

O peixe fora d'água: uma proposta investigativa para o ensino de substâncias e misturas no segundo ciclo do fundamental

RESUMO

No Ensino Fundamental, a Química está associada ao ensino de Ciências e, em geral, é somente no último ano dessa etapa escolar que os conceitos e a linguagem química são inseridos. Nesse contexto, as pretensões relativas ao desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem não são consideradas como de execução simples e lineares, havendo a necessidade de implementação de planejamentos didáticos coerentes e inovadores. Dentre as possibilidades para o desenvolvimento de propostas inovadoras, encontra-se a Unidade Didática Multiestratégica (UDM). Tal modelo de planejamento compreende um projeto de ensino que integra um conjunto de estratégias didáticas, organizadas de acordo com objetivos de aprendizagem definidos previamente e orientados em função de uma dada abordagem metodológica. Discute-se o processo de implementação de uma UDM intitulada "Poluição da água" para o ensino de substâncias e misturas por meio da abordagem de Ensino por Investigação e seus impactos na aprendizagem de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Para tanto, durante o desenvolvimento de uma pesquisa-ação foram realizadas gravações de áudio e vídeo, produção de diários da professora pesquisadora e coleta das atividades dos estudantes, cuja transcrição foi analisada por meio dos procedimentos da Análise de Conteúdo. Os resultados obtidos, pautados na abordagem investigativa, demonstraram impactos positivos na aprendizagem dos principais conceitos químicos pelos alunos, bem como promoveram situações educacionais de autonomia e trabalho colaborativo.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento Didático-Pedagógico; Ensino de Ciências; Pesquisa-Ação; Atividades de Ensino-Aprendizagem; Experiência Pedagógica.

Karina Laurindo Mendonça
kah_laurindo@hotmail.com
orcid.org/0009-0005-1725-6832
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Araraquara, São Paulo, Brasil.

Francisco Otávio Cintra Ferrarini
franciscoferrarini@ifsp.edu.br
orcid.org/0000-0003-3432-3724
Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Matão, São Paulo, Brasil

Amadeu Moura Bego
amadeu.bego@unesp.br
orcid.org/0000-0001-9182-1987
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Araraquara, São Paulo, Brasil.

The fish out of water: an investigative proposal for teaching substances and mixtures in the second cycle of elementary school

ABSTRACT

In elementary school, chemistry is associated with science teaching and, in general, it is only in the last year of this school stage that chemical concepts and language are introduced. In this context, the goals regarding the development of teaching and learning processes are not considered to be simple and linear, and there is a need to implement coherent and innovative teaching plans. Among the possibilities for developing innovative proposals is the Multistrategic Didactic Unit (MDU). This planning model comprises a teaching project that integrates a set of teaching strategies, organized according to previously defined learning goals and guided by a given methodological approach. The process of implementing a MDU entitled "Water Pollution" for teaching substances and mixtures through the Inquiry-Based Teaching approach and its impacts on the learning of 9th grade elementary school students is discussed. To this end, during the development of an action research project, audio and video recordings were made, the research teacher produced reflection journals and the students' activities were collected, the transcription of which was analyzed using Content Analysis procedures. The findings, based on the investigative approach, demonstrated positive impacts on the students' learning of the main chemical concepts, as well as promoting educational situations of autonomy and collaborative work.

KEYWORDS: Unity Plan; Science teaching; Action Research; Teaching-Learning Activities; Pedagogical Experience.

INTRODUÇÃO

Segundo Sanmartí (2002), a aquisição de conhecimentos científicos não pode ser considerada como um processo simples e linear pautado em ações didáticas pontuais, como apresentações orais seguida da resolução de atividades em sala de aula. Para a autora, as ideias de senso comum dos estudantes e suas concepções alternativas exercem forte influência durante o processo de aprendizado de ciências.

No contexto da educação básica nacional, o ensino de Química é influenciado por diferentes orientações curriculares nacionais, estabelecidas e modificadas ao longo dos anos. Contudo, conforme apontam Zanon e Palharini (1995), no âmbito da área de Ciências da Natureza para a educação básica, na etapa do ensino fundamental, são os livros didáticos que exercem influência decisiva sobre os conteúdos a serem ministrados por docentes para a componente curricular Química. Milaré e Alves Filho (2010) salientam que no último ano do Ensino Fundamental II (EF II), apesar de eventuais atualizações curriculares, grande parte dos materiais didáticos apresenta unidades direcionadas exclusivamente aos conteúdos das componentes Química e Física.

Além disso, em que pese algumas exceções, as práticas de ensino desenvolvidas no EF II para o ensino desses componentes curriculares são hegemonicamente pautadas em uma proposta de ensino que Freire (2015) denominou como uma “concepção bancária da educação”. Os professores conduzem os alunos para uma proposta de ensino baseada na memorização mecânica de conteúdos e na concepção metafórica de que os aprendizes são como que recipientes a serem preenchidos por conteúdos disciplinares desconexos.

Diante dessas considerações, Silva e colaboradores (2023) apontam a importância da: i) utilização de estratégias didáticas e abordagens metodológicas inovadoras para o ensino de Ciências, mais precisamente, em relação ao ensino da Química no EF II; ii) determinação e ponderação das concepções alternativas relativas aos conteúdos científicos abordados na série escolar em questão; iii) implementação de projetos ensino e aprendizagem capazes de abarcar estratégias didáticas inovadoras, a partir de abordagens investigativas.

Ademais, verifica-se que a Base Nacional Comum Curricular apregoa, para os anos finais do Ensino Fundamental, a necessidade “da exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos estudantes sobre o mundo natural e material” (Brasil, 2017).

Nessa perspectiva, configura-se a importância do desenvolvimento da linguagem química e seus conceitos. Todavia, a realidade em contexto mostra que tais conjecturas não são exploradas adequadamente em planejamentos e ações didáticas de professores. As consequências desse cenário redundam em prejuízos para a contextualização de conteúdos conceituais, bem como a composição de conteúdos procedimentais e atitudinais (Zanon & Palharini, 1995; Silva, Barbosa & Amaral, 2000; Alves & Gomes, 2021).

Assim, este artigo objetiva investigar os impactos da implementação de um planejamento didático-pedagógico, pautado em perspectivas inovadoras e investigativas, no processo de ensino e aprendizagem de substâncias e misturas envolvendo estudantes do EF II.

Aportes teóricos

Este trabalho envolveu a realização de uma pesquisa-ação na qual houve o movimento cíclico e investigativo de planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégicas (UDM) para o ensino de Substâncias e Misturas no EF II, sua implementação em sala de aula regular e o replanejamento da UDM a partir dos resultados e reflexões produzidos.

A UDM foi planejada de acordo com os fundamentos do Ensino por Investigação (Carvalho, 2013) e explorou a utilização de dois estudos de caso (Sá, Francisco & Queiróz, 2007) para o ensino de substâncias e misturas.

A justificativa para a escolha desses conteúdos curriculares está relacionada ao fato de eles se constituírem um tópico introdutório e determinante para o entendimento de diversos outros conceitos no campo do ensino de Química. Todavia, verifica-se que os alunos apresentam dificuldades em relação ao aprendizado desses conceitos em virtude de fatores como a falta de abordagem adequada de livros didáticos; a inerente complexidade para se estabelecerem eventuais conexões com outros conteúdos; a ausência de relações entre os níveis atômico e macroscópico; e as influências das concepções alternativas dos estudantes no processo de aprendizagem (Araújo, Silva & Tunes, 1995; Milaré & Alves Filho, 2010).

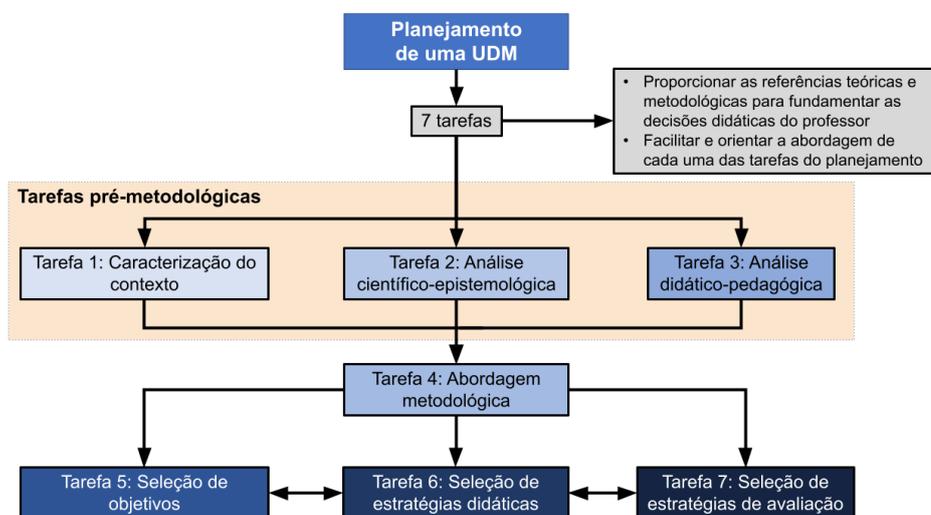
Em relação ao planejamento de ensino, diversos estudos têm apontado para a prevalência de propostas alheias aos contextos de aplicação; a concepção equivocada de que o conhecimento experiencial não interfere no delineamento do planejamento; a noção de que as concepções alternativas de estudantes não interferem na tomada de decisões relativas ao planejamento; dentre outros aspectos (Sanchez & Valcárcel, 2000; Alves, 2018; Bego, Ferrarini & Morales, 2021 ; Zoca, Ferrarini & Bego, 2023).

Com vistas a superar tais tendências acerca do planejamento de ensino, a UDM é um modelo de planejamento fundamentado em concepções metodológicas específicas e na implementação de múltiplas estratégias didáticas de forma articulada e fundamentada científica e pedagogicamente. Tal proposta encerra a concepção de se desenvolver o delineamento de ações didáticas capazes de atender tanto a propósitos de ensino e aprendizagem como sua implementação e, conseqüente, análise de aprendizagens.

A proposta da UDM contempla um conjunto de 7 tarefas coesas e interligadas (Figura 1).

Figura 1

Exemplo de figura



Fonte: Bego, Ferrarini e Moralles (2021).

As tarefas, os objetivos e procedimentos envolvidos no planejamento de uma UDM estão compilados na Tabela 1.

Tabela 1

Tarefas, objetivos e procedimentos para a elaboração da UDM

Tarefa	Objetivos	Procedimentos
Caracterização do contexto	- Racionalização do contexto de atuação - Identificação de condicionantes da prática pedagógica - Identificação de problemas práticos	1. Caracterização da unidade escolar 2. Caracterização da turma 3. Caracterização dos estudantes
Análise científico-epistemológica	- Estruturação dos conteúdos de ensino - Atualização científica do professor	1. Selecionar os conteúdos 2. Identificar o perfil conceitual ou histórico de desenvolvimento do(s) conceito(s) principal(is) 3. Definir o esquema conceitual da unidade
Análise didático-pedagógica	- Delimitação dos condicionantes de aprendizagem: adequação ao estudante	1. Levantamento das concepções prévias 2. Delimitar os obstáculos epistemológicos 3. Explicitar as implicações para o ensino
Abordagem metodológica	- Conscientização sobre a concepção de ensino e aprendizagem a ser adotada - Explicitação de uma visão de	1. Explicitar os princípios psicopedagógicos da abordagem metodológica adotada 2. Delimitar os papéis

Tarefa	Objetivos	Procedimentos
	ciência - Definição dos propósitos e expectativas para o ensino de química em determinado nível de ensino	desempenhados por professor e alunos no processo de ensino e aprendizagem 3. Definir a finalidade do ensino de química na educação formal 3. Descrever a visão de ciência assumida e suas implicações para o ensino
Proposição dos objetivos	1. Reflexão sobre as potenciais aprendizagens dos alunos 2. Estabelecimento de referências para o ensino e a avaliação	1. Considerar conjuntamente as Tarefas de 1 a 5. 2. Definir e delimitar prioridades e hierarquizá-las
Seleção das estratégias didáticas	1. Determinação das estratégias e da melhor forma de sua estruturação e sequenciamento 2. Definição das tarefas a realizar por professor e estudantes	1. Considerar a abordagem metodológica e os objetivos de aprendizagem delimitados 2. Planejar a sequência global de ensino 3. Selecionar as estratégias didáticas 4. Elaborar materiais de aprendizagem 5. Prever recursos didáticos necessários
Seleção de estratégias de avaliação	1. Avaliação das aprendizagens dos alunos 2. Referências para ajustes e reorganizações do processo de ensino 3. Avaliação da própria UDM	1. Determinar o conteúdo da avaliação 2. Determinar atividades e momentos de atividades avaliativas e devolutivas para os estudantes 3. Planejar instrumentos para a coleta de informações sobre o processo de ensino e aprendizagem

Fonte: Bego, Ferrarini e Moralles (2021).

Em razão do conjunto de atividades que englobam a perspectiva de implementação de uma UDM, infere-se que tal projeto representa um modelo de intervenção didático-pedagógica potencialmente útil nos termos da ação profissional docente. Tal afirmação ancora-se, principalmente, na expectativa de uma prática docente reflexiva e marcada por enfoques pluralistas. No tocante a essas perspectivas pluralistas, Laburú, Arruda e Nardi (2003) ratificam a necessidade dos docentes em assumirem ações didáticas pautadas em pluralismos metodológicos e didáticos, bem como direcionadas a movimentos reflexivos e dialéticos.

Isto posto, a utilização da UDM propicia ao docente a possibilidade de adequar metodologias e estratégias de ensino para o âmbito escolar de interesse, nos termos das especificidades do contexto educacional e de seus traços correntes de

complexidade, singularidade e multidimensionalidade. Ademais, há de se considerar a relevância da proposição de tarefas fundamentadas em referenciais teóricos capazes de fundamentar as ações didáticas dos docentes, bem como concorrer para o aperfeiçoamento do exercício profissional (Silva et al., 2019; Ferrarini, 2020).

O modelo de planejamento da UDM prevê o vínculo de determinada abordagem metodológica a diferentes estratégias didáticas e de avaliação com vistas à elaboração de uma proposta coerente e integrada de modo organizado e sequenciado.

Nessa lógica, este trabalho se organizou ao redor do planejamento de uma UDM que foi planejada com base no Ensino por Investigação, conforme as concepções de Carvalho (2013). Mais especificamente, esta proposta foi pautada na abordagem metodológica do Ensino por Investigação. Isso se deve ao fato dessa metodologia de ensino abordar perspectivas destinadas à melhoria do processo de aprendizagem, visto que há a possibilidade de vincular conceitos com o cotidiano. Nessa lógica, a compreensão de temas científicos pode ser facilitada em virtude da possibilidade de serem criadas situações de interesse e motivação aos estudantes.

Na proposta da autora, são previstas as Sequências de Ensino Investigativas (SEI). Em uma SEI, as interações entre os alunos e o professor compõem uma importante etapa para a construção do conhecimento. Nessa relação, cabe ao professor a função de estimular os discentes ao processo de sistematização do conhecimento por meio de indagações e estímulos à elaboração de hipóteses. Dentre os pontos positivos, identifica-se que tal ação investigativa é capaz de, virtuosamente, promover a incorporação da linguagem científica e o progressivo abandono da linguagem coloquial pautada no senso comum.

De maneira sintética, as etapas de uma SEI compreendem: i) a apresentação de um problema experimental ou teórico destinado a introduzir a temática científica aos alunos; ii) promoção de atividades destinadas à formulação de hipóteses; iii) contextualização do conhecimento no cotidiano dos estudantes.

Em relação à temática utilizada na elaboração da UDM, que foi implementada em uma escola do interior paulista, aponta-se que a proposta foi assentada em uma SEI direcionada ao ensino de Substâncias e Misturas.

O levantamento das principais ideias prévias de estudantes acerca desses conteúdos curriculares é exposto por Furió e Dominguez (2007; 2012). De forma exemplificativa, podem ser considerados que:

- Habitualmente, alunos da educação básica não empregam as noções macroscópicas de substância aos conceitos de material puro e não misturado. De modo geral, esse grupo de indivíduos tem a crença empirista, reforçada pela linguagem cotidiana, de que as substâncias são materiais ou produtos mistos;
- Em termos macroscópicos, os pesquisadores espanhóis afirmam que os alunos concebem os conceitos de misturas como idênticos aos de uma substância composta;
- De forma geral, o relato dos estudantes apresenta a ideia de que as substâncias apresentam, como única variação conceitual, a noção de substância simples. Nesse sentido, fica evidente a dificuldade da compreensão

submicroscópica das substâncias enquanto um sistema formado por partículas idênticas;

- Habitualmente, os estudantes associam como sinônimos os conceitos formais de substâncias e materiais.
- Em termos macroscópicos, os alunos não apontam diferenças entre os conceitos envolvidos na caracterização de uma mistura de substâncias simples e a composição elementar dos compostos;
- As discussões acerca da temática submicroscópica das substâncias e misturas são consideradas, pelos alunos, como algo de difícil compreensão;
- Em razão do desconhecimento do significado macroscópico das substâncias, em contraste com a definição de misturas, os estudantes ficam convencidos de que os materiais são misturas constituídas por substâncias puras pouco complexas.
- Os alunos concebem a ideia de que as substâncias puras correspondem ao oposto de “substâncias impuras”;
- Em virtude da noção macroscópica dos conceitos de misturas e substâncias compostas, os estudantes, de modo geral, acreditam tratar-se dos mesmos significados, pois ocorre uma confusão relacionada com as ligações que podem ser estabelecidas entre diferentes átomos;

Em virtude daquilo que é apresentado no citado referencial, infere-se que há a necessidade tanto do desenvolvimento de abordagens capazes trabalhar e avançar tais compreensões quanto de se contemplar as exigências conceituais desses conteúdos. Diante disso, torna-se necessário refletir e sugerir um novo formato de abordagem para esse tópico, objetivando à aprendizagem efetiva dos estudantes nessa fase da escolarização.

Dada a importância desse assunto, sobretudo para a aprendizagem de tópicos subsequentes da Química, justifica-se o uso de novas propostas didáticas capazes de incorporarem novas estratégias que levem em conta as concepções, experiências e interesses dos estudantes, bem como a integração dos conteúdos conceitual, procedimental e atitudinal.

METODOLOGIA

Em razão dos propósitos deste trabalho, empregou-se os princípios da pesquisa-ação. O fundamento dessa decisão decorre do fato de haver a intenção de melhorar uma ação prática em vez de elaborar necessariamente conhecimentos acadêmicos inéditos sobre determinada linha (Moreira & Rosa, 2009).

Conforme aponta Tripp (2005), a pesquisa-ação compreende uma estratégia capaz de promover o aperfeiçoamento de professores em relação ao uso de suas pesquisas em suas ações da prática docente.

A pesquisa-ação é concebida como um processo em ciclo (Figura 2) no qual são executadas as atividades de planejamento, implementação, descrição e avaliação.

Figura 2

Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação



Fonte: Tripp (2005, p.446)

A pesquisa-ação é um delineamento metodológico realizado em ciclos com a finalidade de que se possam ser executar intervenções após a obtenção de resultados advindos da vinculação entre teoria e prática.

Tal perspectiva coaduna com a perspectiva de implementação da UDM, pois em tal modelo, como apontado anteriormente, há a necessidade de planejar, realizar a intervenção didático-pedagógica e replanejar a partir da reflexão crítica sobre a intervenção realizada (Bego, 2016).

Esta pesquisa compreende um recorte de uma dissertação de mestrado na qual uma professora e pesquisadora investigou sua prática pedagógica em uma escola do interior paulista (Mendonça, 2020). A unidade escolar está localizada em um bairro periférico adjacente a uma mata e um riacho. Atende estudantes da própria cidade e também de cidades vizinhas. A turma era composta por 15 alunos, sendo que a maior parte deles estuda na escola há anos. Todos os estudantes tinham entre 14 e 15 anos e apenas um deles contava com 17 anos. A partir da concordância da coordenação escolar, bem como do consentimento livre e esclarecido dos responsáveis pelos estudantes, foi implementada a UDM com o objetivo de analisar e avaliar seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem.

As fontes de informação empregadas foram os sujeitos, alunos do nono ano do EF II; as interações professor-alunos compreendidas no espaço e tempo escolar; e, na qualidade de documentos, os diários da professora-pesquisadora e as atividades realizadas pelos estudantes no tocante à resolução de um estudo de caso, publicado por Mendonça et al. (2019), no âmbito do desenvolvimento das atividades previstas na UDM.

Ao longo da aplicação da UDM, as intervenções didático-pedagógicas foram filmadas e transcritas com a intenção de serem analisadas as interações e as ocorrências sucedidas.

De acordo com Flick (2009), a análise de vídeo permite a realização de investigações não verbais dos participantes, bem como os registros de suas ações e discursos no ambiente em contexto.

Para a análise das transcrições dos diálogos, foi empregado o método da Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2016). Para a autora, esse expediente permite a descrição dos dados coletados de forma sistemática, elucidativa e dedutiva, contribuindo, portanto, na compreensão de significados que vão além da fala e da leitura comum. Nesse processo, há a elaboração de um conjunto de categorias descritivas, por meio da articulação entre fontes e instrumentos. E, diante dessa ação, há a possibilidade da determinação de deduções válidas e replicáveis para um dado contexto analítico, bem como da elaboração de interpretações para a temática da pesquisa (Bego, 2013; Cavalcante, Calixto & Pinheiro, 2014; Bardin, 2016; Ferrarini, 2020). Em função dos limites de espaço e considerando que os procedimentos metodológicos da AC são bastante difundidos na área, maiores detalhes do passo a passo utilizado podem ser obtidos na dissertação de mestrado de Mendonça (2020).

Seguindo critérios sistemáticos a fim de reconhecer as consequências produzidas pela implementação da UDM, foram empreendidas análises seguindo um Roteiro de Análise Textual (Bego, 2013). Ademais, foram confeccionados e analisados diários de aulas, dada a relevância desse elemento para as ações da prática profissional docente, sobretudo no contexto da pesquisa-ação.

Para finalizar, esta pesquisa apresenta o número 59199416.6.0000.5400 para o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram agrupados, com base no procedimento de categorização da AC, para analisar a importância das concepções alternativas dos estudantes e suas possíveis relações com o desenvolvimento da metodologia investigativa adotada na UDM, bem como suas implicações nos processos de ensino e aprendizagem.

Nessa lógica, a partir das propostas de Carvalho (2013) para no Ensino por Investigação, a UDM apresentada contém uma SEI de 4 aulas (Tabela 2).

Tabela 2

Extrato do planejamento da UDM sobre poluição da água

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título	A poluição da água		
Objetivo	Analisar diferentes tipos de materiais, diferenciando, por meio do estudo de caso, em substância pura, substância simples, substância composta e mistura		
SEI	Objetivo da SEI	Conteúdo Programático	Tempo Aproximado (em aulas)
O peixe fora d'água	Analisar diferentes tipos	<ul style="list-style-type: none"> • Conceito de Sistema • Conceito de 	4 aulas

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

de água, diferenciando substância de mistura	Substância e Mistura • Conceito de água potável e água pura
---	---

Fonte: Mendonça (2020).

Na SEI (Tabela 3), a proposta é indicar aos estudantes a investigação acerca dos diferentes tipos de água e, conseqüentemente, a diferenciação entre substâncias e misturas.

Tabela 3

Extrato do planejamento da SD 1 da UDM.

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO		
Título da SEI	O peixe fora d'água	
Objetivo da SEI	Analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura	
Estratégias de Avaliação	Resolução do caso e exercícios de aplicação	
Aula	Estratégias Didáticas	Conteúdos de ensino
Aulas 1 e 2	Estudo de Caso	Substância e Mistura
	Debate	Substância e Mistura

Fonte: Mendonça (2020).

Conforme aponta a Tabela 3, a primeira estratégia didática empregada foi o Estudo de Caso. A intenção dessa ação foi a proporcionar a participação ativa dos estudantes em suas respectivas aprendizagens, bem como oferecer caminhos para investigar aspectos sociocientíficos relacionados a diferentes tipos de água. Mais especificamente, o caso é trabalhado em forma de narrativa e envolve problemas cotidianos, concretos ou imaginativos, experienciados por pessoas e que reclamam a tomada de decisões acerca de questões previamente escolhidas (Sá, Francisco & Queiróz, 2007).

O Ensino por Investigação, enquanto proposta metodológica para ações didáticas de ensino e aprendizagem, foi adotado para o planejamento da UDM. Já o Estudo de Caso foi delineado para desenvolver as duas etapas iniciais da metodologia investigativa selecionada: i) problematização; ii) discussão em grupos para levantamento de hipóteses.

A resolução do problema seguiu a sequência de uma SEI. Na fase da problematização, foi apresentado o caso "O peixe fora d'água" de Mendonça et al. (2019). Nessa fase, a investigação foi intermediada pela professora tendo em vista que houve tanto a necessidade de orientação para a realização da pesquisa quanto para estipular em quais *sites* de busca poderiam ser encontradas informações confiáveis.

Posteriormente à esquematização das informações obtidas, inicia-se o processo de sistematização coletiva das informações trabalhadas. Tal atividade envolveu a exposição das reflexões e das anotações realizadas pelos estudantes. Na sequência, a professora elaborou perguntas para a promoção de um debate de

ideias pautado em argumentos científicos, cujas intenções estavam relacionadas à validação das pesquisas empreendidas. A fase final da sistematização envolveu o trabalho individual dos alunos e resultou no registro por escrito do conhecimento adquirido.

Para finalizar a proposta da SEI, os alunos são estimulados a realizar a contextualização do conhecimento, apoiados na narrativa do caso. A justificativa dessa ação leva em conta o fato de que a *estória* utilizada no caso está inserida no contexto social dos alunos e tem potencial para estimulá-los a relacionar conteúdos científicos com o cotidiano, bem como aplicá-los no dia a dia.

Conforme já apresentado, as argumentações relativas a essa temática podem revelar diferentes concepções alternativas. Nesse sentido, os trabalhos de Furió e Dominguez (2007, 2012) foram empregados para antecipar eventuais obstáculos de aprendizagem que poderiam ser encontrados, pelos estudantes, ao longo das atividades didáticas.

Ademais, a intenção do uso do caso estava relacionada ao propósito de desenvolver os conceitos de substância e mistura a partir dos três aspectos do conhecimento químico, quais sejam, o fenomenológico, o teórico e o representacional. Mais especificamente, o aspecto fenomenológico aborda o aspecto empírico do conhecimento químico (observações e medições). Já a perspectiva teórica compreende o conjunto de explicações a partir de modelos e teorias. E, para finalizar, o aspecto representacional compreende a linguagem química, ou seja, os símbolos, fórmulas e representações (Mortimer, Machado & Romanelli, 2000).

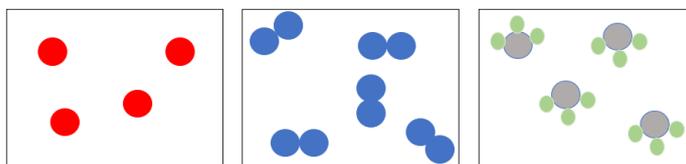
No aspecto fenomenológico, substâncias podem ser definidas como uma fração de material que apresenta propriedades físicas constantes e uma composição química que não varia de amostra para amostra. Já uma mistura compreende diferentes substâncias em que cada uma delas mantém sua própria identidade química e, desse modo, suas propriedades físicas peculiares. Assim, as misturas apresentam, como características, propriedades físicas não constantes (Lacerda, Campos & Marcelino, 2012).

Em relação ao aspecto teórico, estipula-se que as substâncias são sistemas com composição química definida, formadas por um único tipo de espécie química que se repete ao longo de todo esse sistema. Por sua vez, as misturas contêm duas ou mais espécies químicas em sua constituição e são classificadas como sistemas que não apresentam composição química definida (Brown, Lemay & Bursten, 2005; Bellas et al., 2019)

Em termos representacionais, uma substância compreende uma fração de matéria que apresenta apenas um componente químico, conforme ilustra a Figura 3. De acordo com a referida imagem, em cada quadrado as esferas podem estar dispostas de modo isolado ou em combinações fixas.

Figura 3

Representação para diversas variedades de substâncias.

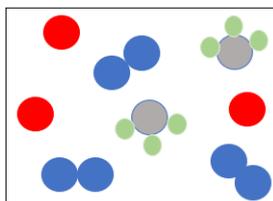


Fonte: Adaptado de Brown, LeMay & Bursten (2005, p. 5).

Sob o mesmo ponto de vista, mistura é definida como uma porção de matéria contendo a junção de diferentes tipos de substâncias. A Figura 4 apresenta diferentes tipos de substâncias que são retratados por esferas com cores em agregados distintos (Rocha-Filho et al., 1988; Santos & Mól, 2016).

Figura 4

Representação de uma mistura



Fonte: Adaptado de Brown, LeMay & Bursten (2005, p. 5).

Os vínculos teóricos entre diferentes tipos de água e suas relações com os conceitos de substâncias e misturas representam a potencialidade do referido estudo de caso. Isso se deve ao fato da situação-problema, exibida pelo caso, permitir aos alunos explicitarem eventuais concepções alternativas acerca dos tipos de água (pura, potável e poluída) e formularem hipóteses para o melhor tipo de água a ser utilizada em um aquário.

Conforme apontam Furió e Dominguez (2007), os alunos tendem a confundir os conceitos de substância e mistura. Dentre as incoerências demonstradas explicitam-se a noção de que apenas as misturas heterogêneas estão associadas aos conceitos de mistura, tendo em vista que as misturas homogêneas, que têm apenas uma fase, seriam substâncias; a incapacidade de conceituar substância como um sistema submicroscópico formado por partículas ou agregado de partículas iguais, resultando na ideia de qualquer substância é classificada como simples; concepção da ocorrência de substâncias impuras, resultando no desconhecimento da noção de que toda mistura de substâncias já caracteriza um dado sistema como uma mistura.

Concepções dos estudantes acerca de Substâncias e Misturas

Na primeira parte da SEI, os estudantes, em grupos, apresentaram suas hipóteses iniciais sobre qual seria o melhor tipo de água (pura, potável e poluída) para a ser utilizada no aquário para manter o peixinho vivo.

Diante desse quadro, justifica-se a importância da AC das hipóteses formuladas, acerca dos conceitos de substâncias e misturas, de forma a revelar as

concepções alternativas dos alunos para tal temática. Os diferentes tipos de hipóteses foram agrupados em categorias analíticas levando em consideração as hipóteses corretas e incorretas (Tabela 4). Tais categorias foram formuladas levando em conta o posicionamento dos 11 alunos presentes no dia da aplicação da SEI realizada em grupos de alunos divididos em 1 dupla e 3 trios.

Tabela 4

Resultados obtidos a partir das análises das respostas prévias dos estudantes

Categorias	Justificativa	Extratos representativos	Contagem
Critério de tratamento físico-químico	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizaram como classificação um tratamento físico-químico na água	“Água potável: água que passou por um processo de 'limpeza' para ser consumida ou utilizada em outros setores como a agricultura” (1) “Água pura: Água limpa, não contem resíduos poluentes, a água não recebe nenhum tratamento” (2)	2 (50%)
Classificação a partir de diferentes fontes	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizaram como classificação as diferentes fontes de água	“Água potável: água que bebemos, é tratada, e normalmente tem em galões e garrafinhas” (3) “Água poluída: água encontrada em bueiros, inadequada para a vida por conter substâncias perigosas, poluição e resíduos que fazem mal pra saúde” (4)	3 (75%)
Identificação de pureza com natural	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que classificam como natural o que recebe a nomenclatura “pura”	“Água pura: água em seu estado natural, sem processos de limpeza ou qualquer outro fator” (5) “Água pura: água encontrada nas nascentes, ideal para a vida natural”(6)	3 (75%)

Fonte: Mendonça (2020).

As definições apresentadas pelos grupos mostram relações com as concepções alternativas encontradas na literatura, descritas por Furió e Dominguez (2007; 2012).

A primeira concepção que pode ser observada é a apresentada nos extratos representativos 1 e 2, que exibem as concepções alternativas referentes à classificação dos tipos de água (pura, potável e poluída). Nesse contexto, fica explícita a importância dada aos critérios físico-químicos para realizar a classificação. Empregando esse tipo de ordenação, infere-se que os estudantes vinculam as características macroscópicas apenas a processos como, por exemplo, o tratamento da água.

Nos extratos representativos 3 e 4, manifesta-se a concepção alternativa relativa à caracterização de uma mistura. Os alunos empregam critérios, a partir de diferentes fontes, para classificar os tipos de água, ou seja, para classificar em potável ou poluída, basta conhecer a fonte. Outrossim, os estudantes acreditam que apenas a água poluída é classificada como mistura, pois, para eles, no nível macroscópico, esse tipo de água apresenta mais de uma fase, que, por sua vez, é

constituída por contaminantes visíveis. Assim, depreende-se que há o entendimento de que, no nível macroscópico, uma mistura é um sistema que tem mais de uma fase, ou seja, uma mistura é sempre associada a uma mistura heterogênea.

Ademais, verificando os extratos representativos 5 e 6 e relacionando-os com as concepções reunidas pelos autores espanhóis, pode-se depreender que os alunos não conceituam substância como um sistema formado por partículas iguais. Ou seja, para os estudantes, a água potável, por ter apenas uma fase visível, se caracterizaria como sendo uma substância pura, embora seja uma mistura homogênea.

Concepções dos estudantes após a Sequência de Ensino Investigativa

Tendo em vista o desenvolvimento das etapas do Ensino por Investigação (Carvalho, 2013), os estudantes foram organizados novamente em grupos para pesquisar as definições dos termos trabalhados em sala de aula. Essa busca foi realizada pelos alunos com a utilização de *tablets* conectados à internet.

Nesse momento da SEI, os estudantes verificaram a validade e adequação de suas hipóteses elaboradas inicialmente. Caso as hipóteses apresentassem imprecisões quanto aos termos científicos, os alunos teriam a oportunidade reformular suas respostas iniciais e expressá-las novamente para o coletivo. Para Carvalho (2013), isso compreende uma etapa importante para a aprendizagem.

Os dados gerados por essa ação foram agrupados e analisados. As concepções científicas pesquisadas foram divididas em hipóteses corretas e incorretas. Nesse caso, a resposta correta seria a classificação da água ideal para o peixe como sendo a água potável. O resultado obtido foi o de 100% para hipóteses corretas.

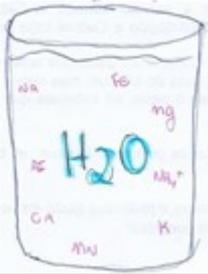
Assim, confrontando os dados das versões anteriores e posteriores, evidencia-se que, nas hipóteses iniciais, apenas um grupo havia respondido corretamente do ponto de vista científico. Disto depreende-se que há uma clara percepção de que, pelo menos em sua expressão formal para resolver o caso, os estudantes alteraram suas ideias iniciais (em que assumiam a água pura como sendo a ideal para o peixe, na medida em que estaria livre de resíduos).

Destaca-se o fato de terem sido realizadas pesquisas tanto para a obtenção da resposta do caso quanto para termos que classificam a qualidade da água (Tabela 5).

Tabela 5

Contagem das respostas dos estudantes e extratos representativos de cada categorização

Termos científicos	Extratos representativos	Representação	Contagem
Água Potável	<p>“É aquela que recebe tratamento específico para residência. É formada por sais minerais que não fazem mal à saúde que podem ser: Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn.” (7)</p> <p>“É toda água própria para consumo. Nenhuma água é</p>		4 (100%)

Termos científicos	Extratos representativos	Representação	Contagem
	formada apenas por H ₂ O, também são compostos sais dissolvidos, entre eles está o cloreto de sódio e entre outras diversas substâncias. A água potável pode conter outras substâncias, porém não faz mal à saúde.” (8)		
Água Pura	“É a água que possui apenas H ₂ O, sendo assim não possui nenhum outro tipo de substância” “A água pura (destilada) é totalmente livre de outras substâncias, isto é, apenas H ₂ O.” (9)		4 (100%)
Água Poluída	“É aquela que possui modificações em suas características físicas e químicas. Ao vermos uma água com coloração ou odor diferente, sabemos que ela é poluída. Entretanto, a coloração e o cheiro ruim podem ser provocados por substâncias que não provocam doenças no ser humano.” (10)	Não houve representações	4 (100%)

Fonte: Mendonça (2020).

A partir dos dados obtidos, infere-se que, apesar da descrição correta para o termo água potável, nenhum dos grupos expressa relações deste com o conceito de mistura. Contudo, verifica-se a intenção de representar esse sistema como um agrupado de entidades químicas. Então, mesmo não utilizando o termo mistura, houve a classificação correta do que seria água potável, ficando perceptível sua diferença em relação à substância pura (extratos 7, 8 e 9).

Ademais, a comparação entre os extratos evidencia a capacidade de diferenciação dos termos água pura, potável e poluída (extratos 7, 8, 9 e 10). Nesse sentido, destaca-se o modo de descrição para o termo água poluída, pois, apesar de a descrição ser correta, observa-se que, mais uma vez, os estudantes não chegam a uma classificação final utilizando linguagem química, classificando-a como sendo uma mistura (extrato 10).

Em contrapartida, ao longo das ações didáticas e pedagógicas da professora, houve o reconhecimento, por parte dos alunos, de quais sistemas eram misturas. Nessa situação, mesmo os discentes não empregando esses termos para descreverem os diversos tipos de água existentes, fica manifesta a aquisição de conteúdos conceituais da temática abordada.

Por certo, isso assevera a aquisição de conhecimentos em relação à necessidade de verificação dos componentes dentro dos sistemas para caracterizá-los. Ademais, fundamentado nas descrições de Furió e Dominguez (2007), explicita-se que as atividades de ensino de cunho investigativo foram cruciais para

que os alunos transitassem por diferentes representações do conhecimento químico; permitindo um avanço em relação às concepções alternativas iniciais.

Depreende-se que os achados desta pesquisa parecem ser expressivos quando se compara a complexidade das dimensões envolvidas na implementação de um modelo de planejamento alternativo diante das perspectivas meramente transmissivas de ensino.

Assim, presume-se que a aplicação e reflexão acerca da implementação da UDM é potencialmente útil para aproximar as ações teóricas e práticas de uma metodologia de ensino, bem como de envolver metacconhecimentos da prática profissional docente para a elaboração de atividades de ensino e aprendizagem (Ferrarini, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa-ação envolveu a implementação de uma UDM que abarcou a aplicação de uma metodologia investigativa de ensino pautado em SEI.

Conforme os dados apresentados, a metodologia pautada no Ensino por Investigação proporcionou aos estudantes do EF II momentos de reflexão e autonomia para a construção de conhecimentos científicos sobre substâncias e misturas atrelados a seu cotidiano.

Referente às ações didáticas e pedagógicas da UDM, destacam-se o levantamento de concepções alternativas de grupos de alunos acerca de substâncias e misturas. Tais perspectivas estavam relacionadas às noções de que a água pura corresponde a um material livre de resíduos; aos critérios macroscópicos que são responsáveis por identificar o tipo de água; à concepção de que misturas são sistemas com mais de uma fase visível e de que, conseqüentemente, a água poluída é uma mistura; já a água pura e a potável seriam a mesma coisa, pois não houve considerações relativas aos critérios submicroscópicos para diferenciá-las, ou seja, o termo puro foi associado à pureza e limpidez.

Essas concepções prévias faziam parte das ações envolvidas no uso de SEI e forneceram dados relevantes para assegurar a validade das tarefas propostas para a consolidação do planejamento didático-pedagógico, bem como a efetividade da aprendizagem dos alunos. Por sua vez, os dados empíricos compilados, após a etapa 3 e 4 da SEI, apontam para avanços importantes dessas concepções em direção aos conceitos científicos atuais.

Enfim, a implementação da UDM, fundada em uma perspectiva da pesquisa-ação, se apresentou como uma forma relevante de a professora pesquisa abordar os conceitos pertinentes à temática das substâncias e misturas, pois a proposta contempla um planejamento multiestratégico e pródigos momentos para reflexão para e sobre sua prática. No que diz respeito à intervenção didático-pedagógica, com o emprego do Estudo de Caso e de outras estratégias complementares, foram articulados os referidos conteúdos conceituais em torno de um plano de aula capaz de proporcionar aos alunos oportunidade para se aprofundarem em conhecimentos científicos, bem como lhes oferecer ferramentas da ciência para futuras investigações autônomas e vivências de trabalho colaborativo em grupo.

NOTAS

Os autores agradecem Lianelle Ayve Garcia Pereira pelo trabalho de tradução.

REFERÊNCIAS

- Alves, F. A. da S., & Gomes, G. A. (2021) O uso de recursos didáticos nas aulas de ciências das séries finais do Ensino Fundamental de uma escola pública em Viçosa do Ceará - CE. *ACTIO*, 6(1), 1-22.
<https://doi.org/10.3895/actio.v6n1.12735>
- Araújo, D. X., Silva, R. R., & Tunes, E. (1995) O Conceito de Substância em Química Aprendido por Alunos do Ensino Médio. *Química Nova*, 18(1), 80-90.
http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc41_1/05-CCD-67-18_ENEQ.pdf
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. 1. ed. São Paulo, SP: Edições.
- Bego, A. M. (2016). A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de Química. *Coleção Textos FCC (Online)*, 50, 55-72. <https://publicacoes.fcc.org.br/textosfcc/article/view/4316/3233>
- Bego, A. M. (2013) *Sistemas apostilados de ensino e trabalho docente: Estudo de Caso com professores de Ciências e gestores de uma Rede Escolar Pública Municipal*. (Tese de Doutorado em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo.
- Bego, A. M., Ferrarini, F. O. C., & Moralles, V. (2021). Resignificação dos estágios curriculares supervisionados por meio da implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas. *Educação Química em Punto de Vista*, 5, 5-28.
<https://doi.org/10.30705/eqpv.v5i1.2530>
- Bellas, R. R. D., Queiroz, I. R. L., Lima, L. R. F. C., & Silva, J. L. P. B. (2019). O Conceito de Substância Química e Seu Ensino. *Química Nova na Escola*, 41(1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160143>
- Brasil (2017). *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. Brasília, (DF).
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versao_final_site.pdf
- Brown, T. L., Lemay, H. E., & Bursten, B. E. (2005). *Química, A Ciência Central*. 9.ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. (pp. 1-20). Cengage Learning.
- Cavalcante, R. B., Calixto, P., & Pinheiro, M. M. K. (2014). Análise de Conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. *Informação & Sociedade: Estudos*, 24(1), 13-18.
<https://periodicos.ufpb.br/index.php/ies/article/view/10000>

- Ferrarini, F. O. C. (2020). *Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional no processo de implementação de unidades didáticas multiestratégicas para o ensino de Química no contexto da formação inicial de professores*. (Tese de Doutorado em Química), Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara.
- Flick, U. (2009). *Introdução à Pesquisa Qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Freire, P. (2015). *Pedagogia do Oprimido*. 59. ed. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra.
- Furió, C., Dominguez, M. C., & Guisasola, J. (2012). Diseño e Implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-128.
<http://hdl.handle.net/10550/38933>
- Furió, C., & Dominguez, M. C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87876/216410>
- Laburu, C. E., Arruda, S. M., & Nardi, R. (2003). Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência e Educação*, 9(2), 247-260.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200007>
- Lacerda, C. C., Campos, A. F., & Marcelino Jr, A. C. (2012). Abordagem dos Conceitos Mistura, Substância Simples, Substância Composta e Elemento Químico numa Perspectiva de Ensino por Situação-Problema. *Química Nova na Escola*, 34(2) 75-82. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/05-RSA-73-10.pdf
- Mendonça, K. L. (2020). *Implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica fundamentada no Ensino por Investigação para o ensino de substância e mistura para alunos do Ensino Fundamental*. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, 2020.
- Mendonça, K. L., Moralles, V. A, & Bego, A. M. (2019). Proposta de um Estudo de Caso para o ensino de Substância e Mistura no segundo ciclo do Ensino Fundamental. In: *XII Evento de Educação em Ensino 2019 (EVEQ 2019)*. Araraquara, SP.
- Milaré, T., & Alves Filho, J. P. (2010). A Química Disciplinar em Ciências do 9º ano. *Química Nova na Escola*, 32(1), 43-52. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120207>
- Moreira, M. A, & Rosa, P. R. S. (2009). *Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos*. 1. ed. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS.

- Mortimer, E. F., Machado, A. H., & Romanelli, L. I. (2000) A Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. *Química Nova*, 23(2), 273-283. <https://doi.org/10.1590/S0100-4042200000200022>
- Rocha-Filho, R. C., Tolentino, M., Silva, R. R., Tunes, E., & Souza, E. C. P. (1988). Ensino de Conceitos em Química. *Química Nova*, 11(4), 417-419.
- Sá, L. P., Francisco, C. A., & Queiroz, S. L. (2007). Estudos de caso em Química. *Química Nova*, 30(1), 731-739. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300039>
- Sanchez, G., & Valcárcel, M. V. P. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 423-437. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21692>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias em la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Silva, M. F. G., Barbosa, R. M. N., & Amaral, E. M. R. (2000). Substâncias e Misturas: Como os alunos compreendem no Ensino Fundamental. In: 23^o Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas, MG.
- Silva, L. P., Arruda, D. C., Filgueiras, L. A., & Silva, A. A. (2019). Ensino de química para as séries iniciais: análise de correspondência entre desenho animado e experimentação adotados como estratégia no curso de pedagogia para o ensino de ciências. *ACTIO*, Curitiba, 4(3), 226-247. <https://doi.org/10.3895/actio.v4n3.10499>
- Silva, A. L. S., Vivian, M. F., Goi, M. E. J., & Del Pino, J. C. (2023). Articulação entre a resolução de problemas e a experimentação balizada pela atividade experimental problematizada (AEP): uma proposta ao ensino de química. *ACTIO*, Curitiba, 8(1), 1-22. <https://doi.org/0.3895/actio.v8n1.16001>
- Tripp, D. (2005). Pesquisa – ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, v. 31(3), 443-466. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>
- Zanon, L. B., & Palharini, E. M. A. (1995). Química no Ensino Fundamental de Ciências. *Química Nova na Escola*, 2, 15-18. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/relatos.pdf>
- Zoca, C. C., Ferrarini, F. O. C., & Bego, A. M. (2023). Influências de uma proposta alternativa de planejamento didático-pedagógico no contexto da formação continuada de professores do ensino superior. *ACTIO*, 8(2), 1-21. <https://doi.org/0.3895/actio.v8n2.17016>

Recebido: 21 dez. 2023

Aprovado: 05 ago. 2024

DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v9n2.17960>

Como citar:

Mendonça, K. L., Ferrarini, F. O. C., & Bego, A. M. (2024). O peixe fora d'água: uma proposta investigativa para o ensino de substâncias e misturas no segundo ciclo do fundamental. **ACTIO**, 9(2), 1-21.
<https://doi.org/10.3895/actio.v9n2.17960>

Correspondência:

Karina Laurindo Mendonça

Vicinal Francisco José Zanin, n. 1650, Bairro Maria Luiza II, Araraquara, São Paulo, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

