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade; sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber, a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido significativamente.
- 6. Reconciliação integrativa:** é um princípio programático do conteúdo a ser ensinado, segundo o qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições, e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes.
- 7. Modelo mental:** é um análogo estrutural de um estado de coisas do mundo que o sujeito constrói em sua memória de trabalho (relacionado com atividades cognitivas complexas, incluindo a compreensão da linguagem, o raciocínio e a resolução de problemas).
- 8. Diferenciação progressiva:** como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivas do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados ao longo do

processo, em termos de detalhes e especificidades.

9. Consolidação: é um dos princípios programáticos ausubelianos do conteúdo a ser ensinado (juntamente com a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a organização sequencial do conteúdo a ser ensinado em forma de SEA).

10. Negociação de significados: uma troca, uma externalização de significados entre professor-aluno e aluno-aluno.

11. Avaliação da Aprendizagem:

Avaliação formativa: é aquela que avalia o progresso do aluno ao longo de uma fase de sua aprendizagem.

Avaliação somativa: é aquela que busca avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade.

Fonte: Adaptado de Fernandes, Allain e Dias (2022, p. 83-84).

Etapas para a construção de uma UEPS

Ressalta-se que as UEPS devem ser adaptáveis e flexíveis, com um olhar sensível para as necessidades e interesses dos estudantes em toda sua elaboração e desenvolvimento. Durante o processo, é fundamental que o professor esteja disposto a fazer ajustes e a receber feedback dos estudantes, a fim de garantir que a unidade seja verdadeiramente significativa para eles. Fernandes, Allain e Dias (2022) basearam-se em Moreira e Massoni (2016) para delinear um modelo que permite ao professor da educação básica elaborar e aplicar uma SEA a partir dos princípios de uma UEPS. Este modelo está sintetizado no Quadro 2:

Quadro 2 – Síntese de uma UEPS para ser desenvolvida na educação básica

Orientações	Passos	Caracterização	Estratégias e Recursos Didáticos
1. Propor situações-problema	1.1. Planejamento da Situação inicial	Levantamento do conhecimento prévio dos estudantes no contexto do conteúdo ou tema/assunto (objetivo) a ser ensinado.	O professor deverá indicar as principais estratégias e recursos para este passo inicial: discussão, questionário, mapa conceitual, situação-problema etc.
	1.2 Situações-problema iniciais e introdutórias	Neste momento, o professor deverá apresentar questões com o objetivo de preparar o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar, levando em consideração o conhecimento prévio do estudante.	O professor deverá indicar as principais estratégias e recursos para este passo, sempre de maneira acessível e problematizadora.
2. Apresentação do conhecimento que deve ser ensinado/aprendido)	2.1. Aprofundando os conhecimentos	Neste momento, o professor deverá apresentar o conhecimento que deve ser ensinado/aprendido, partindo de aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante em uma unidade de ensino, para depois apresentar exemplos, abordando aspectos específicos.	A estratégia de ensino pode ser, por exemplo: uma breve apresentação oral seguida por uma atividade colaborativa em pequenos grupos, que por sua vez, deve ser seguida por uma atividade de apresentação ou discussão em grande grupo.
	2.2. Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade.	Indicar novas situações-problema em níveis crescentes de complexidade. Apresentar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças a partir de exemplos já trabalhados, promovendo a reconciliação integrativa.	Podem ser usados artigos de jornais, vídeos, imagens, textos de divulgação ou históricos etc. Essas novas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente.
	2.3. Retomando aspectos mais gerais e estruturantes	O que realmente se pretende ensinar deve ser retomado a partir do conteúdo da unidade de ensino em uma nova apresentação, mas com um nível maior de complexidade em relação à primeira apresentação.	Pode ser por meio de outra breve apresentação oral, de um recurso computacional, de um texto etc.
3. Avaliação da Aprendizagem	3.1. Encontro final integrador	Apresentação de novos significados. Nesta etapa, o importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.	Pode ser por exemplo: uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio visual etc.;
	3.2. Avaliação	A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos estudantes ocorrer ao longo de sua aplicação e fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema).	Pode ser por exemplo: <i>Avaliação formativa:</i> situações-problemas, tarefas resolvidas colaborativamente, portfólios, caderno de atividades, rodas de conversa etc. <i>Avaliação somativa:</i> de preferência individual com questões/situações-problemas: responder questões abertas, fazer diagramas, expressar livremente a compreensão sobre um conteúdo etc.

Fonte: Adaptado de Fernandes, Allain e Dias (2022, p. 83-84).

Segundo Fernandes, Allain e Dias (2022), a implementação de uma UEPS (Quadro 2) ainda enfrenta algumas limitações relacionadas ao planejamento e à compreensão dos conceitos teóricos subjacentes a essa proposta, e, muitas vezes, o seu desenvolvimento não resulta em uma aprendizagem significativa para os estudantes. Os autores destacam que, além das limitações teóricas, o tempo disponível para as aulas, as dificuldades dos estudantes em compreender as ações e atividades propostas e a falta de planejamento sistemático da UEPS por parte do professor são desafios para sua inserção na educação básica.

Quanto às possibilidades presentes no desenvolvimento das UEPS em sala de aula, Fernandes, Allain e Dias (2022) ressaltam a capacidade dessas unidades de promover mudanças significativas entre os sujeitos envolvidos em todo o processo pedagógico/educacional. As UEPS também permitem o uso de uma variedade de recursos e estratégias didáticas, com o intuito de tornar o ensino mais dinâmico, reduzir erros conceituais no processo de aprendizagem e alcançar a autonomia intelectual dos estudantes. Dessa forma, as UEPS possibilitam desenvolver um ensino de Ciências mais problematizador e crítico, permitindo que os estudantes participem mais ativamente das aulas e, conseqüentemente, se envolvam em uma aprendizagem mais significativa.

Algumas considerações sobre uma Situação de Estudo

Bases teóricas que fundamentam a SE

Um currículo baseado em uma SE deve ser acompanhado de estratégias e abordagens de ensino que proporcionem aos estudantes uma aprendizagem sustentada por situações concretas, vivenciadas em contextos ricos, tanto dentro quanto fora do ambiente escolar (Maldaner, 2007; Vieira *et al.*, 2018). Dessa forma, os estudantes são incentivados a serem participativos e críticos em relação ao que está sendo estudado. A perspectiva curricular SE pode ser aplicada de forma diferenciada, contextualizada e inter ou multidisciplinar, desenvolvendo o plano de ensino programado pelo professor e enriquecendo o aprendizado dos estudantes em outros domínios educacionais (Massena, 2016; Maldaner, 2007; Vieira *et al.*, 2018).

A caracterização e o desenvolvimento da proposição curricular SE começaram no início dos anos 2000, com o Grupo de Integração entre Pesquisas e Ensino em Ciências (GIPEC), vinculado à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Essa proposta está fundamentada na abordagem histórico-cultural com base em Vygotsky (Vieira *et al.*, 2018). No entanto, existem estudos que apresentam complementações e reflexões nas bases teóricas dessa proposta, como os de Gehlen, Auth e Auler (2008), que trazem contribuições de Freire e Vygotsky, e Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012), que articulam os Três Momentos Pedagógicos (3MP) com as etapas da SE, a partir do trabalho de Auth (2002). Diferente da UEPS, cuja concepção foi originada em outro grupo e em um momento histórico anterior à SE, com outros pressupostos teóricos.

A proposta curricular SE é resultado da colaboração de diferentes grupos de atores preocupados com a educação escolar: o docente universitário, o professor da educação básica, os acadêmicos (licenciandos e pós-graduandos) e, por vezes, especialistas de diferentes áreas do conhecimento. O propósito subjacente à SE é a criação de atividades meticulosamente planejadas por diferentes atores educativos, destacando-se a escolha de um tema, sua contextualização e sua natureza interdisciplinar. As atividades que caracterizam a SE são desenvolvidas ao longo do ano letivo e têm como foco primordial atribuir significado aos conceitos científicos. O objetivo final é promover uma compreensão mais abrangente do contexto de estudo, aprofundando a percepção dos estudantes (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Vieira *et al.*, 2018).

Etapas para a construção de uma SE

A Figura 1 e o Quadro 3 apresentam um esquema sintetizado por Fernandes e Allain (2021), baseado em três ações originadas de diferentes autores que trabalham com a SE (Allain & Fernandes, 2022; Gehlen, Maldaner & Delizoicov, 2012; Massena, 2016; Massena & Rodriguez, 2021; Vieira *et al.*, 2018). Esse esquema torna a estruturação e o desenvolvimento da SE mais claros, auxiliando na compreensão do processo.

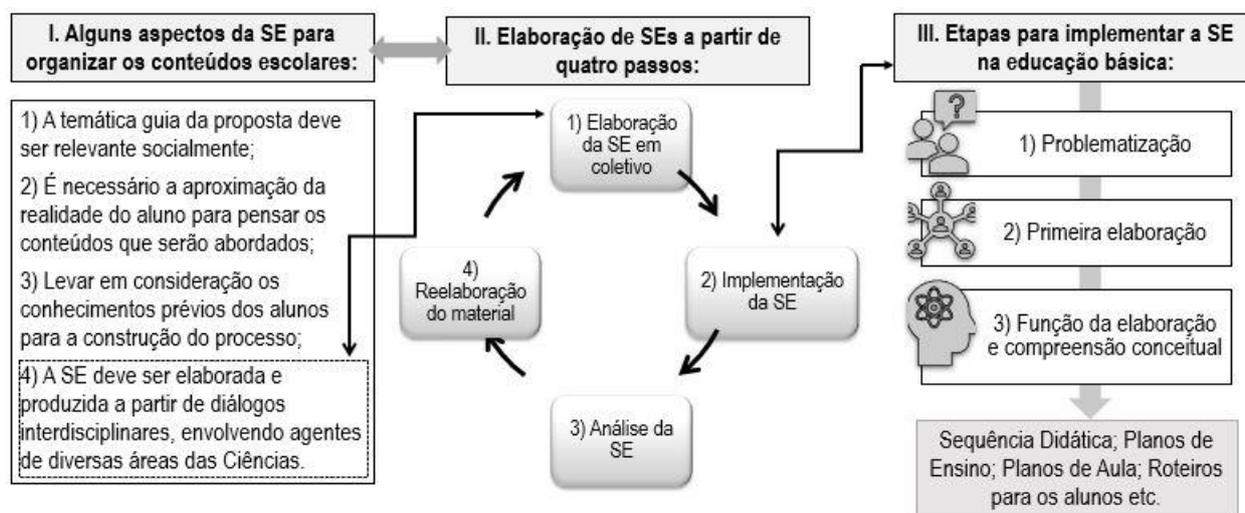


Figura 1 – Esquema das etapas para construção de uma SE.

Fonte: Fernandes e Allain (2021, p.142)

Quadro 3 – Caracterização das ações e etapas para a elaboração de uma Situação de Estudo.

Ação I. Alguns aspectos da SE para organizar os conteúdos escolares
A SE exige que seus agentes levem alguns aspectos em consideração ao organizar os conteúdos escolares: 1) A temática guia da proposta deve ser socialmente relevante; 2) É necessário a aproximação da realidade do aluno para pensar os conteúdos que serão abordados; 3) Levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes para a construção do processo; 4) A SE deve ser elaborada e produzida a partir de diálogos interdisciplinares, envolvendo agentes de diversas áreas das Ciências.
Ação II. Elaboração de SEs a partir de quatro passos
Vieira <i>et al.</i> (2018) relatam que as SE podem ser elaboradas com base em quatro etapas, que aqui chamamos de passos, a saber: Passo 1 - a elaboração da SE em coletivo: a elaboração da SE é desenvolvida pelo docente e licenciandos universitários, bem como professores regentes das disciplinas de Ciências da educação básica. Podem ser inseridos neste grupo pesquisadores participantes de grupos de pesquisa e especialistas de distintas áreas de conhecimento. Passo 2 - implementação da SE: a implementação acontece com estudantes da educação básica e é acompanhada pelo coletivo que elaborou a SE. Passo 3 - análise da SE: busca identificar o processo de desenvolvimento, como ocorre a aprendizagem dos estudantes, bem como as limitações e possibilidades da SE. Passo 4 - reelaboração do material: a reelaboração da SE ocorre pelas categorias de sujeitos, por meio das contribuições adquiridas após a implementação da SE.
Ação III. Etapas para implementar a SE na educação básica
Para o <i>Passo 2 da Ação II</i> , Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) citam a implementação da SE na educação básica, que se divide em três etapas: Etapa 1 - Problematização: esta primeira etapa da SE refere-se ao tratamento contextualizado dos conceitos, a partir da visão pessoal que cada aluno traz do seu cotidiano a respeito do tema. Etapa 2 - Primeira Elaboração: na segunda etapa são realizadas atividades que envolvem, principalmente, textos de aprofundamento sobre as situações que foram apresentadas na primeira etapa. É por meio dessas atividades que os estudantes terão o primeiro contato com conhecimentos científicos para além da palavra representativa de um determinado conceito. Etapa 3 - Função da Elaboração e Compreensão Conceitual: a terceira etapa da SE consiste no desenvolvimento mais formalizado dos conceitos e a retomada dos problemas da primeira etapa para serem tratados e discutidos a partir de um discurso mais científico. Esta etapa pode ser desenvolvida a partir de um texto de cunho científico, no qual busca-se o entendimento das palavras representativas do primeiro momento com as palavras conceituais estudadas no segundo momento.

Fonte: Fernandes e Allain (2021, p. 140-141) e Fernandes, Allain e Dias (2022, p. 194-195).

A Ação I (Figura 1 e Quadro 3) indica que a elaboração da SE está condicionada a uma Abordagem Temática (Delizoicov *et al.*, 2002) e leva em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes para a construção do seu processo de aprendizagem. A Ação II aponta que a SE possibilita o envolvimento da educação superior, por meio do trabalho coletivo que abrange as licenciaturas, os grupos de pesquisa e ensino (como PIBID, Residência Pedagógica e Estágio Supervisionado), da área de ensino de Ciências, com a educação básica, a partir da formação continuada do professor e do desenvolvimento de sua prática educacional (Vieira *et al.*, 2018).

Segundo Fernandes, Allain e Dias (2022), as três etapas apresentadas na Ação III, para o desenvolvimento de uma SE no ensino de Ciências, não são únicas nem fechadas. Cabe ao professor propor diferentes possibilidades para implementar a SE em suas aulas, numa perspectiva multidisciplinar ou interdisciplinar, levando em consideração os conteúdos que se deseja abordar, os objetivos a serem alcançados pelos estudantes, como será o feedback e o conhecimento a ser construído. Nesse sentido, a Ação III pode ser estruturada a partir das etapas de uma Sequência Didática (Fernandes, Allain & Dias, 2022), dos Três Momentos Pedagógicos (Gehlen, Maldaner & Delizoicov, 2012) ou até mesmo a partir dos passos de uma UEPS (Moreira & Massoni, 2016), como é o caso desta pesquisa. Em resumo, a SE é uma proposta curricular que busca engajar os estudantes em situações autênticas, desafiadoras e contextualizadas, com o potencial de promover uma aprendizagem significativa.

Segundo Vieira *et al.* (2018), os principais desafios que caracterizam o desenvolvimento da proposta curricular SE estão relacionados ao tempo e ao espaço para a sua elaboração e desenvolvimento. Outra limitação refere-se à formação de professores, especialmente no que diz respeito ao envolvimento dos docentes da educação básica durante a elaboração e desenvolvimento da SE baseada na interdisciplinaridade. Para superar essa limitação, a elaboração e o desenvolvimento dessa proposta curricular resultam da colaboração de diferentes grupos de atores: o professor da educação básica é apoiado por docentes universitários, acadêmicos (licenciandos e pós-graduandos) e, por vezes, especialistas de diferentes áreas do conhecimento, possibilitando, assim, também a sua formação continuada (Passo 1 da Ação II – Quadro 3).

O ensino de Ciências mediado por Tecnologias Sociais

A área de conhecimento "Ciências da Natureza e suas Tecnologias" não deixa claro o entendimento de "Tecnologias" a serem adotadas durante o planejamento das aulas pelo professor. Para Feenberg (1991), existem duas visões predominantes que se destacam em relação à interpretação dada à Tecnologia: a instrumentalista e a funcionalista. Ambas atribuem à tecnologia uma suposta neutralidade, considerando-a uma ferramenta cujos efeitos dependem da forma como é usada, podendo ser benéfica ou prejudicial. Essas perspectivas sugerem que a tecnologia pode ser aplicada sem discriminação, sem levar em consideração o contexto sociopolítico (Feenberg, 1991).

A visão instrumentalista da tecnologia é caracterizada pela sua associação com um conjunto de objetos, ferramentas, artefatos e máquinas (Fernandes, Allain & Dias, 2022). Segundo Fernandes *et al.* (2021), essa é a visão mais presente no dia a dia de crianças e jovens em contexto escolar, pois caracteriza a tecnologia como um conjunto de produtos, principalmente digitais (computadores, tablets, celulares e videogames). Já a visão funcionalista, segundo Lopes (2020), está ligada ao conhecimento técnico de especialistas como cientistas e engenheiros, desconsiderando aspectos como o contexto socioeconômico dos usuários e os impactos ambientais.

Baseadas nas perspectivas funcionalistas e instrumentalistas, existem as Tecnologias Convencionais (TC) que tendem a favorecer as relações capitalistas de produção e organização do trabalho. As duas visões que sustentam as TC se contrapõem à Teoria Crítica da Tecnologia (Feenberg, 1991), que entende a tecnologia como processos, métodos e artefatos que carregam intenções e são moldados por diversos interesses, não apenas os da classe dominante (Lopes, 2020). Desta forma, Feenberg (1991) contesta a ideia de neutralidade tecnológica e defende uma abordagem dialética em que a tecnologia e a sociedade se influenciam mutuamente.

É nesse contexto que surge a Tecnologia Social (TS), como oposição à TC, buscando promover a participação social na gestão tecnológica para a solução de problemas locais (Dagnino, 2010; Gama *et al.*, 2022), compreendendo o desenvolvimento tecnológico a partir da análise das dimensões políticas, socioecológicas e econômicas dos grupos envolvidos (Dagnino, 2010). Ou seja, a Tecnologia Social, na perspectiva da Teoria Crítica da Tecnologia, é considerada uma criação sociotécnica e cultural que viabiliza diferentes modos de vida (Feenberg, 1991; Dagnino, 2010; Lopes, 2020). Dessa forma, as TS também promovem uma troca de saberes de diferentes naturezas, ao considerar os conhecimentos científicos em articulação com o conhecimento popular (Dagnino, 2010, 2014).

Entendemos as TS como construções sociais que podem trazer impactos positivos, contribuindo para a solução de problemas sociais em comunidades específicas. Elas podem englobar produtos, técnicas, programas e procedimentos com o intuito de solucionar as mazelas sociais presentes, principalmente em comunidades carentes (Gama *et al.*, 2022). Em outras palavras, as TS podem ser reaplicadas, a partir de adequações sociotécnicas (Dagnino, 2014), desenvolvidas sempre em colaboração com a comunidade e oferecer soluções eficazes para promover transformações sociais.

Nesse contexto, Calvão e Gama (2022), assim como Fernandes e Allain (2021), propõem a inserção da TS também no contexto escolar, para que os estudantes possam explorar os aspectos científicos e tecnológicos durante o desenvolvimento de protótipos didáticos, como o Filtro Biológico, Aquecedor Solar de Baixo Custo, Biodigestor, Bacia de Evapotranspiração, Captação de Água da Chuva, entre outros. Assim, defendemos que as TS são sugestões interessantes para o desenvolvimento de um currículo interdisciplinar, podendo ser desenvolvidas tanto no ensino fundamental quanto no médio, por meio das SE (Fernandes, Araújo & Santos, 2022). Para o seu desenvolvimento na comunidade escolar, sugerimos o trabalho com protótipos de Tecnologia Social, que chamaremos de Tecnologia Social Didática, onde os estudantes planejam, esquematizam, estudam conceitos, desenvolvem, refletem sobre os aspectos sociais e buscam transformar o seu entorno, mobilizando outros sujeitos para a confecção de TS em sua comunidade (por exemplo: a construção de uma Bacia de Evapotranspiração – BET para tratar o esgoto doméstico em uma comunidade que não tem saneamento básico).

Da mesma forma, os conteúdos conceituais das TS dentro das SE e das UEPS são trabalhados em uma abordagem multidisciplinar ou interdisciplinar, abrangendo as disciplinas das Ciências da Natureza e outras áreas de conhecimento, como Matemática, Geopolítica, Sociologia, entre outras.

Em síntese, ao transpormos os princípios das TS, numa perspectiva crítica, para o ensino dos conceitos científicos, chamamos atenção para que sua organização leve em consideração a solução de problemas com criatividade, a partir de contextos reais (com capacidade de serem subsunçores), que permitam a emergência de diversas subtemáticas relacionadas aos problemas sociais, econômicos, culturais e locais, organizados com progressiva diferenciação, integração, adaptação e consolidação dos conceitos científicos em uma UEPS, favorecendo que as SE sejam significativas, criteriosamente elaboradas e que possibilitem a construção de significados pelos estudantes.

A SITUAÇÃO DE ESTUDO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA: PROPOSTA DE APROXIMAÇÃO ENTRE UMA SE E UEPS

Para alcançar um dos objetivos apresentados neste trabalho, foi elaborada uma proposta teórico-metodológica que buscou relacionar as etapas de uma SE com as orientações e passos de uma UEPS, com o intuito de discutir e compreender a significação conceitual e o processo de construção dos conceitos e do conhecimento pelos estudantes. Essa aproximação se baseia nos referenciais teórico-curriculares da SE e teórico-metodológicos da UEPS, propostos por Allain e Fernandes (2022), Auth (2002), Fernandes, Allain e Dias (2022), Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012), Maldaner (2007), Massena (2016), Massena e Rodriguez (2021), Moreira e Massoni (2016), Vieira *et al.* (2018), entre outros, que estão apresentados e esquematizados anteriormente no Quadro 1, na Figura 1 e no Quadro 3.

Essa tentativa de complementação e aproximação entre dinâmicas de organização didática e curricular também aparece no trabalho de Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012), que propõem uma complementaridade entre os Três Momentos Pedagógicos (3MP), de origem freireana (Delizoicov *et al.*, 2002), e as etapas da SE – problematização, primeira elaboração, função da elaboração e compreensão conceitual (Auth, 2002). Para esses autores, o momento pedagógico referente à organização do conhecimento (segundo momento pedagógico) pode ser potencializado ao seguir as etapas da significação conceitual abordadas pela SE, que possui uma perspectiva vygotskyana.

Neste trabalho, a Ação III, Etapas para Implementar a SE na Educação Básica (Figura 1 e Quadro 3) será caracterizada pela aproximação das etapas da SE (de perspectiva vygotskyana) com os passos das UEPS (Quadro 1) (de origem ausubeliana). Essa aproximação entre os dois referenciais (curricular e metodológico) está sintetizada no Quadro 4.

É importante destacar que não estamos aproximando as duas teorias construtivista-cognitivistas, mas sim as perspectivas de trabalho para a sala de aula. Enquanto a SE é uma perspectiva curricular, cuja origem está alicerçada nos pressupostos de Vygotsky, a UEPS pode ser considerada uma dinâmica didático-pedagógica baseada nas proposições de Ausubel (Fernandes, Allain, & Dias, 2022). Um dos fatores importantes é que ambas possuem unidades de análise distintas: Ausubel foca na estrutura cognitiva, enquanto Vygotsky se concentra na interação social (Moreira, 2011b). Juntas, elas podem formar coordenadamente suportes teórico-psicológicos de grande relevância na elaboração e fundamentação de um modelo de ensino voltado para a aprendizagem de conceitos científicos, numa perspectiva significativa e crítica.

Por meio da aproximação das etapas da perspectiva curricular SE e da organização dos conteúdos a partir da UEPS, o Quadro 4 apresenta três novas etapas de organização do conteúdo de Ciências que chamaremos de Situação de Estudo Potencialmente Significativa (SEPS), as quais serão importantes para o desenvolvimento das atividades propostas neste estudo.

Quadro 4 – Aproximação entre os referenciais teóricos da SE e UEPS, na construção de uma SEPS.

Etapas	SE	↔	UEPS	Relações	Novas Proposições – SEPS
	1	1. Problematização e valorização dos conhecimentos cotidianos dos estudantes: contextualização dos conceitos que cada aluno traz do seu cotidiano a respeito do tema.			1.1. Planejamento da Situação inicial. 1.2. Situações-problema iniciais e introdutórias.
2	2. Primeira elaboração: ampliação dos significados e produção de sentidos aos conceitos disciplinares.		2.1. Aprofundamento do conhecimento.	↔	2. Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares
3	3. Função da elaboração e compreensão conceitual: desenvolvimento mais formalizado dos conceitos, retomada dos problemas da Etapa 1 a partir de um discurso mais científico.		2.2. Nova situação problema em nível mais alto de complexidade 2.3. Retomando aspectos mais gerais e estruturais 3.1. Encontro final integrador 3.2. Avaliação	↔	3. Sistematização dos conhecimentos e avaliação da aprendizagem

Fonte: Elaborada pelos autores com base nas propostas de Fernandes, Allain e Dias (2022).

1. *Problematização e Levantamento dos Conhecimentos Prévios*: Nesta etapa, é fundamental que o professor saiba introduzir o tema a ser abordado, criar contextos e propor organizadores prévios que revelem o conhecimento prévio e os conceitos subsunçores dos estudantes. Ao considerar os conhecimentos prévios dos estudantes, é possível lançar questões que coloquem o tema em discussão na sala de aula. Esta primeira proposição da SEPS se aproxima de dois princípios da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) de Moreira (2011b): o princípio da interação social e do questionamento, e o princípio da incerteza do conhecimento, uma vez que o conhecimento depende da pergunta que se faz sobre o mundo. Esse autor também se apoia em Freire (2003) ao escrever que o "fundamental é que professor e alunos tenham uma postura dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto falam ou ouvem" (Moreira, 2011b, p. 228).

2. *Ampliação dos Conhecimentos Relacionados aos Conceitos Disciplinares*: Nesta etapa, a abordagem do conhecimento científico e dos conceitos relacionados ao tema deve ser aprofundada pelo professor, organizando situações-problema em níveis crescentes de complexidade e levando em conta a diferenciação progressiva do tema e dos conceitos associados a ele (dos aspectos mais gerais para o todo). Durante esse processo, os estudantes interagem socialmente e negociam significados, enquanto o professor desempenha o papel de mediador, buscando promover a conciliação integrativa. Percebe-se nesta etapa da SEPS uma aproximação com o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento, e com a segunda etapa da SE, primeira elaboração (Gehlen, Maldaner & Delizoicov, 2012). No segundo momento pedagógico, são estudados os conhecimentos científicos necessários para a melhor compreensão dos temas e das situações significativas, e na primeira elaboração da SE, é onde o estudante tem o primeiro contato com a palavra representativa de um conceito (Auth, 2002). Nesse momento, são agregados os significados desejáveis e necessários à palavra que representa o conceito sistematizado, introduzida na problematização - a primeira etapa da SE (Gehlen, Maldaner & Delizoicov, 2012).

3. *Sistematização dos Conhecimentos e Avaliação da Aprendizagem*: Nesta última etapa, a sistematização dos conhecimentos ensinados e aprendidos ocorre por meio de uma diferenciação progressiva, numa perspectiva integradora do que foi trabalhado, buscando a reconciliação integrativa do conteúdo. Inicialmente, são abordados os aspectos mais gerais e abrangentes, visando gerar uma ideia geral inicial. Nesta fase, é importante explorar o conteúdo e propor novas situações-problema. As avaliações devem ser conduzidas pelo professor ao longo do processo, a fim de obter evidências de aprendizagem significativa do conteúdo pelos estudantes. É essencial que o professor proponha perguntas e situações que exijam apreensão semântica e, idealmente, algum grau de competência comunicativa dos estudantes. O desempenho dos estudantes nessas avaliações fornece evidências de conquista significativa da aprendizagem, o que implica compreensão, capacidade de explicação e aplicação do conhecimento para resolver as situações-problema.

A Figura 2 apresenta uma reorganização para a implementação da SEPS em contexto escolar, evidenciando a significação conceitual e o processo de construção dos conceitos e do conhecimento dos estudantes da educação básica.

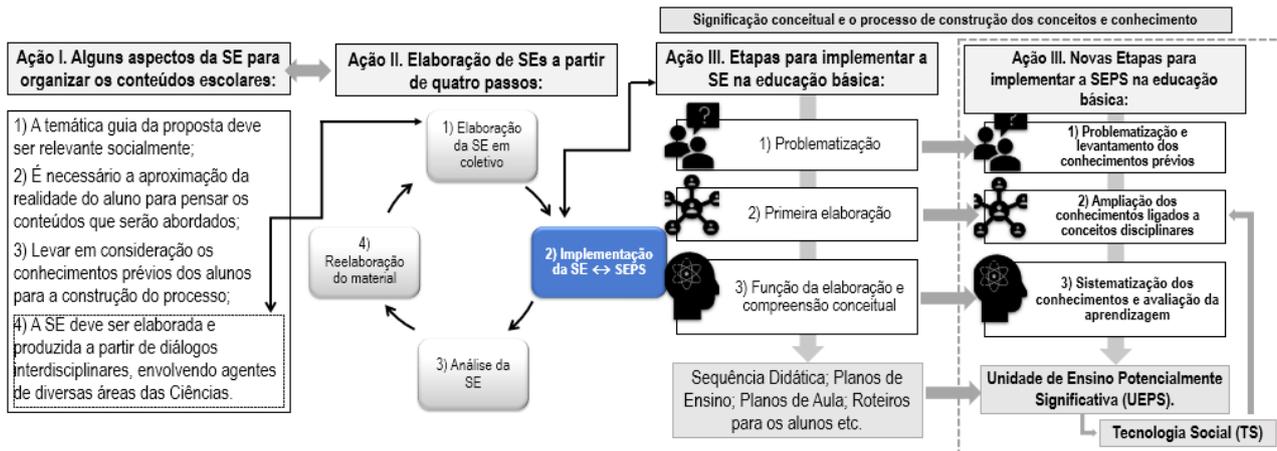


Figura 2 – Esquema das novas etapas para construção de uma SEPS.

Fonte: elaborado pelos autores.

O esquema da Figura 2 é uma reorganização da proposta de Fernandes e Allain (2021) e Fernandes, Araújo e Santos (2022), considerando que a nova proposta de ressignificação conceitual e o processo de construção dos conceitos se baseiam no desenvolvimento de uma SE que integra uma UEPS articulada com uma TS. Nesse sentido, as ações da Figura 2 para o desenvolvimento da SEPS, em contexto escolar, apresentam algumas modificações em relação à representação da SE da Figura 1:

Ação I. Alguns aspectos para organizar os conteúdos escolares: A escolha do tema da SEPS parte da articulação das Unidades Temáticas, sugeridas e orientadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (MEC, 2018), com o conjunto de SE baseadas em Tecnologias Sociais da Permacultura (Allain & Fernandes, 2022): 1. O aquecedor solar de baixo custo, 2. A bacia de evapotranspiração, 3. A captação de água de chuva, 4. O filtro biológico e 5. O biodigestor. Essas cinco SE foram elaboradas coletivamente com o objetivo de trabalhar subtemas/temas transversais baseados na sustentabilidade, ecologia, fontes limpas de energia, bom uso de recursos renováveis, diversidade da natureza, economia, aspectos sociais, atitudes e técnicas que, ao serem praticadas, abrem possibilidades de um ensino diferenciado na educação básica. Assim, a partir da proposição esquematizada no Quadro 4 e Figura 2, apresentamos uma síntese de uma SEPS, a partir de uma TS articulada com uma Unidade Temática da BNCC para o Ensino Fundamental II: Matéria e Energia – a compreensão de um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC). A abordagem do tema “energia” em sala de aula é apresentada por Delizoicov e Angotti (1992) como um “conceito unificador”, com o objetivo de reduzir a fragmentação dos conteúdos disciplinares. Atualmente, este tema é bastante discutido e pesquisado em diferentes trabalhos da Educação em Ciências (Allain & Fernandes, 2022; Moreira & Massoni, 2016), que buscam considerar, além dos aspectos conceituais, os sociais, sociopolíticos, ambientais, econômicos e culturais.

Ação II. A elaboração da SEPS em coletivo: trata-se de um dos passos da SE (Figura 1, Quadro 3 e Figura 2) em que Guedes *et al.* (2022) propuseram uma SE centrada na Tecnologia Social ASBC (Quadro 5) e que contou com diferentes grupos de sujeitos para a sua elaboração: docentes e estudantes do Grupo de Estudo e Prática em Permacultura (GEPP)¹, juntamente com os docentes, professores e estudantes do Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC)² da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e entre especialistas em Permacultura do Espaço Educacional Contraponto³. Para o desenvolvimento deste trabalho (Figura 2), a SE baseada no ASBC de Guedes *et al.* (2022) foi reelaborada (Passo 4 do Quadro 3), pelo coletivo do GEPAMEC, estagiários e professores supervisores do Estágio Supervisionado em Ensino de Ciências, cuja reelaboração resultou na SEPS. Nesse sentido, este trabalho vem apresentar a implementação da SEPS (Passo 2 do Quadro 3) e sua análise (Passo 3 do Quadro 3). A SEPS, originada da reelaboração de

¹ Disponível em: <https://geppufvim.wixsite.com/permacultura>

² Disponível em: <https://gepamecdcbio.wixsite.com/gepamec>

³ Disponível em: <https://contraponto.eco.br/>

Guedes *et al.* (2022) (SE baseada no ASBC) está sintetizada no Quadro 5 com cinco aulas. É importante destacar que aqui está sendo apresentado apenas um recorte da SEPS que originalmente foi elaborada para aulas de um trabalho de dois bimestres.

Quadro 5 – Síntese da proposição SEPS para o desenvolvimento de uma oficina baseada na Tecnologia Social “ASBC”.

Tema: Matéria e Energia: a compreensão de um Aquecedor Solar de Baixo Custo				
Etapas da SEPS	Duração	Subtema da Etapa	Conteúdos Conceituais	Descrição, Estratégias e Recursos
1. Problemática e levantamento dos conhecimentos prévios	1 aula de 50 min.	A origem da energia elétrica: matrizes energéticas	Fontes de energia: solar, eólica, hidrelétrica Energia Limpa Temperatura Calor	Exposição dialogada em forma de roda de conversa: perguntas reflexivas para introdução do Tema e levantamento dos conhecimentos prévios.
2. Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares	3 aulas de 50 min.	Tecnologia Social para a promoção da Sustentabilidade	Energia limpa Energia solar Radiação de corpo negro Volume Pressão Economia doméstica Ecologia Condução de calor Geometria Comprimentos e medidas Reutilização (na perspectiva de sustentabilidade, economia, aspectos sociais, atitudes e técnicas)	Construção de um protótipo baseado no Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC). Exposição dialogada para o desenvolvimento dos conceitos científicos e matemáticos necessários para a construção do protótipo ASBC.
3. Sistematização e avaliação dos conhecimentos e avaliação da aprendizagem	1 aula de 50min	A integração entre energia e sustentabilidade	Reconciliação integrativa dos conceitos das Etapas 1 e 2.	Apresentação de novas problematizações por meio de roda de conversa (avaliação formativa). Aplicação de um questionário (avaliação somativa).

Fonte: Adaptado de Guedes *et al.* (2022).

Ação III. Etapas para implementar a SEPS:

A Etapa 1 da SEPS (Quadro 5) refere-se ao tratamento contextualizado dos conceitos a partir da visão pessoal que cada aluno traz do seu cotidiano a respeito do tema. Para o subtema “A origem da energia elétrica: matrizes energéticas”, podem ser abordadas as seguintes situações-problema para o levantamento do conhecimento prévio dos estudantes (Quadro 6):

Quadro 6 – Questões iniciais para contextualizar os conceitos relacionados à “ASBC”.

I. Questões iniciais para a contextualização dos conceitos relacionados ao subtema “A origem da energia elétrica: matrizes energéticas”.
a) Você sabe de qual matriz energética vem a água quente do seu chuveiro? b) Vocês acham que os chuveiros elétricos consomem pouca ou muita energia? c) O que podemos fazer para gastar menos energia e diminuir a conta de luz de nossas residências? d) Quando reutilizamos e reciclamos embalagens será que também estamos economizando energia? e) Por que economizar energia é importante para nosso país e para o planeta?

Fonte: Adaptado de Guedes *et al.* (2022, p. 131).

A Etapa 2 da SEPS (Quadros 4 e 5) visa a construção de um ASBC que utiliza materiais reutilizáveis e recicláveis, com o objetivo de promover a significação conceitual e a compreensão significativa dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais por estudantes da educação básica. Esta organização dos conteúdos (Quadro 7), sistematizada no Quadro 5, busca ampliar a BNCC (Goulart *et al.*, 2022), abordar conceitos interdisciplinares, desenvolver habilidades nas Ciências da Natureza, cultivar a consciência ambiental e estimular a reflexão crítica sobre questões sociais, ambientais e econômicas.

Quadro 7 –Conceitos organizados por componente curricular para a SEPS “Matéria e energia: Aquecedor solar de baixo custo”.

Componente curricular	Principais conteúdos
Biologia	Energia limpa, reutilização e reciclagem, ecologia, combustíveis fósseis e impactos ambientais.
Física	Termodinâmica, hidráulica, radiação, volume e pressão.
Química	Estado físicos da água, densidade, moléculas, temperatura e calor.
Matemática	Geometria, unidade de medidas e gráficos, economia.
Geografia	Matriz Energética, energia limpa e economia doméstica.

Fonte: Guedes *et al.* (2022, p. 127-128).

A Etapa 3 da SEPS visa promover um encontro integrador e avaliativo com os estudantes para a compreensão dos conceitos trabalhados. As atividades podem ser ajustadas conforme a realidade de cada escola. Esta proposta tem o objetivo de transcender a abordagem puramente informativa na educação científica, encorajando educadores e estudantes a examinarem as interações entre tecnologia e sociedade de maneira crítica, indo além de uma abordagem imparcial e superficial dos conteúdos científicos. Sua intenção é atribuir novos significados aos conteúdos curriculares e abordar subtemas de forma inovadora, crítica, significativa, interdisciplinar e contextualizada (Guedes *et al.*, 2022).

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Caracterização da pesquisa

A pesquisa desenvolvida possui uma abordagem qualitativa (Gil, 2002), uma vez que buscou compreender a significação conceitual e o processo de construção dos conceitos e do conhecimento pelos estudantes durante a validação de uma proposta teórico-metodológica e teórico-curricular. Trata-se também de uma pesquisa exploratória descritiva, que, por sua vez, visou descrever e mapear características, padrões e relações durante o desenvolvimento de uma atividade. Essa estratégia de pesquisa é usada quando há pouco conhecimento prévio sobre o tema investigado e busca fornecer uma visão geral e sistematizada sobre o assunto.

O projeto foi concebido dentro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) da UFVJM, com a participação de acadêmicos da graduação e pós-graduação, professores da educação básica e do ensino superior. O desenvolvimento da SEPS foi executado como parte integrante da disciplina de Estágio Supervisionado em Ciências (estagiários e professor supervisor), que faz parte do currículo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas em uma escola pública de educação básica. Nesse sentido, o trabalho que se segue faz parte de um conjunto de ações para fortalecer e compreender o ensino de Ciências na educação básica, e está amparado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com o número CAAE 03347318.4.0000.5108.

Cenário e Sujeitos da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com um grupo de 32 estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental II, originários de uma escola estadual localizada no município de Diamantina/MG. O desenvolvimento das atividades, nesse contexto escolar, buscou validar a SEPS e proporcionar aos estudantes uma experiência de aprendizagem significativa, na qual pudessem aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos na criação de um dispositivo real e funcional, a partir de uma TS, numa perspectiva curricular e significativa.

Instrumentos de coleta de dados

No processo de desenvolvimento da proposta SEPS, as falas dos estudantes foram registradas por meio de gravações de áudio, que posteriormente foram transcritas. As falas e respostas dos participantes foram coletadas para identificar perspectivas relevantes, tais como a eficácia da proposta, o grau de engajamento dos estudantes, a relação entre teoria e prática, a compreensão e ampliação dos conteúdos conceituais, e o alcance dos objetivos propostos para este trabalho. Para complementar esses dados, foi aplicado um questionário ao término da SEPS, contendo três perguntas abertas, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Questionário aplicado ao final da SEPS

1. Será que existe uma alternativa mais sustentável e barata que os chuveiros elétricos? Justifique.
2. Você sabe explicar o motivo das caixas de leite serem pintadas de preto e como elas ajudam a aquecer a água?
3. Você acha que este conhecimento é útil para sua comunidade?

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ambos, a transcrição das atividades da SEPS e as respostas do questionário, foram elaborados para responder à questão de investigação deste trabalho e alcançar os objetivos propostos. Além disso, buscou-se compreender a percepção dos estudantes em relação às atividades realizadas, à significação conceitual, ao processo de construção dos conceitos e do conhecimento pelos estudantes, bem como ao impacto da experiência dentro do contexto da sala de aula.

Metodologia para o tratamento dos dados

Os dados coletados foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiuzzi (2006). A ATD é uma metodologia de análise de dados que busca interpretar o significado atribuído pelo autor, considerando as condições de produção do texto (Moraes & Galiuzzi, 2006). Além disso, permite organizar os dados em categorias e subcategorias para responder aos objetivos da pesquisa de forma consistente com os referenciais teóricos que embasam este trabalho. De acordo com Moraes e Galiuzzi (2006), a ATD compreende quatro etapas:

1. *Seleção do corpus*: Nesta etapa, o pesquisador escolhe o conjunto de dados a ser analisado. Nesta pesquisa, o corpus de análise foi composto pelas respostas do questionário (Quadro 08) e pela transcrição das falas dos estudantes que foram gravadas em áudio durante o desenvolvimento da SEPS (Quadro 05).

2. *Unitarização*: Essa etapa envolve um estudo minucioso dos dados coletados, selecionando os mais relevantes e descrevendo-os de forma intensiva. Nesta etapa, são identificadas unidades de significado, que são separadas e registradas. Neste estudo, foi realizada a unitarização da transcrição das falas gravadas em áudio e das respostas do questionário, sendo os dados fragmentados em unidades de significado. A unitarização das falas foi organizada em turnos de fala, gerando, ao final do processo, 485 turnos.

3. *Categorização*: Nessa etapa, as unidades de significado são agrupadas em categorias com base em semelhanças de significado e sentido. A categorização envolve a comparação constante das unidades de significado identificadas na etapa anterior, levando à formação de grupos de elementos similares. Essas categorias podem ter diferentes níveis de complexidade e organização. As categorias e subcategorias são analisadas e interpretadas, permitindo uma compreensão mais profunda dos dados e a obtenção de respostas aos objetivos da pesquisa. Essa análise pode revelar padrões, relações e tendências presentes nos dados.

Existem dois tipos de categorias: as pré-estabelecidas e as emergentes. As categorias pré-estabelecidas têm a finalidade de guiar a análise e facilitar a organização dos dados, permitindo ao pesquisador avaliar se os dados se encaixam nesses conjuntos previamente definidos. Adicionalmente, são incorporadas as categorias emergentes, que surgem naturalmente durante a análise, sem serem previamente determinadas. Para esta pesquisa, a categorização permitiu agrupar as unidades de significado em categorias pré-estabelecidas e subcategorias emergentes. As categorias propostas são fundamentadas nas teorias apresentadas (Quadros 4 e 5), visando atingir os objetivos estabelecidos e validar a proposta SEPS. Já as subcategorias emergentes refletem temas, conceitos ou padrões que não eram inicialmente previstos, mas que surgiram de maneira inesperada a partir dos dados coletados, possibilitando ampliar o entendimento e a validação das etapas da SEPS, além de alcançar os objetivos específicos. As categorias e subcategorias deste trabalho podem ser observadas no Quadro 9, e foram organizadas a partir do agrupamento e das semelhanças das unidades de significado.

Quadro 9 – Categorias e subcategorias a partir da ATD de uma SEPS.

Categorias pré-estabelecidas a partir da SEPS	Subcategorias emergentes
1. Problematização e levantamento dos conhecimentos prévios	1.1 A problematização inicial a partir de situações do cotidiano do aluno 1.2 O conhecimento prévio dos estudantes
2. Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares	2.1 Produção de sentidos para os conceitos disciplinares 2.2 Apresentação de nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade
3. Sistematização do conhecimento e avaliação da aprendizagem	3.1 Desenvolvimento e compreensão conceitual 3.2 Avaliação da compreensão conceitual

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. *Metatextos*: Referem-se à descrição e interpretação das categorias e subcategorias da pesquisa. Eles têm o objetivo de apresentar a teoria sobre os fenômenos investigados e fornecer uma compreensão mais aprofundada dos resultados obtidos. No caso desta pesquisa, os metatextos correspondentes a cada categoria estão presentes na seção "Resultados e Discussão" deste trabalho. Esses metatextos descrevem e interpretam os dados coletados, relacionando-os com os referenciais teóricos utilizados na pesquisa, principalmente na perspectiva ausubeliana.

Dessa maneira, a ATD proporciona uma estrutura metodológica robusta para a análise dos dados, permitindo uma compreensão aprofundada dos resultados e uma resposta consistente aos objetivos da pesquisa. Em resumo, uma vez que o texto se propõe a analisar a interação discursiva de uma proposição teórico-metodológica, a SEPS, para alcançar os objetivos propostos no estudo, consideramos a ATD uma metodologia de análise qualitativa pertinente aos propósitos deste estudo, uma vez que as categorias geraram metatextos baseados no referencial teórico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico, são apresentados os metatextos das categorias e subcategorias do Quadro 9, que buscam revelar as diferentes nuances e características da significação conceitual e do processo de construção dos conceitos e do conhecimento pelos estudantes, quando engajados em atividades baseadas em Tecnologias Sociais, a partir de uma proposição curricular e metodológica, que chamamos aqui de "Situação de Estudo Potencialmente Significativa - SEPS". Em outras palavras, os metatextos a seguir buscam validar e caracterizar as três etapas da proposição SEPS (Quadro 3).

Problematização e levantamento dos conhecimentos prévios

Ao analisarmos a contextualização dos conceitos que cada aluno traz de seu cotidiano a respeito do tema "Matéria e Energia: a compreensão de um ASBC", que envolve o aspecto sustentável do uso de energia elétrica, os estudantes apresentaram uma gama de conceitos prévios, ideias e sugestões pertinentes.

Este primeiro estágio da SEPS avalia o conhecimento prévio dos estudantes no contexto do conteúdo ou do tema a ser abordado, de forma a estruturar uma problematização e valorizar os conhecimentos cotidianos dos estudantes como possíveis subsunçores. Trata-se de um momento compatível com a primeira etapa da SE, que envolve uma exploração contextualizada do entendimento do tema e dos conceitos vinculados a ele, os quais serão aprofundados e trabalhados, partindo das perspectivas pessoais que os estudantes trazem de suas experiências diárias relacionadas ao tema. Também é compatível com a primeira etapa da UEPS, quando se desenvolve o planejamento da situação inicial e as situações-problema iniciais e introdutórias.

A problematização inicial a partir de situações do cotidiano do aluno

Ao longo do recorte dos turnos de fala, as palavras grifadas representam os conceitos evidenciados do conteúdo trabalhado durante o processo argumentativo. As palavras com fundo cinza buscam evidenciar a "problematização contextualizada" do conteúdo, a partir do diálogo entre o mediador e os estudantes, sobre a existência de uma situação-problema/problematização a ser debatida, a perspectiva de mudança, a exploração de conceitos/conteúdos, o estímulo à construção coletiva e a relação com as realidades vividas pelos educandos, incluindo problemas reais/abertos. Para Fernandes, Allain e Dias (2022), a problematização de uma situação contextualizada não deve se restringir ao "o que é", mas deve evoluir

para "como", "por que", "explique", "argumente" etc. O desenvolvimento da primeira etapa da SEPS com os estudantes pode ser exemplificado por diálogos do tipo:

Turnos	Falas
1	Mediadora: Pessoal, vamos conversar sobre o <u>aquecedor solar</u> . Primeiro, alguém <u>saberia explicar</u> a origem da água quente que chega ao chuveiro de vocês?
2	Estudante A: Vem da caixa d'água.
3	Mediadora: E antes de chegar na caixa d'água? Vem de onde?
4	Estudante B: Vem de Três Marias, o rio...
5	Estudante C: Professora, você quer saber da água ou da <u>energia</u> ?
6	Mediadora: Realmente, minha pergunta foi em relação à energia, <u>gostaria de saber</u> sobre a origem da energia.
7	Estudante D: Então, vem das <u>usinas</u> , né gente? Pelo amor de Deus!
8	Estudante E: Das usinas...
9	Mediadora: No nosso caso vem das <u>usinas hidrelétricas</u> . Por acaso vocês sabem <u>como</u> é feita a produção das várias fontes de energia?
10	Estudante B: Vale do Rio Doce...
11	Mediadora: Além da hidrelétrica que nós estamos mais acostumados, tem outra que vocês conhecem?
12	Estudante F: Tem a <u>energia solar</u> e os "trens" que roda assim e que eu esqueci o nome.
13	Mediadora: Alguém sabe <u>qual</u> o nome dessa que ele está falando? Ou sabe mais alguma forma de obter fonte de energia?
14	Estudante G: Usina... usina.
15	Estudante H: Cata vento.
16	Mediadora: O nome dessa que usa o cata vento, <u>como</u> é o nome da energia?
17	Estudante I: <u>Hidrelétrica</u> .
18	Mediadora: Hidrelétrica, vamos pensar: <u>hidro vem de água</u> , será que ela está mais relacionada a que usa a água para ser produzida ou a essa que usa vento?
19	Estudante G: Eólica.
20	Estudante B: Elétrica.

Verifica-se nos exemplos de turnos de fala que essa etapa da problematização assemelha-se à problematização inicial dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov & Angotti, 1992), como dinâmica didático-pedagógica ou ferramenta metodológica para a sala de aula (Fernandes, Allain & Dias, 2022), e não como estruturante do currículo, a partir do Estudo da Realidade para se chegar a um tema gerador (Muenchen *et al.*, 2019). Exemplos disso são: "saberia explicar (T1)", "gostaria de saber (T6)", "como (T9 e T16)" e "qual (T13)". Se observarmos a problematização contextualizada da SEPS, a partir da UEPS, essa etapa se caracteriza como situações-problema em nível introdutório, que dão sentido aos conceitos e que devem se tornar mais complexas à medida que os estudantes compreendem os conceitos trabalhados (Fernandes, Allain & Dias, 2022).

Assim, é importante que fique claro para o professor a diferença entre perguntar e problematizar e que, nesta etapa da SEPS, o professor não realize uma simples descrição dos conceitos e não ofereça respostas aos estudantes, mas sim procure estimulá-los a fazer novos questionamentos para adquirir conhecimentos capazes de enfrentar um problema (Muenchen *et al.*, 2019).

A etapa de problematização contextualizada da SEPS permite que os estudantes compartilhem suas perspectivas pessoais e experiências relacionadas ao tema, enriquecendo a discussão e promovendo uma compreensão mais profunda. No geral, essa etapa inicial de problematização e levantamento do conhecimento prévio dos estudantes, bem como a exploração de soluções alternativas, parece ser uma abordagem que possibilita o engajamento dos estudantes no tema a ser trabalhado e a promoção da ACT em uma perspectiva crítica e dialógica (Milaré & Richetti, 2021; Muenchen *et al.*, 2019).

O conhecimento prévio dos estudantes

Nessa fase, é importante que o professor formule perguntas que sirvam de base para a introdução do conhecimento (seja declarativo ou procedimental) que será ensinado, levando em conta o entendimento prévio dos estudantes e os possíveis conceitos subsunçores (Ausubel, 2013; Moreira & Massoni, 2016). Alguns estudantes manifestaram durante o desenvolvimento da SEPS que já conheciam o aquecedor solar, como exemplificado nos turnos de fala a seguir.

Turnos	Falas
64	Mediadora: Então, <u>qual</u> a outra forma que você usa para tomar banho?
65	Estudante D: <u>Eólica, solar</u> .
66	Mediadora: A solar é a que eu queria chegar, <u>vocês já ouviram falar</u> ?
67	Estudantes C, D e N: Sim.
68	Estudante F: Eólica... Solar lá em casa tem. Tem até lá em casa... na roça...
69	Estudante D: <u>Tem umas placas</u> assim... Um negócio que <u>o sol bate e transforma em energia</u> .
70	Estudante F: E tem até lá em casa, em casa não, lá na roça, colocando só <u>para aquecer piscina</u> .
71	Mediadora: Isso mesmo, bom saber que alguns já conhecem e sabem até como funciona.

Nos turnos de fala anteriores, observamos que certos estudantes demonstraram um conhecimento prévio e substancial (conceitos e imagens mentais como possíveis subsunçores) acerca do conceito de aquecedor solar e energia solar. Eles compartilharam ter observado painéis solares em algumas residências e possuíam uma compreensão das suas aplicações, tanto no aquecimento de água para banhos quanto para piscinas. Além disso, demonstraram inicialmente uma certa compreensão sobre a função das placas solares, explicando que estas transformam a luz solar em energia utilizável.

Ao apresentarem exemplos concretos do seu cotidiano, em forma de conhecimento declarativo (conhecimento declarado sobre objetos e eventos e representado mentalmente por proposições e imagens mentais), eles não apenas indicam o que sabem e o que não sabem sobre os princípios da termodinâmica, mas também estabelecem uma conexão tangível entre o conhecimento teórico a ser aprofundado e sua aplicação prática (Araújo & Abib, 2003).

Na continuação do diálogo, a mediadora aborda a propriedade térmica dos materiais (organizador prévio), e surgem conceitos como a conservação do calor (a partir do modelo mental da garrafa térmica), que introduz o conceito subsunçor de "isolamento térmico".

Turnos	Falas
75	Mediadora: Será que existem meios de mantê-la [a água] aquecida? É parecido com o raciocínio da <u>garrafa térmica</u> , que <u>conserva a água quente</u> por um período de tempo.
76	Estudante F: Ah! Tem tipo assim... é que eu não sei explicar, é bom ter junto com a <u>energia solar</u> , tipo para os dias mais frios... Por exemplo, a semana toda com os dias nublado, é bom ter a energia solar <u>acompanhada de um gerador</u> , já que [o <u>aquecedor solar</u>] pode deixar na mão e é só colocar o <u>aquecedor elétrico</u> .

O estudante F (turno 76) menciona a importância de combinar a energia solar com um gerador nos dias mais frios, para garantir o aquecimento contínuo da água, evitando depender apenas de um aquecedor elétrico. Essas observações demonstram que o estudante tem algum conhecimento sobre energia solar, aquecedores solares e propriedades térmicas de materiais. O exemplo mencionado pelo estudante, como a combinação de energia solar com geradores nos dias frios, destaca a compreensão do equilíbrio entre fontes de energia. Nos turnos a seguir, os estudantes demonstraram, por meio de exemplos de seu cotidiano (conhecimento declarativo), que compreenderem pontos da termodinâmica:

Turnos	Falas
135	Mediadora: <u>Alguém saberia me falar</u> alguma informação da <u>característica térmica</u> que algumas coisas têm?
136	Estudante D: Serve para manter a <u>temperatura [do leite]</u> ...
137	Mediadora: <u>Será que o alumínio seria um bom condutor ou mau condutor de energia?</u>
138	Estudante D: Depende, mas é <u>bom condutor</u> .
139	Estudante C: Pesquisa no celular (falando com outro colega).
140	Estudante K: Ele é um <u>isolante térmico</u> .
141	Estudante D: Ele <u>é isolante porque ele isola</u> .
142	Mediadora: <u>Alguém sabe</u> o que é ser um isolante térmico?
143	Estudante I: <u>Segurar a temperatura</u> .
144	Estudante F: Quando tem um acidente, eles colocam um "trem" para segurar a temperatura, pra não deixar acontecer <u>hipotermia</u> . Sabe aquele... Que aconteceu que os meninos ficaram presos na caverna... então, os bombeiros entraram e colocaram essa <u>manta térmica de alumínio</u> neles lá dentro... porque eles estavam com hipotermia, e [a <u>manta térmica</u>] pegava e <u>mantinha a temperatura</u> deles.

A continuação do diálogo, em que a mediadora aborda propriedades térmicas dos materiais e isolamento térmico, revela como se caracterizam os conhecimentos prévios dos estudantes (subsunçores) e como eles poderiam aplicar seus conhecimentos iniciais a situações do cotidiano. Ao associar a condução térmica do alumínio com as mantas térmicas usadas em casos de emergência, os estudantes iniciam o processo de construção e entendimento do conceito teórico e percebem suas implicações práticas: "Estudante F: [...] os bombeiros entraram e colocaram essa manta térmica de alumínio neles lá dentro...." Através desses diálogos, eles mostraram compreender conceitos básicos (subsunçores) que podem evoluir para os conceitos de termodinâmica e a aplicação prática desses conceitos (conhecimento procedimental) no contexto da condução de calor.

Essa reflexão, na primeira etapa da SEPS, ilustra como o ensino de Ciências pode ser eficaz quando conecta o aprendizado teórico a situações do mundo real dos estudantes, promovendo uma compreensão profunda e aplicada dos conceitos. Os exemplos apresentados demonstram como o conhecimento prévio dos estudantes (subsunçores) pode ser internalizado e utilizado para tomar decisões conscientes, evidenciando o impacto positivo que a problematização contextualizada pode ter no processo de aprendizado.

Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares

Na segunda etapa da SEPS, devem ser realizadas atividades que possibilitem o aprofundamento das situações apresentadas na etapa anterior. Através dessas atividades, os estudantes têm seu primeiro contato com conhecimentos científicos que vão além das representações superficiais de conceitos. Neste estágio, o educador deve introduzir o conhecimento a ser desenvolvido/aprendido, começando com conceitos mais amplos e abrangentes, configurando assim uma ampliação dos significados e uma produção de sentidos aos conceitos disciplinares (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Moreira & Massoni, 2016). Ou seja, esta categoria teve a preocupação de evidenciar o “organizador prévio”, a “elaboração de modelos mentais” pelos estudantes, a “diferenciação progressiva”, a “conciliação integrativa” e a “negociação de significados” (ver Quadro 1).

Para este trabalho, foi o momento de construir um protótipo de TS, representado por um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) didático. O protótipo (TS Didática) funciona como um modelo mental para que os estudantes possam visualizar os principais conceitos da termodinâmica: radiação (placas pintadas de preto), isolante térmico (caixa de leite e garrafa PET), convecção (movimento da água dentro dos canos), etc. Já o desenvolvimento dos conceitos científicos necessários para a sua construção esteve associado à diferenciação progressiva baseada na SE de Guedes *et al.* (2022).

Produção de sentidos para os conceitos disciplinares

Conforme se vê nos exemplos de turnos de fala a seguir, parte dos estudantes demonstrou ampliação dos conhecimentos prévios ou adquiridos na etapa anterior. Também é possível observar que os conhecimentos são compartilhados e negociados entre eles. As interações discursivas entre os estudantes e a mediadora proporcionam uma ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares. Por exemplo:

Turnos	Falas
129	Mediadora: [...]. Por último, temos [<i>a caixa de leite que passa pelo</i>] o <u>processo de reutilização</u> . Esse seria um <u>sistema sustentável</u> para se fazer uso das coisas. Igual, o leite [<i>da caixinha</i>] passa pelo <u>processo de pasteurização</u> , que <u>mata bactérias e microrganismos</u> , que são sensíveis a alta temperatura, [<i>e o leite</i>] vai para embalagem.
130	Estudante F: As <u>embalagens [de leite]</u> têm tipo uma <u>camada de alumínio</u> dentro.
131	Estudante D: É tipo <u>térmica</u> ?
132	Estudante F: Eu nunca reparei.
133	Mediadora: A <u>caixinha de leite vem revestida por uma camada interna de alumínio</u> , alguém já teve interesse de abrir?
134	Estudante D: Sim, várias vezes.
135	Mediadora: Alguém saberia me falar alguma informação da característica térmica que algumas coisas têm?
136	Estudante D: Serve para <u>manter a temperatura [do leite]</u> ...

Verifica-se nos turnos de fala a ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares e a produção de sentido para alguns conceitos. Por exemplo, a camada de alumínio dentro das embalagens de leite leva o Estudante D a questionar sobre esse termo, servindo como um organizador prévio e estruturador de seu modelo mental. Isso ajuda a esclarecer o processo de condução do calor e, quando utilizado dentro da caixa de leite, cria barreiras contra os fatores externos como luz, oxigênio e umidade, contribuindo para a preservação da temperatura do leite: “*Turno 136 - Estudante D: Serve para manter a temperatura [do leite] ...*”.

Nessa perspectiva, outro conceito que ampliou seu significado e produziu sentido, a partir da discussão, refere-se ao processo de reutilização e aproveitamento de objetos, como um sistema sustentável. No turno 129, observa-se um modelo mental que faz analogia com a pasteurização do leite, explicando que é um processo que elimina bactérias e microrganismos do leite, sensíveis a altas temperaturas, antes de ser embalado. Assim, foi possível verificar, nesses turnos de fala, que o processo de ampliação do conhecimento e produção de sentidos para os conceitos se deu através de:

Estudantes	Ampliação dos significados e produção de sentidos aos conceitos disciplinares
Estudante F	Contribui mencionando que as embalagens de leite têm uma camada de alumínio dentro. Essa informação amplia o conhecimento sobre as características das embalagens e seus materiais constituintes.
Estudante D	Questionar se as embalagens são do tipo térmicas, demonstrando uma conexão entre a camada de alumínio mencionada pelo Estudante F e as propriedades térmicas das embalagens.
Estudante F	Reconhece que nunca havia percebido a camada de alumínio dentro das embalagens, o que demonstra um processo de descoberta e observação em relação aos produtos do cotidiano.

Um aspecto fundamental sobre a ampliação dos conceitos disciplinares pelos estudantes, a elaboração de modelos mentais, o desenvolvimento da diferenciação progressiva, a promoção da conciliação integrativa e a proposição de atividades para a negociação de significados pelos estudantes refere-se ao papel do educador, que, para nós, está relacionado à intencionalidade do professor. Para Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021), no contexto das metodologias ativas, interativas e críticas, o professor adota uma postura instigadora, que apresenta desafios, promove a reflexão e está fundamentada em princípios éticos, sempre levando em consideração a autonomia do estudante. O docente oferece suporte, incentivo e direcionamento, ao mesmo tempo em que reconhece as limitações e competências tanto do grupo de estudantes quanto individualmente (Fernandes, Rodrigues & Ferreira, 2021).

Essas trocas de conhecimento ajudam os estudantes a expandirem sua compreensão sobre: reutilização de objetos e características das embalagens. Essa ampliação dos conhecimentos e produção de sentidos contribui para a formação de uma visão mais abrangente de diferentes conceitos, como: sustentabilidade, condução do calor, isolante térmico e uso consciente dos recursos naturais.

Apresentação de nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade

A utilização de exemplos adicionais para destacar semelhanças e diferenças em relação àqueles já trabalhados durante a SEPS busca promover a conciliação integrativa, com ênfase nas semelhanças e diferenças em relação aos conceitos previamente estudados (Moreira & Massoni, 2016).

Nessa etapa, também ocorre a diferenciação progressiva, que envolve um processo de diferenciação, começando por conceitos mais amplos e inclusivos, proporcionando uma visão panorâmica inicial da unidade de ensino e destacando os elementos cruciais. Posteriormente, são introduzidos exemplos e uma nova situação-problema, em um nível mais alto de complexidade, que explora detalhes específicos. Por exemplo: *Turno 239 - Estudante C: "E o calor vai ficar aqui?" Turno 240 - Estudante D: "O calor vai refletir e esquentar a água do cano que vai circular até chegar na caixa d'água."*

Uma possível estratégia de ensino é uma breve exposição oral seguida de uma atividade colaborativa em pequenos grupos, que é então seguida por uma atividade de apresentação ou discussão em um contexto mais amplo, envolvendo todo o grupo (Fernandes, Allain, & Dias, 2022). O papel do educador neste estágio é crucial, pois é a fase em que o conhecimento é introduzido de maneira mais elaborada.

A apresentação da nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade, consistiu na confecção da TS Didática, representada pelo ASBC (ampliação de um modelo mental). Isso começou com uma breve exposição oral (ver Figura 3 e turnos de fala a partir do T163), seguida de atividades colaborativas em pequenos grupos. A Figura 3 ilustra a apresentação do protótipo ASBC e os materiais necessários para sua confecção aos estudantes do 7º ano (garrafas PET, caixas de leite pintadas de preto, canos de PVC etc.). Esse momento foi destinado ao desenvolvimento da ampliação dos significados e produção de sentidos para que os conceitos disciplinares pudessem ser trabalhados por meio da apresentação de uma nova situação-problema em um nível mais alto de complexidade, promovendo a conciliação integrativa e a negociação de significados pelos estudantes: *"Como funciona um ASBC? O que precisamos saber para construir um ASBC?"* (ver Figura 3).



Figura 3 – Registro da ampliação de significados em momento expositivo. Fonte: Acervo dos autores

Os exemplos de turnos de fala a seguir demonstram como a temática ASBC proporcionou uma visão panorâmica inicial aos estudantes sobre a proposta e seu desenvolvimento, a partir dos principais pontos do conteúdo a ser ensinado.

Turnos	Falas
163	Mediadora: Agora, pensando na conexão da <u>energia hidrelétrica</u> com a <u>energia mais econômica</u> Tem a <u>energia solar</u> , ela é <u>sustentável, ecológica, renovável e se transforma em energia elétrica</u> com o mesmo resultado: indo para as tomadas, <u>esquentando os chuveiros</u> . Não sei se vocês sabem, mas tem uma forma que foi desenvolvida, especificamente para o chuveiro: o <u>Aquecedor Solar de Baixo Custo</u> . Ele consegue <u>reduzir o valor da conta de energia</u> , já que o <u>chuveiro é o principal fator das contas de energia virem mais caras</u> . Utilizando a <u>energia solar do aquecedor você vai pagar menos</u> energia elétrica.
[...]	[...]
234	Mediadora: Quando a <u>garrafa PET for pigmentada vai atrapalhar na captação dos raios solares</u> a entrar em contato com o que? Qual a próxima coisa que tem?
235	Estudante C: O alumínio.
236	Estudante I e F: <u>Caixinha de leite pintada de preto</u> .
237	Estudante F: Se eu colocar minha mão na caixinha, depois que passar muito tempo no sol, será que queima?
238	Mediadora: Tem que ter cuidado, <u>é possível ter queimadura sim</u> . Dentro da garrafa PET, que é feita de plástico, tem as caixas de leite e que estão pintadas de preto. A parte de dentro, que tem alumínio, é para conservar a temperatura, a parte de fora tem a pintura preta para esquentar. Então estará quente.
239	Estudante C: E o <u>calor</u> vai ficar aqui?
240	Estudante D: <u>O calor vai refletir e esquentar a água do cano que vai circular até chegar na caixa d'água</u> .
241	Mediadora: Exatamente. Aqui tem um cano como vocês podem ver na imagem. Essa primeira parte é como se fosse a <u>caixa d'água</u> que tem entrada de saída e entra para receber a água.

Não é possível caracterizar nesta categoria todo o processo desenvolvido, os turnos de fala e os diferentes conceitos que emergiram para a construção do protótipo ASBC. No entanto, os exemplos anteriores de turnos de fala dos estudantes nesta etapa indicam que eles estão prontos para ampliar seus conhecimentos prévios por meio desta nova situação-problema. Ou seja, é neste momento que se desenvolvem a diferenciação progressiva, a conciliação integrativa e a negociação de significados. A troca de informações entre os estudantes possibilita o compartilhamento de conhecimentos e experiências, além da negociação de significados. As perguntas e respostas durante a discussão tendem a indicar uma expansão dos conceitos disciplinares, como calor, temperatura, reflexão da luz, isolamento térmico, radiação, densidade etc., ampliando o entendimento dos estudantes.

A interação dos estudantes durante a pintura das caixas de leite de preto para aquecer a água também indica uma compreensão geral da relação entre a cor escura e o aquecimento, associando-a ao fato de que o preto absorve mais calor (Figura 4). Alguns estudantes mencionam a presença de alumínio como um fator contribuinte; no entanto, vale ressaltar que essa explicação simplificada dos estudantes não internaliza todos os princípios e conceitos envolvidos na construção do protótipo ASBC.



Figura 4 – Interação entre a mediadora e os estudantes na montagem do protótipo ASBC. Fonte: Acervo dos autores.

Sistematização do conhecimento e avaliação da aprendizagem

O desenvolvimento e a compreensão conceitual final dos estudantes envolvem a formalização dos conceitos, a retomada dos problemas discutidos na segunda etapa e a apresentação de novas situações-problema, agora abordadas de maneira mais científica, visando à consolidação e integração de uma aprendizagem mais significativa. Trata-se do desenvolvimento da reconciliação integrativa, ou seja, é o momento de explorar relações entre ideias, conceitos e proposições, além de apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes (Ausubel, 2013; Moreira & Massoni, 2016). Nesse contexto, implementa-se a avaliação formativa, que pode envolver situações de aprendizado

em grupo, tarefas colaborativas, portfólios, cadernos de atividades, rodas de conversa, entre outras práticas, bem como a avaliação somativa, preferencialmente realizada individualmente, com questões ou situações-problemas abertas, às quais os estudantes podem responder por meio de diagramas e/ou expressando livremente sua compreensão sobre um conteúdo (Fernandes, Allain & Dias, 2022).

Nesta última etapa/categoria, foram aplicadas duas estratégias: roda de conversa para a compreensão conceitual final e um questionário individual para a avaliação da compreensão conceitual (Quadro 8).

Desenvolvimento e compreensão conceitual final

O objetivo central desta etapa é revisitar o conteúdo já abordado nas etapas anteriores e durante o estudo de toda a unidade, apresentando-o, porém, com um grau de complexidade superior ao da primeira e segunda etapas da SEPS. A partir das respostas dos estudantes, originadas da roda de conversa como avaliação formativa, foi possível observar uma sistematização dos conhecimentos adquiridos sobre a importância da reutilização, sustentabilidade e energia solar. Um exemplo disso pode ser observado nos turnos de fala a seguir:

Turnos	Falas
447	Mediadora: Lembram da importância da reutilização e como isso impacta na nossa vida?
448	Todos: Sim.
449	Mediadora: Onde foi usada aqui?
450	Estudante C: Na <u>garrafa PET</u> , na <u>caixa de leite</u> .
451	Estudante H: Na <u>montagem do aquecedor</u> .
452	Estudante C: Também a energia é transformada.
453	Mediadora: Vocês acham que essa [fonte de] energia é <u>sustentável</u> e prejudica menos ou mais o <u>meio ambiente</u> ?
454	Estudante C: <u>Prejudica menos</u> .
455	Todos: <u>Prejudica nós mesmos</u> .
456	Mediadora: Por que vocês acham isso?
457	Estudante C: Por quê...
458	Estudante R: Tecnicamente não tem como você saber, é impossível. Ela [a energia] vem do <u>calor do Sol</u> . <u>Sem precisar tirar nada da natureza</u> .

Este exemplo de turnos de fala demonstra que os estudantes conseguem manifestar o papel da reutilização, da utilização de energias renováveis e dos impactos ambientais de maneira potencialmente crítica, relacionando-os aos processos científicos e tecnológicos para a geração e transformação de energia. As discussões sobre os princípios do ASBC e a reutilização de materiais descartados são relevantes, uma vez que há muita controvérsia sobre a real “sustentabilidade” das placas fotovoltaicas, dado que sua produção e descarte são muito poluentes. Além disso, eles reconhecem que esses conhecimentos têm relevância tanto para suas vidas individuais quanto para suas comunidades, ou seja, trata-se de uma perspectiva integradora (reconciliação integrativa). Alguns pontos destacados para representar a integração do conhecimento e compreensão conceitual final foram:

- Reconhecimento da reutilização de diferentes materiais, como garrafas PET e caixas de leite.
- Percepção de que a utilização do ASBC, a partir da energia solar, é mais sustentável e prejudica menos o meio ambiente em comparação à utilização das placas fotovoltaicas.
- Conexão entre processos científicos e tecnológicos para a produção e transformação de energia e seus impactos na sociedade.
- Reconhecimento de que a reutilização de materiais que seriam descartados pode contribuir para o consumo consciente de produtos e para a economia de recursos.
- Economia na conta de energia elétrica, beneficiando famílias que usam a energia solar.
- Consciência de que a utilização de energia solar de um ASBC pode ajudar a poluir menos o país e o mundo em comparação com a energia elétrica produzida pelas usinas hidrelétricas.

O “desenvolvimento e compreensão conceitual” dos estudantes foram evidenciados a partir do momento que eles conseguiram discutir, apresentar e integrar os conceitos de maneira mais científica, por exemplo: “Turno 240 - Estudante D: O calor vai refletir e esquentar a água do cano que vai circular até chegar na caixa d’água”; e “Turno 458 – Estudante R: Ela [a energia] vem do calor do Sol. Sem precisar tirar

nada da natureza.”. A estratégia de apresentar uma TS Didática para trabalhar o aquecimento da água, possibilitou integrar as representações iniciais dos estudantes aos conceitos aprofundados, criando uma ponte clara entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento adquirido. No entanto, é necessária uma análise mais crítica para revelar tanto aspectos positivos quanto desafios para a implementação de uma SEPS nas aulas de Ciências.

Durante o diálogo entre a mediadora e os estudantes (Figura 3), após a atividade do ASBC, surgiram conceitos interdisciplinares, porém integrados entre si: reutilização (Educação Ambiental/Biologia), energia solar (Física/Geociências) e radiação de corpo negro (Física/Química). Os estudantes tendem a reconhecer a relevância desses tópicos, tanto em termos individuais quanto para a sociedade como um todo. Eles relacionam a reutilização de materiais que compõem os objetos do cotidiano e a energia solar como uma fonte de energia com menor impacto ambiental. Isso sugere que a proposta desenvolvida (SEPS) tende a promover a internalização e integração de conceitos que, em um primeiro momento, seriam difíceis por serem de áreas de conhecimento específicas (Biologia, Física, Química, Matemática, Geociências...) e de temas transversais (Educação Ambiental, Economia...).

Entretanto, é importante destacar a presença de respostas que parecem superficialmente baseadas em repetições de conceitos, indicando a possibilidade de memorização ao invés de uma reconciliação integrativa profunda. Além disso, algumas respostas parecem ser influenciadas pelas perguntas formuladas pela mediadora. Por exemplo, na seguinte pergunta: “*Turno 453 - Mediadora: Vocês acham que essa [fonte de] energia é mais sustentável e prejudica menos o meio ambiente? Ou prejudica mais?*”. As respostas a esse tipo de mediação podem não refletir necessariamente uma construção individualizada de conhecimento pelos estudantes.

Ademais, embora haja uma conexão entre os conceitos científicos e suas implicações sociais e ambientais, algumas respostas poderiam ser mais substancialmente fundamentadas. Por exemplo, a compreensão da energia solar como menos prejudicial ao meio ambiente é apoiada por declarações como “*Turno 458 – Estudante R: Ela [a energia] vem do calor do Sol*”, mas poderia ser enriquecida com uma exploração mais profunda das razões por trás da ideia controversa de sustentabilidade. Não podemos esquecer que a turma participante neste estudo são estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental II. Segundo Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021), a qualidade do argumento está relacionada com o desenvolvimento e ampliação de atividades que possibilitem o grau de amadurecimento dos conceitos trabalhados (desenvolvimento da *consolidação* dos conceitos e ampliação da *reconciliação integrativa*).

Avaliação da compreensão conceitual

Em busca da avaliação da compreensão conceitual, e, por sua vez, da presença da aprendizagem significativa, buscou-se verificar, a partir das respostas dos questionários individuais (avaliação somativa na perspectiva da AS Crítica) a *consolidação* dos conceitos e ampliação da *reconciliação integrativa*. Para essa subcategoria, vamos observar as respostas do questionário, que inicia com a problematização da temática caracterizada na primeira pergunta do questionário e aplicado ao final da SEPS (Quadro 8): “*1. Será que existe uma alternativa mais sustentável e barata que os chuveiros elétricos? Justifique*”. As respostas consistiram em *modelos mentais consolidados* numa perspectiva *integradora*, como:

Estudante B: Fazer um chuveiro caseiro esquentando água.

Estudante I: Energia solar diminui os gastos com o uso da energia elétrica.

Estudante C: Placa solar do ASBC.

Estudante D: Placa solar do ASBC esquenta a água para tomar banho.

Estudante E: Aquecedor térmico por meio do fogão a lenha.

Estudante F: Aquecedor solar de baixo custo.

Estudante J: Placa solar ASBC.

Estudante L: Chuveiro a gás ou esquentar água no fogão a gás.

Estudante O: Fazer chuveiro caseiro.

Essas respostas demonstram a conscientização dos estudantes em relação à economia de energia no cotidiano. Além disso, eles ofereceram alternativas mais sustentáveis para os chuveiros elétricos, evolução dos seus *modelos mentais* a partir do ASBC, como: o aproveitamento de energia solar (com menção específica às placas solares de um ASBC), chuveiros caseiros (*Estudante B: Fazer um chuveiro caseiro esquentando água*), aquecedores térmicos usando fogão a lenha e chuveiros a gás. Essas sugestões demonstram uma compreensão da importância de encontrar fontes limpas, eficientes e econômicas para diminuir o gasto de energia no chuveiro elétrico. Essas são algumas sugestões apresentadas pelos estudantes em termos de viabilidade técnica, custos de instalação, economia de energia e financeira, sustentabilidade e impacto ambiental.

No intuito de fazer com que os estudantes argumentassem sobre a conservação de energia para aquecimento da água, foi feita a seguinte pergunta: “2. *Você sabe explicar o motivo das caixas de leite serem pintadas de preto e como elas ajudam a aquecer a água?*”. Algumas respostas demonstram uma *reconciliação integrativa* do que foi discutido, reorganização dos conceitos e novos significados para a organização cognitiva dos estudantes:

Estudante C. É porque a cor preta é uma cor diferente das outras, não reflete a luz.

Estudante D. Pois o preto puxa a energia solar, isso faz aquecer a água, por exemplo, quando você está com uma roupa preta você sente mais calor que o normal.

Estudante E. Sim, pois ajuda a aquecer a água.

Estudante K. Para a luz solar aquecer as caixas e esquentar a água.

Estudante N. Para ajudar a aquecer e manter o calor e porque a cor preta esquenta.

Estudante O. É importante pintar. Ajuda a manter o calor para esquentar a água.

Estudante S. Elas são pintadas de preto para aquecer a água que passa por dentro do cano [...].

Estudante U. O preto ajuda, pois, absorve mais calor que outras cores e a caixa de leite, por causa do alumínio que há em seu interior, mantém o calor.

Outras respostas nos chamaram atenção, pois mostram que a *reconciliação integrativa* ainda é frágil, indicando atenção ao buscar verificar a aprendizagem significativa e organização cognitiva dos conceitos discutidos:

Estudante B. Porque a cor preta atrai mais calor.

Estudante F. O motivo de pintar de preto é atrair mais o calor.

Estudante Q. O preto é uma cor quente, ela suga energia solar que aquece a água.

De modo geral, as respostas fornecidas pelos estudantes sugerem uma compreensão de que as caixas de leite, pintadas de preto, desempenham um papel no aquecimento da água devido à sua cor escura (ideia relacionada ao conceito de radiação). Aqui está um resumo das principais ideias expressas nas respostas: alguns estudantes mencionaram que a razão para pintar as caixas de preto é aumentar a absorção de calor. Outros apontaram que o preto é uma cor que absorve mais luz solar e não a reflete, o que contribui para o aquecimento da água. É perceptível que eles estabeleceram uma conexão entre a capacidade de absorção de calor pela tinta preta e a sensação de calor ao usar roupas de cor escura. Alguns estudantes também mencionaram a presença de alumínio dentro das caixas de leite, associando essa característica ao processo de aquecimento da água.

As respostas dos questionários tendem a indicar um aprofundamento conceitual, com conhecimentos científicos mais detalhados e abrangentes. Essa fase busca identificar se houve algum tipo de evolução das representações superficiais de conceitos e conhecimento, proporcionando uma compreensão mais completa das situações anteriormente apresentadas.

Por fim, na última questão do questionário (Quadro 8): “3. *Você acha que este conhecimento é útil para sua comunidade?*”, verificou-se que a conexão entre os processos científicos (conhecimento declarativo e prévio), tecnológicos (em forma de conhecimento procedimental a partir da tecnologia social ASBC) e os seus impactos na sociedade foi citada por muitos deles, conforme ilustram os exemplos:

Estudante C: Sim, porque pode ajudar a diminuir a quantidade de coisas compradas.

Estudante D: Sim, pois há muitas famílias que precisam da energia solar.

Estudante E: Sim, pois, pode poluir o mundo menos do que polui, antes conseguir economizar mais dinheiro e energia etc.

Estudante F: Sim, para pessoas que não tem alta condição e para ajudar a poluir menos o país, o Brasil.

Estudante A: Sim, pois pode diminuir a poluição do mundo e conseguir economizar mais dinheiro e energia etc.

Os exemplos de respostas dos estudantes evidenciam uma compreensão crítica da utilidade do ASBC, tanto para si individualmente quanto para a comunidade, mesmo que implicitamente, demonstrando o que Allain e Fernandes (2022) chamam de Transformação Social Escolar, a partir de uma TS Didática. Alguns pontos mencionados pelos estudantes são:

1. A possibilidade de diminuir a quantidade de produtos comprados, o que pode estar relacionado à capacidade de substituir produtos convencionais, contribuindo para reduzir o consumo e o desperdício.
2. O reconhecimento de que muitas famílias precisam da energia solar, indicando a compreensão de que o ASBC pode ser uma alternativa acessível, ecológica e sustentável para o aquecimento da água.
3. A percepção de que a energia térmica produzida pelo ASBC pode poluir menos o mundo em comparação a outras opções disponíveis, resultando em benefícios ambientais.
4. A consideração de que o ASBC pode ser uma solução para pessoas que não têm condições financeiras favoráveis, permitindo o acesso a uma tecnologia mais econômica.
5. A consciência de que o uso da energia solar pode contribuir para uma compreensão dos impactos ambientais e da importância de medidas mais sustentáveis.

Esses pontos indicam que a Transformação Social Escolar dos estudantes tem origem na conexão entre os conhecimentos científicos e tecnológicos adquiridos sobre o ASBC e as possíveis implicações socioambientais e econômicas dessas soluções. Quando os estudantes reconhecem o potencial do ASBC para atender às necessidades da comunidade e promover mudanças positivas em termos de consumo consciente, energia renovável e redução da poluição a partir da reutilização de materiais, eles também buscam transformar o seu entorno (Allain & Fernandes, 2022).

A implementação da avaliação formativa (interação discursiva entre os estudantes analisada na subcategoria anterior) e somativa (questionário com questões abertas e problematizadoras) é uma etapa importante da SEPS para aferir o progresso dos estudantes e sua compreensão dos conceitos abordados. No entanto, a forma como a avaliação é estruturada e conduzida pode ter um impacto significativo no engajamento dos estudantes e na qualidade do aprendizado (Fernandes, Allain, & Dias, 2022).

A avaliação formativa oferece aos educadores *insights* sobre os desafios e o progresso contínuo da aprendizagem, além de permitir que os estudantes se envolvam em um processo de autorregulação. Ao envolver os estudantes em situações de aprendizado em grupo e tarefas colaborativas, a avaliação formativa incentiva a troca de conhecimento entre eles e proporciona oportunidades para construir uma compreensão coletiva mais rica.

Por outro lado, a avaliação somativa, que visa avaliar a compreensão geral dos estudantes ao final de uma fase de aprendizagem, também é importante. No entanto, é fundamental evitar que a pressão excessiva associada a exames finais, com pontuações que serão somadas, prejudique o ambiente de aprendizado. A avaliação somativa tradicional (lápiz e papel) não deve ser vista como a única possibilidade de avaliação, pois isso pode criar ansiedade e desmotivação nos estudantes, afetando negativamente a compreensão real do conteúdo (Fernandes, Allain, & Dias, 2022).

Os exemplos anteriores das respostas dos estudantes demonstram uma tendência e possibilidade de compreensão conceitual, social e ambiental da temática trabalhada, mesmo que houvesse alguns equívocos. No entanto, é importante considerar a possibilidade de respostas repetitivas ou baseadas em perguntas anteriores, que podem ser influenciadas pelo formato da avaliação. Isso destaca a importância de

uma variedade de abordagens de avaliação para captar a riqueza da compreensão dos conceitos e do conteúdo pelos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cidadãos alfabetizados cientificamente e tecnologicamente são capazes de compreender e participar ativamente do mundo de maneira crítica e consciente. No entanto, o ensino de Ciências a partir de um currículo tradicional corre o risco de não despertar o interesse dos estudantes pelos conteúdos científicos e tecnológicos, tornando a aprendizagem pouco significativa e desmotivadora. Para superar essa lacuna, práticas educativas com uma perspectiva de renovação curricular e organização do conteúdo foram exploradas neste texto (Fernandes, Allain, & Dias, 2022; Massena, 2016; Massena & Rodriguez, 2021). Nesse contexto, as SE (Situações de Estudo) e as UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativas) surgem como propostas para aprimorar a qualidade do ensino de Ciências.

Ao integrar essas duas perspectivas de ensino em uma proposição curricular com atividades interdisciplinares, buscamos oferecer aos professores e estudantes uma experiência de ensino e aprendizagem potencialmente mais significativa e crítica, na qual eles possam atribuir sentido e relevância ao conhecimento científico e à significação conceitual. A pesquisa apresentada neste trabalho teve como objetivos: 1. Caracterizar e validar a proposição “Situação de Estudo Potencialmente Significativa (SEPS)” e 2. Verificar a possibilidade de ampliação e sistematização do conhecimento científico de estudantes quando desenvolvem uma atividade baseada em uma Tecnologia Social e organizada numa Situação de Estudo Potencialmente Significativa. Em outras palavras, tratou-se de apresentar uma proposição teórica-metodológica e didática-curricular com sua validação, buscando caracterizar o conhecimento prévio dos estudantes, identificar seu processo de ampliação conceitual, e sistematizar e avaliar seu conhecimento. Buscamos, no processo de validação, demarcar as etapas de uma SEPS e apontar algumas considerações:

1. *Problematização e levantamento dos conhecimentos prévios*: 1.1. A problematização inicial a partir de situações do cotidiano dos alunos; 1.2. O conhecimento prévio dos estudantes.

No início da SEPS, é feita uma avaliação do que os estudantes já sabem sobre o tema a ser explorado, com o objetivo de construir uma problematização que valorize os conhecimentos cotidianos dos alunos, considerados como subsunçores. Essa etapa é alinhada com a primeira fase da SE e da UEPS, onde são desenvolvidas situações-problema introdutórias que ajudam a dar sentido aos conceitos. Nessa fase da SEPS, é importante que o professor entenda a diferença entre questionar e problematizar, incentivando os estudantes a fazerem novas perguntas, em vez de apenas explicar os conceitos. Notamos, durante o desenvolvimento do estudo, que alguns estudantes já possuem um conhecimento prévio sobre o tema, o que demonstra como a relação entre teoria e prática no ensino de Ciências pode levar a uma aprendizagem significativa e à aplicação consciente dos conceitos aprendidos.

2. *Ampliação dos conhecimentos ligados a conceitos disciplinares*: 2.1. Produção de sentidos para os conceitos disciplinares; 2.2. Apresentação de nova situação-problema em nível mais alto de complexidade.

Na segunda fase da SEPS, os estudantes se envolvem em atividades que aprofundam os conceitos apresentados na fase anterior, proporcionando um contato mais profundo com o conhecimento científico escolar. O educador deve introduzir os novos conhecimentos de maneira abrangente, expandindo os significados e ajudando os estudantes a criarem modelos mentais, como, por exemplo, a partir do protótipo didático de um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), que ilustra princípios fundamentais da termodinâmica. Durante esta etapa, é importante que o professor ofereça suporte e direcionamento, reconhecendo tanto as capacidades quanto as limitações dos estudantes. Esta etapa envolve a diferenciação progressiva dos conceitos, começando de forma ampla e gradualmente abordando conceitos mais complexos. A introdução de uma nova situação-problema, como a construção de uma TS Didática, permite verificar se os estudantes estão preparados para expandir seus conhecimentos. Contudo, nesta segunda etapa do nosso trabalho, algumas explicações dos estudantes não refletiram uma compreensão completa dos conceitos necessários para a aprendizagem significativa.

3. *Sistematização do conhecimento e avaliação da aprendizagem*: 3.1. Desenvolvimento e compreensão conceitual; 3.2. Avaliação da compreensão conceitual.

Na fase final da SEPS, os estudantes formalizam os conceitos aprendidos, revisitam os problemas discutidos anteriormente e enfrentam novas situações-problema de forma mais científica para consolidar o

aprendizado. Durante este estudo, através das respostas coletadas em uma roda de conversa, utilizada como avaliação formativa, foi observado que os estudantes sistematizaram o conhecimento adquirido, principalmente sobre reutilização, sustentabilidade e energia solar. A estratégia de usar uma TS Didática facilitou a integração dos conhecimentos prévios com os novos, criando uma ligação clara entre o que os estudantes já sabiam e o que aprenderam. No entanto, é necessária uma análise crítica para identificar tanto os aspectos positivos quanto os desafios da implementação da SEPS e da TS Didática nas aulas de Ciências.

A proposta da SEPS, apoiada por uma TS Didática, parece ser eficaz na promoção da interdisciplinaridade e integração de conceitos complexos, abrangendo várias áreas do conhecimento, como Biologia, Física, Química e temas transversais como Educação Ambiental. No entanto, algumas respostas dos estudantes, nesta etapa da pesquisa, nos pareceram superficiais, sugerindo memorização em vez de uma compreensão profunda dos conceitos, possivelmente influenciadas pela forma como as perguntas foram feitas pelo professor. Isso levanta dúvidas sobre se esse tipo de resposta realmente reflete uma construção de conhecimento significativo e individualizado.

Também nesta etapa, buscamos, através da avaliação somativa, identificar um maior aprofundamento conceitual e científico dos estudantes e verificar se eles evoluíram de representações superficiais para uma compreensão mais completa e significativa. Apesar de alguns equívocos, as respostas dos estudantes mostram uma tendência à compreensão dos conceitos trabalhados. Contudo, a possibilidade de respostas repetitivas e influenciadas pelo formato da avaliação destaca a necessidade de diversificar os métodos, tanto formativos como somativos, para identificar a profundidade da compreensão e aprendizagem dos estudantes.

Essas etapas podem fornecer resultados valiosos para a validação de uma educação e perspectiva curricular mais crítica, significativa, relevante, engajada e contextualizada.

Como limitação da SEPS, sua criação e implementação exigem um planejamento cuidadoso e detalhado, o que pode demandar mais tempo, especialmente dos educadores, se não estiverem envolvidos em um grupo interdisciplinar. Sua implementação envolve identificar os conhecimentos prévios dos alunos a partir de situações problematizadoras, selecionar conteúdos relevantes e criar atividades que promovam a integração desses conhecimentos com novos conceitos, de maneira crítica e significativa. Outra situação de reflexão refere-se aos recursos e infraestrutura. Implementar uma SEPS pode requerer recursos adicionais, como materiais didáticos específicos, acesso a alguma tecnologia (digital e/ou social, por exemplo), ou até mesmo salas de aula com disposição física adequada para atividades colaborativas. A SEPS pode não ser facilmente adaptável a todos os contextos educacionais, especialmente em sistemas com currículos rígidos, uma vez que ela tem origem em uma perspectiva de renovação curricular, que não segue a BNCC (MEC, 2018), mas que pode ser complementar a ela (Goulart *et al.*, 2022).

Em última análise, sugerimos reflexões e análises teóricas e de aplicação da SEPS, uma vez que ela tem potencial para contribuir com o desenvolvimento da educação em Ciências, na qual os estudantes sejam motivados a explorar, questionar e buscar soluções para problemas reais. Ao fortalecer a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, estaremos preparando-os para serem agentes de transformação, capazes de lidar com os desafios científicos, tecnológicos, sociais e ambientais que enfrentamos atualmente e no futuro.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido dentro do Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) e os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas IC UFVJM/PIBIT - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, processo n. 306179/2021-0 e pelos financiamentos obtidos por meio do Projeto Universal, processo n. 408143/2021-5 e Universal FAPEMIG Processo APQ-000141-18.

REFERÊNCIAS

- Allain, L. R., & Fernandes, G. W. R. (Orgs.) (2022). *Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Araújo, M. S. T. de, & Abib, M. L. V. dos S. (2003). Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176–194. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/>
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 3(2), 122-134. <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030203>
- Ausubel, D. P. (2013). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa-Portugal: Plátano.
- Auth, M. A. (2002). *Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora*. (Tese de doutorado). Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84426>
- Calvão, A. L., & Gama, B. S. (2022). Conhecendo algumas tecnologias sociais da Permacultura. In L. R. Allain, & G. W. R. Fernandes (Orgs.). *Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar*. (1ª ed., Cap. 2, pp. 49-76). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Dagnino, R. (Org.). (2010). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*. (2a. ed. rev. e ampl.). Campinas, SP: Komedi.
- Dagnino, R. (2014). “Ciência e tecnologia para a cidadania” ou Adequação Sociotécnica com o Povo?. In R. Dagnino. *Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas* (pp. 89-112). Campina Grande, PB: EDUEPB.
- Delizoicov, D., & Angotti, J. A. (1992). *Física*. São Paulo, SP: Cortez.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. São Paulo, SP: Cortez.
- Feenberg, A. (1991). *Critical Theory of Technology*. New York, United States of America: Oxford University Press.
- Fernandes, G. W. R., & Allain, L. R. (2021). Diálogos entre Situação de Estudo e Permacultura: uma proposta interdisciplinar para o ensino de Ciências. In E. P. Massena, & A. S. M. Rodríguez (Orgs.). *Reconfiguração Curricular no Ensino de Ciências* (pp. 139-154). Ijuí, RS: Unijuí.
- Fernandes, G. W. R.; Allain, L. R., & Dias, I. R. (2022). *Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Fernandes, G. W. R., Araújo, A. O., & Santos, D. L. (2022). Proposições de Situações de Estudo a partir de Práticas de Permacultura e Tecnologias Sociais. In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Eds.), *Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar* (pp. 117-224). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Fernandes, G. W. R., Mariano, H. de M., Schetino, L. P. L., & Allain, L. R. (2021). *Metodologias e estratégias ativas: Um encontro com o ensino de ciências*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Fernandes, G. W. R., Rodrigues, A. M., & Ferreira, C. A. (2021). *Olhares Para O Ensino De Ciências: Tecnologias Digitais, Atividades Investigativas*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Freire, P. (2003). *Pedagogia do Oprimido*. São Paulo, SP: Paz e Terra.
- Gama, B. S., Guedes, B. G. de A., Allain, L. R., Goulart, M. F., & Calvão, A. L. (2022). Permacultura e Tecnologias Sociais: Bases conceituais. In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Orgs.). *Tecnologias*

sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar (pp. 29-47). São Paulo, SP: Livraria da Física.

- Gehlen, S. T., Auth, M., & Auler, D. (2008). Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a Educação em Ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 7(1), 63–85. Recuperado de <https://philpapers.org/archive/CHAUHD.pdf>
- Gehlen, S. T., Maldaner, O. A., & Delizoicov, D. (2012). Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: Complementaridades e contribuições para a Educação em Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 18(1), 1–22. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100001>
- Gil, A. C. (2002). *Como Elaborar Projetos De Pesquisa* (4a ed.). Barueri, SP: Atlas.
- Gontijo, C. M. M. (2015). Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Comentários Críticos. *Revista Brasileira de Alfabetização*, 1(2), 174-190. <https://doi.org/10.47249/rba.2015.v1.68>
- Goulart, M. F., Amorim, S. C., Rodrigues, A. C. de O., & Allain, L. R. (2022). Aproximações e contrapontos entre a Permacultura e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Eds.), *Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar* (pp. 79-100). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Guedes, B. G. de A., Nascimento, G. A. S., Santos, J. L. C., Barroso, J. D., & Silva, I. R. M. e. (2022). Situação de Estudo baseada no Aquecedor Solar de Baixo Custo. In L. R. Allain & G. W. R. Fernandes (Eds.), *Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar* (pp. 125-140). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Halmenschlager, K. R., & Souza, C. A. (2012). Abordagem temática: Uma análise dos aspectos que orientam a escolha de temas na situação de estudo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 367-384. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/190>
- Lopes, T. G. R. (2020). *Desenvolvimento e Manejo de Tecnologias Sociais de Base Agroecológica na Promoção Do Saneamento Rural Em Ituberá, Bahia*. (Dissertação de mestrado). Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Recuperado de https://maasa.ufba.br/sites/maasa.ufba.br/files/dissertacao_tassio_lopes_maasa_ufba.pdf
- Magoga, T. F., Silva, J. M. da, & Muenchen, C. (2020). Situação de estudo e abordagem temática: Relações, discussões e sinalizações. *Revista Contexto & Educação*, 35(111), 127-147. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2020.111.127-147>
- Maldaner, O. A. (2007). Situações de estudo no ensino médio: Nova compreensão de educação básica. In R. Nardi (Ed.). *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: Alguns Recortes* (pp. 237–253). São Paulo, SP: Escrituras.
- Massena, E. P. (2016). *Situação de Estudo: processo de significação pela pesquisa em grupos interinstitucionais*. Ijuí, RS: Unijuí.
- Massena, E. P., & Rodriguez, A. S. M. (2021). *Reconfiguração curricular no ensino de ciências*. Ijuí, RS: Unijuí.
- MEC (2018) *Base Nacional Comum Curricular- BNCC*. Brasília, DF.
- Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e Compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, J. P. Alves Filho (Orgs.). *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas*. (1ª ed., pp. 19-47). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Moraes, R., & Galiazzi, M. do C. (2006). Discursive textual analysis: A multiple face reconstructive process. *Ciência & Educação (Bauru)*, 12(1), 117–128. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>
- Moreira, M. A. (2011a). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas-UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista: Meaningful Learning Review*, 1(2), 43–63. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf

- Moreira, M. A. (2011b). *Teorias De Aprendizagem* (2a ed.). São Paulo, SP: Pedagógica e Universitária.
- Moreira, M. A., & Massoni, N. T. (2016). *Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Muenchen, C., Magoga, T. F., Schneider, T. M., & Araújo, L. B. de. (2019). Os três momentos pedagógicos na formação inicial de professores: o trabalho com temas geradores. In G. Watanabe (Ed.). *Educação Científica Freireana na Escola*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Oliveira, A. C. D., (2019). *Alfabetização Científica e Tecnológica na Formação Inicial de Professores de Química*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11335>
- Saviani, D. (2013). *Pedagogia Histórico-crítica: Primeiras Aproximações*. Campinas, SP: Autores Associados.
- Scarpa, D. L., & Campos, N. F. (2018). Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos Avançados*, 32(94), pp. 25–41. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>
- Souza, P. de, & Fernandes, G. W. R. (2022). Science Teaching in the Base Nacional Comum Curricular and in the Currículo Referência de Minas Gerais: Analysis from the perceptions of in-service and pre-service teachers. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 13(6), pp. 1-23.
<https://doi.org/10.26843/rencima.v13n6a28>
- Vieira, L. B. G., Fernandes, G. W. R., Maldaner, O. A., & Massena, E. P. (2018). Situação de estudo: O que vem sendo publicado em eventos e periódicos da área de ensino de ciências? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, e2914, pp. 1-29. <https://doi.org/10.1590/1983-21172018200101>

Recebido em: 03.10.2023

Aceito em: 27.08.2024