

**Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Educação**

CECIMIG

**A CONSTRUÇÃO DE EXPLICAÇÕES POR ESTUDANTES A PARTIR DO
USO DE UM MATERIAL DIDÁTICO TEMÁTICO BASEADO EM
PRESSUPOSTOS CTS E NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Isabela Simone Silva Lélis

Belo Horizonte
Novembro de 2014

ISABELA SIMONE SILVA LÉLIS

**A CONSTRUÇÃO DE EXPLICAÇÕES POR ESTUDANTES A PARTIR DO
USO DE UM MATERIAL DIDÁTICO TEMÁTICO BASEADO EM
PRESSUPOSTOS CTS E NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

**Monografia apresentada ao Curso
de Especialização ENCI-UAB do
CECIMIG FaE / UFMG como
requisito parcial para obtenção de
título de Especialista em Ensino
de Ciências por Investigação.**

Orientadora: Ana Luiza de Quadros

Belo Horizonte
Novembro de 2014

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Camilo e Elci, e às minhas irmãs, Flávia e Luísa, agradeço pelo apoio, amor e pelo esforço que não mediram para permitir a minha caminhada até aqui.

Ao Alexandre, pelo companheirismo, dedicação, paciência e por entender a minha falta de tempo e o meu cansaço permanente.

Agradeço imensamente à Professora Ana Luiza, pelo empenho e disponibilidade para orientar este trabalho.

À tutora Janaína, pela grande dedicação ao ENCI e pelo incentivo dados a todos nós cursistas.

Aos estudantes participantes do projeto Práticas Motivadoras Para o Ensino de Química nas Escolas Públicas de Minas Gerais, que gentilmente responderam ao questionário.

Aos licenciandos participantes do projeto Práticas Motivadoras Para o Ensino de Química nas Escolas Públicas de Minas Gerais, em especial a Mariana e Naíra, que ajudaram na realização deste trabalho.

Aos meus amigos do ENCI Dani, Lili e Leo, pelos momentos que passamos juntos durante o curso.

Aos meus amigos da Editora Bernoulli e da Escola Estadual Isabel da Silva Polck, que muito contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

RESUMO

A utilização das tendências contemporâneas de ensino em aulas de Química têm se mostrado importante no processo de construção de significados. No entanto, a apropriação dessas tendências por professores tem sido um desafio. Nesse contexto, foi produzido e utilizado um material didático no qual algumas dessas tendências estão implícitas, principalmente o ensino por temas, o discurso dialógico e atividades investigativas. O presente trabalho analisa a construção de explicações de estudantes que utilizaram esse material didático. Assim sendo, este trabalho avalia qual a contribuição do material didático no aprendizado dos estudantes. Para tanto, foi desenvolvido um questionário com cinco perguntas sobre assuntos do cotidiano dos estudantes, que deveriam ser respondidas utilizando os conceitos abordados no material didático. Percebemos que a construção de explicações foi favorecida quando as explicações científicas trabalhadas em sala de aula têm relação com o contexto do estudante e, portanto, a utilização de um material didático temático se mostra um importante recurso de apoio à prática docente.

Sumário

1.Introdução / Justificativa	06
2.Objetivos	06
3.Referencial teórico.....	07
4.Metodologia.....	16
4.1.O Projeto Práticas Motivadoras de Química nas Escolas Públicas de Minas Gerais.....	16
4.2.O Material didático temático.....	17
4.3.Coleta de dados e metodologia de análise.....	18
5.Resultados obtidos e discussão	18
6.Considerações finais	38
7.Bibliografia.....	39
8. Anexo 01	42

1. Introdução / Justificativa

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), o Ensino Médio é a etapa conclusiva da Educação Básica e, portanto, não deve ser considerada apenas uma etapa preparatória para a universidade ou para a atuação profissional. Assim, o Ensino Médio deve “preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente.” (BRASIL, 2002, p.8). Além disso, de acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), a química deve ser entendida como instrumento cultural essencial na formação humana.

Dessa forma, o ensino de ciências não deve ser pautado apenas no ensino de leis, teorias e definições. É fundamental que a ciência seja aproximada do cotidiano dos estudantes e que sejam consideradas as concepções prévias que eles possuem, bem como a forma como efetivamente aprendem. Nessa perspectiva, é indicado o uso das tendências atuais de ensino, como o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e o ensino de ciências por investigação, com a finalidade de se promover um ensino de ciências que atenda aos pressupostos dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Neste trabalho, investigamos o desempenho de estudantes a partir do uso de um material didático produzido na UFMG, no qual estão implícitas algumas tendências contemporâneas de ensino.

2. Objetivos

Analisar a construção de explicações por estudantes que utilizaram um material didático temático baseado em pressupostos CTS e no ensino por investigação.

Avaliar qual a contribuição de um material didático, no qual estão inseridas algumas tendências contemporâneas de ensino, no aprendizado dos estudantes.

3. Referencial teórico

O livro didático é um dos recursos mais utilizados pelos professores e também muito discutido na literatura. Em alguns casos, inclusive, ele é a base de toda a prática docente. Diante disso, é muito importante que os livros didáticos disponíveis no mercado tenham qualidade ao discutirem os conteúdos e não contenham erros conceituais. Também é desejável que não promovam a formação de concepções alternativas.

Para tanto existe, no Brasil, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Trata-se de um programa do governo federal que tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica, inclusive com alguns materiais para alunos que são público-alvo da educação especial. Após a avaliação das obras, o Ministério da Educação (MEC) publica o Guia de Livros Didáticos com resenhas das coleções aprovadas. O guia, assim como uma coleção de cada livro, é encaminhado às escolas, que escolhem, entre os títulos disponíveis, aqueles que melhor atendem ao seu projeto político pedagógico. O PNLD ocorre em ciclos trienais alternados, de forma que a cada ano o MEC adquire e distribui livros para todos os alunos de um segmento, que pode ser: anos iniciais do ensino fundamental, anos finais do ensino fundamental ou ensino médio.

No Guia de Livros Didáticos de 2015, assim como em ciclos anteriores, a avaliação dos livros didáticos de química foi realizada baseada em critérios definidos previamente em Edital. Além de considerar as questões contemporâneas do ensino e da Educação, observou-se também os seguintes aspectos: projeto editorial, observância da legislação brasileira, abordagem teórico-metodológica e proposta didático-pedagógica, correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos; manual do professor e análise do conteúdo digital.

As obras avaliadas e aprovadas pelo PNLD 2015 para a disciplina química foram:

a) Química. Autora: Martha Reis

De acordo com a análise disponível no Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2014), nesta obra a abordagem supera visões de ensino de Química baseadas exclusivamente em regras, nomenclatura e resoluções de questões de vestibulares, proporcionando, com isso, que os alunos tenham maiores condições de argumentar sobre questões que relacionam ciência, tecnologia e sociedade. Além disso, nesta obra valorizam-se as relações entre conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais. Os textos propostos para leitura possibilitam a contextualização dos conceitos químicos, por meio de uma proposta clara e objetiva, que considera conhecimentos prévios dos alunos e sugere atividades de discussão e trabalho coletivo. Trata-se de uma coleção mais tradicional, em que o contexto é trabalhado na forma de explicação.

b) Química. Autor: Eduardo Fleury Mortimer / Andrea Horta Machado

De acordo com a análise disponível no Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2014), a coleção apresenta uma concepção teórico-metodológica que tem por base uma proposta de ensino inovador de Química, a qual valoriza pressupostos da abordagem comunicativa. A proposta da coleção considera os conhecimentos prévios dos alunos, e proporciona a contextualização dos conhecimentos, a realização de atividades e projetos interdisciplinares, os trabalhos em grupo e a experimentação. Em todos os volumes da coleção, os temas são apresentados a partir de atividades ou textos que promovem a participação dos estudantes, com questionamentos que visam reconhecer o conhecimento ou as opiniões que eles já possuam. Os diferentes conteúdos de Química são introduzidos de maneira fenomenológica, a partir da descrição de situações-problema e/ou por textos que apresentam a Química em diferentes situações do cotidiano. A coleção trata os diferentes conteúdos de maneira não “conteudista”, evitando a apresentação de definições e fórmulas e a aprendizagem mecânica dos diferentes temas estudados, valorizando, assim, a autonomia e o pensamento crítico dos estudantes.

c) Química Cidadã. Autores: Eliane Nilvana Ferreira de Castro / Gentil de Souza Silva / Gerson de Souza Mól / Roseli Takako Matsunaga / Salvia Barbosa Farias / Sandra Maria de Oliveira Santos / Siland Meiry França Dib / Wildson Luiz Pereira dos Santos

De acordo com o Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2014), a obra apresenta como foco o desenvolvimento e o exercício da cidadania dos estudantes, que são considerados como sujeitos ativos na construção de conhecimento, bem como na aprendizagem significativa em Química. Os conceitos fundamentais da Química são abordados de forma contextualizada e interdisciplinar, explicitando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Os temas sociocientíficos têm uma abordagem fenomenológica relativa ao cotidiano dos estudantes, traz aspectos macroscópicos como um elemento motivacional, e considera adequadamente a etapa de desenvolvimento cognitivo do estudante como condição para trabalhar conhecimentos químicos que exigem abstração para a construção de modelos explicativos dos fenômenos da natureza. Outra característica relevante da obra é a abordagem dos conhecimentos químicos em perspectiva sócio-histórica, apresentando uma visão de ciência de natureza humana, marcada pelo seu caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo.

d) Ser Protagonista. Autor: Murilo Antunes

De acordo com o Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2014), a coleção valoriza os conceitos estruturadores do conhecimento químico, tais como substância química e transformação química. Além do desenvolvimento conceitual, habilidades, atitudes e valores também são preocupações da coleção, que propõe atividades práticas ou teóricas que levam os alunos a comparar, descrever, opinar, julgar, visando à formação para a cidadania. A coleção é estruturada a partir de três eixos: contexto sociocultural, história e experimentação, sendo que no eixo contexto sociocultural procura relacionar os conteúdos abordados com o cotidiano dos estudantes, buscando atribuir maior relevância e significado a eles. A coleção também busca articular os conteúdos da disciplina Química com outras áreas de conhecimento e com a realidade do

aluno e uma atividade denominada “Projetos”, visa estimular o protagonismo juvenil, desenvolvendo tarefas que envolvem a comunidade escolar.

Observou-se que as obras aprovadas possuem em comum certo distanciamento de práticas pedagógicas tradicionais, tão criticadas pela comunidade especializada na área. Foram escolhidas coleções que se apropriam de algumas tendências atuais de ensino, tais como o ensino por investigação, algumas perspectivas do movimento CTS, a abordagem comunicativa e a contextualização.

Nesse contexto em que os livros didáticos assumem grande destaque nas salas de aula, sobretudo da disciplina química, desenvolveu-se um material didático que chamamos de alternativo (por ser temático) a partir das aulas planejadas para o Projeto Práticas Motivadoras do Ensino de Química. O material foi construído de forma que alguns pressupostos amplamente discutidos pela comunidade especializada na área estivessem implícitos. Entre esses pressupostos destacamos a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), a abordagem comunicativa, o ensino por investigação e o papel da experimentação no ensino de química. Assim, passamos a explorar um pouco o que a literatura traz sobre cada um deles.

A abordagem CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

Segundo Barbosa (2010), o movimento CTS surgiu na década de 60, em decorrência das denúncias feitas pelos movimentos ambientais e do reconhecimento de que a ciência não é neutra. Esses dois fatores lançaram questionamentos sobre o impacto da ciência e da tecnologia no meio ambiente. Aos poucos algumas perspectivas presentes no movimento CTS foram sendo incorporadas no ensino.

De acordo com Santos e Mortimer (2002), os currículos com ênfase em CTS não têm como objetivo mostrar apenas o lado bom ou ruim da ciência, como é mostrado pela mídia, mas têm como objetivo disponibilizar meios que permitam ao cidadão agir, tomar decisões e compreender o que está sendo discutido na sociedade. A abordagem CTS também pode ser caracterizada como o ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico

com a tecnologia e com o mundo social (HOFSTEIN, AIKENHEAD e RIQUARTS, 1988). A proposta curricular de CTS, segundo López e Cerezo (1996) corresponde a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos.

A partir de alguns pressupostos discutidos para um ensino de Ciências em uma perspectiva CTS, as aulas temáticas ou a organização de conteúdos específicos a partir de um tema que seja amplamente conhecido pelos estudantes é uma opção consistente, pois, com isso, os estudantes podem perceber mais facilmente a relação da química com o contexto em que vivem. De acordo com Quadros (2004), ao fazermos um ensino pautado em conteúdos, distribuimos uma grande quantidade de informações científicas e esperamos que os alunos sejam capazes de fazer as relações que permitam a eles explicarem fenômenos naturais ou utilizar aquele conhecimento em algum problema diário. Entretanto, pesquisas mostram que essas informações não são apreendidas de maneira efetiva pelos estudantes, que continuam a não associar os conceitos aprendidos na escola com as situações que vivenciam no dia a dia. A partir dessas evidências, verifica-se a importância da utilização de propostas alternativas que busquem relacionar os conhecimentos científicos com a tecnologia e com o impacto social das mesmas, como propõe a abordagem CTS.

Assim, a abordagem CTS considera que o ensino das ciências deve corresponder às necessidades atuais dos cidadãos que vivem em um mundo permeado por tecnologia. Nesse contexto se torna cada vez mais necessário o posicionamento crítico do cidadão frente aos debates de interesse coletivo.

A abordagem comunicativa

Mortimer e Scott (2002) criaram uma ferramenta para analisar maneiras através das quais professores interagem com alunos para promover a construção do significado no plano social das aulas de ciências na escola secundária. Essa ferramenta pode ser utilizada tanto como instrumento de

análise de aulas, como também para auxiliar no planejamento das aulas, que orienta o trabalho dos professores.

A estrutura analítica que constitui uma ferramenta para analisar as interações e a produção de significados em sala de aula de ciências apresentada pelos autores é baseada em cinco aspectos relacionados que são focados no papel do professor. Esses aspectos são agrupados em termos de foco de ensino (intenções do professor e conteúdo), abordagem (abordagem comunicativa) e à ação (padrões de interação e intervenções do professor).

Para o desenvolvimento deste trabalho, daremos destaque à abordagem comunicativa. O conceito de 'abordagem comunicativa' é central na estrutura analítica, fornecendo a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação. (Mortimer e Scott, 2002, p.287).

Mortimer e Scott (2002) caracterizam o discurso entre professor e alunos ou entre alunos em termos de duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não-interativo. O discurso dialógico ocorre quando o professor considera o que os estudantes têm a dizer do ponto de vista dos próprios estudantes, ao passo que o discurso de autoridade ocorre quando os estudantes apresentam ideias ou dúvidas que não contribuem para o desenvolvimento da aula e o professor tende a reformulá-las ou ignorá-las. Em relação à segunda dimensão da abordagem comunicativa, há a distinção entre o discurso interativo, aquele que ocorre com a participação de mais de uma pessoa, e o discurso não-interativo, que ocorre com a participação de uma única pessoa. Essas duas dimensões podem ser combinadas para gerar quatro classes de abordagem comunicativa: Interativa e dialógica (I/D), que ocorre quando o professor permite a interação dos alunos e discute diversos pontos de vista e não apenas o da ciência; Interativa e de autoridade (I/A), que ocorre quando o professor permite a interação com seus alunos, mas considera apenas o ponto de vista científico e avalia as contribuições dos estudantes; Não-interativa e dialógica (NI/D), que ocorre quando o professor pode ele mesmo discutir vários pontos de vista, mas não permitir a participação dos estudantes; e Não-interativa e de autoridade (NI/A), que ocorre quando o

professor não permite a participação da classe e discute apenas questões sob o ponto de vista da ciência.

Ensino por investigação

Em relação aos aspectos históricos sobre o Ensino de Ciências, Zômpero e Laburú (2011) afirmam:

Durante o período compreendido entre a segunda metade do século XIX e os dias atuais, o ensino de Ciências apresentou diferentes objetivos que tiveram como base, principalmente, as mudanças vigentes na sociedade em suas diferentes épocas, considerando aspectos políticos, históricos e filosóficos. (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011, p. 68)

Na década de 1970, com os agravos causados ao meio ambiente, o Ensino de Ciências passou novamente a ter a preocupação de propor uma educação que levasse em conta os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico. Nessa perspectiva, o ensino por investigação era utilizado como orientação para ajudar os estudantes a pesquisar problemas sociais como o aquecimento global, a poluição, dentre outros. (Zômpero e Laburú, 2011, p. 72)

O objetivo do ensino por investigação é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conhecimentos teóricos do qual se apropriaram.

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação. Isso significa que o aluno, além de observar e manipular, deve refletir, discutir e relatar, caracterizando, assim, uma investigação científica. Além disso, a investigação deve ser fundamentada, ou seja, é importante que a investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado. Algumas características consideradas importantes nas atividades de caráter investigativo são:

1. conter um problema;
2. ser, sempre que possível, generativas;
3. propiciar o desenvolvimento de argumentos, por meio de coordenação de enunciados teóricos e evidências, bem como considerar a multiplicidade de pontos de vista em disputa ou a serem coordenados;
4. motivar e mobilizar os estudantes, promover o engajamento destes com o tema em investigação;
5. propiciar a extensão dos resultados encontrados a todos os estudantes da turma.

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo. No ensino por investigação, é fundamental que a resolução de problemas considere a participação intensa dos alunos e, para isso, o aluno deve aprender a pensar, elaborar raciocínios, verbalizar etc.

O papel da experimentação

Temos percebido, na nossa experiência com a docência, que a experimentação desperta um grande interesse entre os alunos em todos os níveis de escolarização, sobretudo devido ao caráter motivador e lúdico que estão atrelados a essa prática. A experimentação é uma alternativa para aumentar o envolvimento dos estudantes, e trazer os conceitos científicos para explicar os fatos/fenômenos observados no experimento, o que pode resultar em maior aprendizado. De acordo com Marcelo Giordan (1999), a elaboração do conhecimento científico apresenta-se dependente de uma abordagem experimental, porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação.

No ensino de ciências, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e ser um estímulo para que o estudante desenvolva a sua capacidade de argumentação. Nessa perspectiva, o conteúdo a ser trabalhado é inserido

como resposta aos questionamentos feitos pelos educandos durante a interação com o contexto criado.

Segundo Izquierdo e cols. (1999 *apud* Guimarães, 1999, p. 198), a experimentação na escola pode ter diversas funções: ilustrar um princípio, desenvolver atividades práticas, testar hipóteses ou como investigação. No entanto, essa última, de acordo com os mesmos autores, é a que mais ajuda o aluno a aprender. Embora a experimentação possa ser utilizada para demonstrar os conteúdos trabalhados, a utilização da experimentação na resolução de problemas pode tornar a ação do educando mais ativa.

O trabalho do professor segundo Vygotsky

Usando como base os estudos de Vygotsky, a psicologia sócio-histórica concebe o desenvolvimento humano a partir das relações sociais que o sujeito estabelece no decorrer da vida. Neste referencial, o processo de ensino-aprendizagem se constitui por meio das interações que acontecem nos diversos contextos sociais. Com isso, se considerarmos a sala de aula, o aprendiz constrói significados por meio das interações entre os sujeitos ali presentes.

Nosso contato com leituras que trazem a teoria sócio-histórica para o ensino de Química nos mostra que a Zona de Desenvolvimento Proximal é um conceito chave na teoria de Vygotsky (1988,1993). Segundo esse pesquisador, existe um conhecimento que o estudante já tem, o qual é chamado de “Nível de Desenvolvimento Real” um potencial que pertence a esse sujeito, que o autor chama de “Nível de desenvolvimento Potencial”. A distância entre o NDR e o NDP é o que Vygotsky chama de Zona de Desenvolvimento Proximal.

A partir do entendimento da psicologia sócio-histórica, entendemos que o trabalho do professor é auxiliar o estudante a evoluir os seus conhecimentos. Isso significa que o professor vai auxiliá-lo a ir do NDR ao NDP. Assim, quando tratamos de um conceito novo em sala de aula, o estudante dará a esse conceito um significado próprio, que dependerá do seu NDR. A cada vez que o professor retoma esse conceito, o seu significado deve ser “negociado”, para que o estudante possa evoluir conceitualmente. Isso só será possível se o

professor der voz ao estudante na sala de aula, tornando-o corresponsável pela própria aprendizagem.

Não há outra possibilidade de trabalho para o professor que não inclua a ZDP e a negociação constante de significados para os conceitos científicos.

4. Metodologia

4.1 O Projeto práticas motivadoras para o ensino de química nas escolas públicas de Minas Gerais

O Projeto práticas motivadoras para o ensino de química nas escolas públicas de Minas Gerais faz parte do Programa Nacional de Olimpíadas de Química e vem sendo realizado desde 2011. Este projeto tem o financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e é desenvolvido pelo departamento de Química da UFMG. A organização do projeto é semelhante ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID e conta com a participação de professores em formação do curso de Licenciatura em Química da UFMG.

O objetivo do projeto é o planejamento e a execução de aulas temáticas que promovem o prazer por aprender Química em estudantes do Ensino Médio das escolas públicas estaduais participantes. O projeto também tem como objetivo apresentar aos professores em formação as tendências contemporâneas de ensino de ciências.

O curso foi organizado por meio de temas de interesse da química e presentes no contexto social dos estudantes, pois, dessa forma, acreditamos que o interesse dos estudantes pela química aumenta. Os conceitos químicos necessários para o entendimento dos temas foram relacionados e apresentados ao longo das aulas do projeto.

As aulas do projeto são ministradas utilizando tendências contemporâneas de ensino, principalmente no que diz respeito à aulas interativas e dialógicas. Essas aulas dialógicas têm como objetivo discutir amplamente as ideias dos estudantes e fazê-las evoluir, além de ser uma estratégia para envolver os alunos nas atividades propostas.

4.2 O Material didático temático

O material didático temático surgiu a partir das aulas planejadas para o Projeto Práticas Motivadoras para o Ensino de Química. Estas aulas foram revisadas e escritas utilizando textos, gráficos, tabelas, explicações e ilustrações, com o objetivo de auxiliar os professores a trabalhar com os temas apresentados, auxiliar no aprendizado dos estudantes e também divulgar o trabalho realizado pelo grupo.

A construção das aulas e dos textos se deu a partir de questões do meio ambiente como um tema gerador do ensino de Química. Além do ensino por temas, o material apresenta uma abordagem que pretende que o professor desenvolva uma aula mais dinâmica. O texto se organiza em torno de uma série de questionamentos que, muitas vezes, são introduzidos a partir de um experimento ou de uma questão problema, que ajuda o professor a iniciar uma discussão com seus alunos. Muitos conceitos que são apresentados são retomados posteriormente, dando ao aluno a oportunidade de aplicar os conhecimentos em outras situações.

O primeiro módulo trata do ciclo da água e como ele interfere no meio ambiente. O texto propõe que o estudo comece com a construção de um terrário, no qual os alunos devem adicionar a uma garrafa PET, cortada e transparente, um pouco de terra, carvão vegetal, um ramo de planta e água e fechar a garrafa. Este experimento simples é motivador para estudar as etapas do ciclo da água: a evaporação, a condensação e a precipitação. Para isso, uma série de conceitos importantes pode ser discutida como temperatura de ebulição, pressão de vapor, diagrama de fases e ponto tríplice. Esse tema se baseou na proposta de Quadros (2004).

O segundo módulo trata das relações entre densidade, solubilidade e água, que são conceitos importantes para entender as interações da água no ambiente e sua relação com os seres vivos. O estudo do conceito de densidade é proposto através de experimentos e o de solubilidade através da análise de rótulos de água mineral, levando os alunos a refletir sobre a diferença entre água doce e salgada, entre água destilada e deionizada e outros.

Outros módulos estão sendo construídos pela equipe coordenadora do projeto e não foram objeto de análise nesse trabalho.

4.3 Coleta de dados e metodologia de análise

Foi construído um questionário (Anexo 01) com 05 perguntas sobre assuntos relacionados com o cotidiano dos estudantes que participaram do projeto. Para responderem às perguntas, os alunos deveriam usar os conceitos trabalhados durante as aulas do projeto e presentes no material didático temático. Esse questionário tinha o intuito de avaliar se o material didático e as aulas contribuíram para que os estudantes conseguissem explicar situações ou fatos do cotidiano utilizando o conhecimento científico.

O questionário foi aplicado somente após os estudantes terem participado das aulas referentes aos cinco primeiros módulos, sendo que as questões propostas se referiam aos módulos 01 e 02 do material didático. Este estudo envolveu as respostas de 40 estudantes e avaliamos cada um dos questionários. Para essa avaliação construímos categorias de análise baseadas nos dados encontrados. Após isso, classificamos as respostas de acordo com as categorias de análise, analisando os resultados encontrados.

5. Resultados obtidos e discussão

Na questão 01 (Anexo 01) esperava-se que os alunos se apropriassem dos conceitos abordados durante a primeira aula do Projeto e também no primeiro módulo do material didático que foi desenvolvido, intitulado “Discutindo o ciclo da água”. Um dos assuntos discutidos nesse módulo é a formação e a constituição das nuvens. Para isso a neblina, cuja formação é semelhante ao ocorrido na chaleira presente nessa questão, foi trazida para o contexto, com vistas a entender porque a água líquida não cai por ação da gravidade. Sendo assim, esperava-se que os alunos respondessem que a turvação na atmosfera (“fumacinha”), observada apenas na região 2, ocorre devido à presença de gotículas de água condensada suportada por uma grande quantidade de água no estado gasoso, ou seja, de vapor. Ao analisarmos as explicações

construídas pelos estudantes a essa pergunta, dividimos as respostas destes por categorias:

A) Explicação coerente - explicações que relacionam a turvação na região 2 à condensação do vapor de água e/ou à presença de água no estado líquido e no estado gasoso.

B) Explicação incompleta - explicações que relacionam a turvação na região 02 apenas à presença de gás/vapor ou à evaporação da água. Nesses casos não houve tentativa de explicar a diferença entre as regiões 1 e 2.

C) Explicação inconsistente - explicações que relacionam a turvação na região 2 à separação de partículas, à presença de CO₂, à reação com a atmosfera à ocorrência de choque térmico ou à presença de água nos estados físicos sólido, líquido e gasoso.

Além dessas categorias mais gerais, criamos mais uma categoria diretamente relacionada ao que foi trabalhado nas aulas, mas que não representavam explicações coerentes. Nessa categoria, os equívocos cometidos pelos estudantes estão relacionados a conceitos amplamente trabalhados nas aulas. Esse equívoco, ao que nos parece, refere-se a um erro conceitual presente em muitas pessoas e trazido por alguns estudantes nas aulas.

D) Vapor como líquido - explicações em que percebeu-se que os alunos tratam o vapor e o gás como estados físicos diferentes.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 1, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Explicação coerente	12
Explicação incompleta	14
Explicação inconsistente	07
Vapor como líquido	3
Não responderam	4

Tabela 1 – Explicação dos estudantes sobre o vapor liberado em chaleira com água em ebulição.

Ao analisarmos os dados presentes na tabela 1, verifica-se que 12 alunos apresentaram uma explicação coerente sobre o motivo de ser possível visualizar uma turvação na atmosfera apenas na região 2. Mesmo que muitas explicações fornecidas a essa questão tenham apresentado algumas inconsistências, as respostas desse grupo de estudantes constituem um indício de que as discussões ocorridas no ambiente social foram apropriadas por esse grupo. Eles conseguiram utilizar conceitos aprendidos nas aulas temáticas em uma situação-problema diferente. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Porque mais próximo ao bico a temperatura é maior e quando o vapor d'água vai se afastando ele vai perdendo calor para o meio e, assim, observa-se a condensação. (E1)

Na região 1, a temperatura é maior e não se vê a formação da turvação, que é a mistura de moléculas de água no estado líquido e gasoso. (E2)

Porque a menor temperatura da região 2, quando em contato com o vapor da água a transforma em gotículas de água, como se estivesse voltando ao estado líquido. (E3)

A resposta de E1 estava se referindo à condensação do vapor d'água. Esse estudante conseguiu associar a turvação à presença de água no estado líquido, na medida em que citou que a “fumacinha” é proveniente da

condensação do vapor. Nas respostas de E2 e de E3, embora sejam mais resumidas, há a afirmação de que na região 2 (da turvação) há a mistura de água no estado de vapor e no estado líquido.

Um olhar para os vídeos das aulas nos mostra que a concepção mais geral entre os estudantes, trazidas do cotidiano, é de que a neblina ou mesmo as nuvens são formadas pelo vapor d'água e, por isso, conseguimos vê-las. Em uma das aulas um dos estudantes afirmou, inclusive, que a neblina era formada por água em um estado intermediário entre o gás e o líquido. Nas respostas desses 12 estudantes percebemos que a explicação discutida para a constituição das nuvens e da neblina foram usadas para explicar a “turvação” da região 2 da chaleira.

Na categoria de explicações incompletas estão as respostas de 14 estudantes. Esse grupo, ao que nos parece, se apropriou de algumas explicações que circularam na sala de aula, mas está em processo de elaboração conceitual. Selecionamos algumas respostas que foram classificadas nessa categoria.

Porque quando ela está saindo da chaleira é bastante quente e o gás quente não dá para ver. Já quando está um pouco mais distante, é água que vem da evaporação dela. (E4)

As moléculas de água (vapor) na região 1 são pequenas e intensas e por isso não vemos. Na região 2 elas estão mais agrupadas e já podem ser vistas. (E5)

A resposta fornecida por E4 traz alguns poucos indícios de que esse estudante está pensando em termos de evaporação e condensação, porém ser saber se expressar em uma linguagem científica. Ao afirmar que o gás não pode ser visto, o aluno pode estar falando do vapor presente na região 1 e ao afirmar que a região mais distante - região 2 - tem água resultante da evaporação, o aluno pode estar pensando em termos de condensação. Na resposta de E5 inferimos que o estudante trata de vapor como pequenos agrupamentos de moléculas de água e, por isso, intensos e a “fumacinha”

como agrupamentos maiores, que podem ser vistos. Temos consciência de que esses estudantes, mesmo que tenham mostrado uma pequena ideia sobre o fenômeno em questão, precisam ser chamados a repensar esse fenômeno, em um processo de “negociação” de explicações/concepções.

Na categoria de explicações inconsistentes estão as respostas de 07 estudantes. Muitas explicações classificadas nessa categoria foram baseadas em informações trazidas do cotidiano, sem se apropriar das informações que circularam na sala de aula. Além disso, também classificamos nessa categoria questões em que se percebeu a apropriação de conceitos discutidos nas aulas, porém de maneira incoerente. Selecionamos algumas respostas que foram classificadas nessa categoria.

Porque na região 1, a fumacinha não aparece por causa da pressão atmosférica, que a impede. O ar, no começo “bloqueia”, já na região 2 ele está indo livremente. (E6)

Pois a passagem da fumaça no 1 é estreita e apertadinha, chegando no 2 ela se expande. (E7)

Porque na região 1 há apenas dois estados: o líquido e o sólido. E na região 2 há três estados: o sólido, o líquido e o gasoso, que faz parte do ar atmosférico onde há gás carbônico que faz com que a fumacinha esteja visível. (E8)

Os estudantes E6 e E7 não consideraram, em suas explicações, os estados físicos da matéria nem os processos de mudança de fase, o que indica que eles não foram capazes de associar os conceitos discutidos em sala de aula com o fenômeno apresentado na questão. As respostas dadas por esses estudantes indicam que eles utilizaram conhecimentos do senso comum.

O estudante E8, por sua vez, embora tenha se apropriado de conceitos discutidos nas aulas, fez relações equivocadas. Nas aulas do Projeto, houve discussão sobre a formação de nuvens na região em que a associação dos

fatores pressão atmosférica e temperatura levam ao ponto tríplice. Como a aparência da turvação é semelhante à aparência das nuvens, o estudante fez essa ligação e respondeu que na região 02 há água nos três estados físicos.

Na categoria gás e vapor como estados físicos diferentes estão as respostas de 03 estudantes. Tanto gás quanto vapor correspondem à matéria no estado gasoso e, portanto, possuem algumas características em comum, como o fato de não serem visíveis. Entretanto, o conhecimento trazido da cultura do cotidiano, muitas vezes os caracterizam como sendo dois estados físicos diferentes e, ainda, que o vapor pode ser visto, enquanto o gás não. Selecionamos duas respostas que foram classificadas nessa categoria.

A água na região 1 ainda está no estado gasoso e na região 2 já passou para o vapor. (E9)

Só é possível ver a fumacinha porque se trata de vapor de água. Na região 1 se trata somente de gás, que não conseguimos ver. (E10)

Para o estudante E9, fica claro que ele entende que gás e vapor são estados físicos diferentes, sendo que o vapor corresponde ao estado físico líquido. Para o estudante E10 também fica claro que gás e vapor são estados físicos diferentes e, além disso, ainda há a afirmação de que gás não pode ser visto, enquanto vapor de água é visível.

Na questão 02 (Anexo 01), que trata da ocorrência do processo de salinização em solos irrigados, também esperava-se que os alunos se apropriassem dos conceitos abordados durante a primeira aula do Projeto e no primeiro módulo do material didático produzido, no qual um dos assuntos discutidos foi o ciclo da água na natureza. Para isso os professores utilizaram um terrário, que representava um modelo no qual era possível aos estudantes terem uma ideia mais próxima sobre o ciclo da água. Ao estudarem esse ciclo, a água da chuva foi, em alguns momentos, comparada a água destilada. Sendo assim, esperava-se que os alunos respondessem que a salinização de solos que são irrigados com água doce ocorre porque a água utilizada na irrigação contém um conjunto de íons dissolvidos nela. Como no ciclo da água ocorre a evaporação apenas da água, os compostos inicialmente nela

dissolvidos permanecem no solo, provocando, então, o acúmulo desses compostos no solo. As respostas a essa pergunta foram divididas nas seguintes categorias:

A) Explicação coerente - explicações que relacionam a evaporação apenas da água e à permanência dos sais minerais no solo. Além disso, consideramos corretas, também, as respostas que relacionam a salinização ao fato de a água utilizada na irrigação conter um conjunto de íons dissolvidos.

B) Explicações incompletas - explicações que relacionam a salinidade à diminuição da qualidade do solo.

C) Explicações inconsistentes - explicações que relacionam a salinização ao “encharcamento” / ”afogamento” do solo, questões que tratam a salinização como um fenômeno que beneficia o solo e explicações que relacionam a salinização com a dispersão de nutrientes no solo ou com a transmissão de nutrientes para as plantas.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 2, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Explicação coerente	15
Explicação incompleta	5
Explicação inconsistente	18
Não responderam	2

Tabela 2 – Explicação dos estudantes sobre a salinização do solo associada à irrigação

Ao analisarmos a tabela 2, é possível verificar que 15 alunos apresentaram uma explicação coerente sobre o porquê de ocorrer salinização em solos irrigados. A maioria desses estudantes citou isoladamente um dos fatores que são responsáveis por promover a salinização do solo. Uma parte

desses estudantes citou que a água utilizada na irrigação já possui compostos dissolvidos e outra parte citou que apenas moléculas de água passam para o estado gasoso. Ainda assim, as respostas desse grupo de estudantes constituem um indício de que as discussões ocorridas no ambiente social foram apropriadas por esse grupo, uma vez que eles conseguiram utilizar conceitos trabalhados nas aulas temáticas em uma situação-problema diferente. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Porque a água usada para isso está cheia de sais minerais. (E3)

Pois a água contém alguns sais, e após a irrigação a água evapora e os sais ficam no solo, o que implica na salinização do solo. (E11)

Porque a água evapora e só fica o sal no solo. (E13)

Na resposta dada pelo estudante E3, foi abordado apenas o fato de a água utilizada na irrigação já possuir íons dissolvidos. Mesmo assim, essa explicação foi considerada coerente porque o aluno foi capaz de associar o fato de a água da chuva ser praticamente isenta de íons dissolvidos e a água utilizada na irrigação, normalmente proveniente de rios, represas ou açudes, ter íons dissolvidos em quantidade consideravelmente superior à água da chuva. Na resposta dada pelo estudante E13, embora não esteja claro que na água utilizada na irrigação há íons dissolvidos, inferimos que o estudante tem consciência disso já que ao falar sobre o processo de evaporação, ele enfatiza que apenas a água evapora, enquanto o sal permanece no solo. A resposta dada pelo estudante E11, por sua vez, contempla os dois fatores que consideramos importantes em uma resposta coerente, que é a presença de íons dissolvidos na água utilizada na irrigação e o entendimento correto do ciclo da água, em que ocorre a evaporação apenas de água.

Na categoria explicações incompletas estão as respostas de 05 estudantes. Nessa categoria classificamos as questões que relacionaram a salinização como um fenômeno prejudicial ao solo, mas que não se

apropriaram dos conceitos discutidos durante as aulas sobre o ciclo da água, para poderem embasar melhor as explicações dadas. A seguir transcrevemos uma resposta que encaixamos nessa categoria.

A salinização ocorre pelo acúmulo de sal naquele solo, devido à frequente irrigação que carrega os sais minerais do solo para diferentes profundidades e para as raízes das plantas. (E2)

Na resposta dada pelo estudante E2, nota-se que ele sabe que a salinização ocorre por meio do acúmulo de sais no solo. Entretanto, os fatores que levam a essa salinização, como explicado na categoria anterior, não foram discutidos na explicação.

Na categoria explicações inconsistentes estão as respostas de 18 estudantes. Nessa categoria os alunos demonstraram não saber o que é o processo de salinização e, além disso, não foi possível perceber nas explicações, indícios de que os alunos se apropriaram de conceitos trabalhados em sala de aula para explicar o fenômeno apresentado. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

O sal absorve a água do solo. (E14)

Porque é como se o solo ficasse “aguado” o sal dele é perdido para a grande quantidade de água. O solo é afetado também se na irrigação a água é mal distribuída. (E6)

As respostas dadas pelos estudantes E6 e E14 evidenciam que elas foram baseadas em informações trazidas do senso comum. É muito difundido culturalmente o fato de que ocorre a passagem de água de um meio menos concentrado em sal para um meio mais concentrado e, por isso, alguns estudantes podem ter relacionado à palavra salinização à ocorrência de tal fenômeno exposto nas explicações, como o E14.

A questão 03 (Anexo 01), que possui três alternativas, trata da análise e interpretação do diagrama de fases do dióxido de carbono. Com ela esperava-

se que os alunos se apropriassem dos conceitos abordados também durante a primeira aula do Projeto e no primeiro módulo do material didático produzido, na qual discutiu-se o diagrama de fases da água.

Na alternativa A, os alunos deveriam identificar, a partir do diagrama de fases do CO₂, o estado físico desse gás quando submetido à determinada condição de pressão e de temperatura. Na alternativa B, os alunos deveriam explicar o motivo pelo qual o dióxido de carbono encontra-se no estado líquido dentro de um extintor de incêndio e imediatamente evapora ao sair desse dispositivo. Na alternativa C, os alunos deveriam informar os procedimentos que devem ser realizados para que uma amostra de dióxido de carbono supercrítico se transformasse em dióxido de carbono no estado gasoso. Vale lembrar que o estado supercrítico não foi tratado em qualquer uma das aulas que esses alunos assistiram.

Como resposta à alternativa A, esperava-se que os alunos respondessem estado gasoso e, como resposta à alternativa C, esperava-se que os alunos percebessem que apenas uma redução na pressão já seria suficiente para que houvesse a formação de CO₂ no estado gasoso. Já em relação à alternativa B, os alunos deveriam justificar a transformação do CO₂ líquido em CO₂ gasoso a partir da diferença de pressão existente dentro e fora do extintor de incêndio.

Obtivemos respostas satisfatórias para as alternativas A e B, entretanto, para a alternativa C, foram obtidas tentativas de respostas como as apresentadas a seguir:

A temperatura deve se reduzir para uma que fique entre -56,4 °C e 31,1 °C, enquanto a pressão deve estar entre 5,11 atm e 31,1 atm.

(E3)

À uma pressão entre 5,11 e 73 atm e temperatura de -56,4 °C e 31,1 °C. (E15)

O diagrama de fases da água foi discutido na primeira aula do Projeto. Entretanto, nessa nova situação apresentada ficou claro que os alunos não se apropriaram adequadamente das discussões ocorridas em sala de aula.

Observou-se, nas explicações dadas, que os alunos se restringiram a apresentar valores de pressão e de temperatura em que o CO₂ é encontrado no estado gasoso. Além disso, em alguns casos, foram apresentados dados incorretos de pressão e de temperatura em que o CO₂ é encontrado no estado gasoso. Analisando as respostas que foram fornecidas, nota-se que pode ter havido falta de atenção ao ler o comando da questão ou, até mesmo, dificuldade de interpretação do enunciado. Nas respostas fornecidas pelos estudantes E15, por exemplo, foram citados valores de pressão e de temperatura, ao passo que o questionamento foi sobre as alterações de pressão e de temperatura que deveriam ser feitas para transformar o CO₂ supercrítico e CO₂ gasoso.

As respostas à alternativa A foram divididas nas seguintes categorias:

A) Resposta correta - Foram classificadas nessa categoria as respostas que identificaram corretamente que o estado físico no CO₂ na situação descrita era gasoso.

B) Resposta incorreta. Foram classificadas nessa categoria as respostas que identificaram que o estado físico no CO₂ na situação descrita era líquido ou sólido.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 3, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Resposta correta	20
Resposta incorreta	19
Não responderam	1

Tabela 3 – Explicação dos estudantes sobre o estado físico que o CO₂ é encontrado numa dada condição de temperatura e pressão

Na categoria respostas corretas estão as respostas de 20 estudantes. Esses alunos conseguiram identificar corretamente, no diagrama de fases, qual é o estado físico do CO₂ em uma dada condição de pressão e de temperatura.

Os demais alunos citaram um estado físico diferente do esperado, o que indica que eles não desenvolveram a habilidade de analisar um diagrama de fases.

As respostas à alternativa C foram divididas nas seguintes categorias:

- A) Explicação correta - explicações que identificaram corretamente que ocorre diminuição da pressão fora do extintor do incêndio, o que provoca a evaporação do CO₂.
- B) Explicação incompleta - explicações que identificaram que ocorre variação de pressão e de temperatura dentro e fora do extintor de incêndio, ou respostas que identificaram incorretamente que a pressão fora do extintor é inferior à pressão do interior do extintor.
- C) Explicação inconsistente - explicações que relacionaram a evaporação do gás carbônico, ao sair do extintor, à motivos diversos como contato com a atmosfera, contato com o oxigênio, choque térmico e alta umidade fora do cilindro.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 4, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Explicação correta	9
Explicação incompleta	18
Explicação inconsistente	11
Não responderam	2

Tabela 4 – Explicação dos estudantes sobre o motivo do CO₂ evaporar imediatamente após sair do extintor de incêndio.

Na categoria explicações corretas estão as respostas de 09 estudantes. Nessa categoria classificamos as questões que relacionaram corretamente que a evaporação do gás carbônico ocorre exclusivamente devido à diferença de pressão dentro de fora do cilindro, sendo que, para ser classificada nessa categoria, era necessário informar que a pressão no exterior do cilindro é maior

que a pressão interna. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

O cilindro de extintor de incêndio fez uma pressão e o CO₂ é mantido líquido. (E15)

Porque quando está dentro do extintor está sob pressão. (E16)

Porque a pressão fora do cilindro é menor. (E1)

Nas respostas dadas pelos estudantes E15, E16 e E1, nota-se que foi unânime a utilização da variação da pressão para explicar o fenômeno ocorrido. Tal explicação pode ter sido motivada pela análise do diagrama de fases, no qual é possível verificar que uma diminuição da pressão, quando a temperatura é mantida constante, provoca a evaporação do gás. Entretanto, vale lembrar que esses estudantes podem ter utilizado conhecimentos do próprio cotidiano para responderem a essa questão, uma vez que é difundido o fato de gases serem armazenados em cilindros a elevadas pressões.

Na categoria explicações incompletas estão as respostas de 18 estudantes. Nessa categoria classificamos as questões que relacionaram o fenômeno observado durante o funcionamento do extintor de incêndio à variações de pressão e de temperatura, apenas à variação de temperatura, ou apenas à variação incorreta de pressão. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Por causa do choque térmico; Dentro do cilindro a temperatura é mais fria e a pressão é menor. (E17)

Por causa da diferença de pressão e da temperatura. (E18)

Nas respostas anteriores observou-se que os estudantes atribuíram o fenômeno observado a dois fatores: pressão e temperatura. Muitos estudantes informaram que a temperatura do CO₂ no interior do cilindro é menor que a temperatura ambiente. Essa informação recorrente pode ter se originado

devido à vivência desses estudantes, que provavelmente já presenciaram o vazamento de gás em um botijão ou mesmo em um extintor. Quando o gás escapa rapidamente de um botijão, ocorre a redução da temperatura da válvula desse botijão e, inclusive, pode haver a formação de gelo.

Na categoria explicações inconsistentes estão as respostas de 11 estudantes. Foram classificadas nessa categoria as respostas em que não foram utilizados os fatores pressão e temperatura para explicar o fenômeno ocorrido. Notou-se que os alunos não se apropriaram das discussões sobre o diagrama de fases, pois não foram capazes de fazer associações consistentes. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Devido ao contato com oxigênio. (E8)

Porque ele entra em contato com o oxigênio. (E13)

Porque ele é um fluido supercrítico. (E19)

Nas respostas anteriores percebeu-se que os estudantes não se apropriaram de nenhum dos fatores fundamentais para a determinação do estado físico de uma substância, já que utilizaram argumentos que não se relacionam ao fenômeno observado.

A questão 04 (Anexo 01) trata da formação de um sistema com duas fases apenas utilizando água no estado líquido em duas temperaturas diferentes (próxima à temperatura de ebulição e próxima à temperatura de congelamento), e identificadas com corantes diferentes. A justificativa para esse fenômeno é a expansão de volume da água, sem variar a massa dessa substância, ou seja, uma mesma substância, no caso a água, é capaz de apresentar diferentes densidades em um mesmo estado físico, com diferentes temperaturas. Para conseguirem responder a essa questão, esperava-se que os alunos se apropriassem do conceito de densidade desenvolvido durante as aulas do Projeto e também apresentado no material didático, nos quais procurou-se associar alguns fenômenos observados com as diferentes densidades dos componentes dos sistemas analisados. As respostas a essa pergunta foram divididas nas seguintes categorias:

A) Explicação coerente - explicações que relacionaram corretamente a densidade da água com a temperatura, ou seja, informaram que a água líquida de maior temperatura é menos densa que a água líquida de menor temperatura.

B) Explicação incorreta - explicações que relacionaram incorretamente a densidade da água com a temperatura. Foram classificadas nessa categoria respostas que informaram que a água líquida de maior temperatura é mais densa que a água líquida de menor temperatura.

C) Outras explicações - Explicação em que não foram feitas relações entre a temperatura e a densidade da água no estado líquido. Foram classificadas nessa categoria, respostas que davam explicações diversas como a tensão superficial, a maneira como o líquido é adicionado e a agitação das partículas, além de respostas desconexas.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 5, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Explicação coerente	12
Explicação incorreta	6
Outras explicações	19
Não responderam	3

Tabela 5 – Explicação dos estudantes sobre a formação de duas fases com água líquida em diferentes temperaturas

Na categoria explicações coerentes estão as respostas de 12 estudantes. Embora nenhum deles tenha apresentado a resposta esperada, eles associaram corretamente o aumento da temperatura da água com a diminuição da densidade. Consideramos como satisfatórias as respostas desses estudantes, uma vez que para o entendimento do fenômeno e resolução da questão era necessário que os alunos fizessem inferências sobre

a influência da temperatura na densidade de substâncias em um mesmo estado físico, aspecto que não foi trabalhado durante as aulas do curso. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

A temperatura é inversamente proporcional à densidade. (E20)

As moléculas agitadas da água quente fazem com que a densidade abaixa. (E15)

Porque ao serem aquecidas as moléculas ficam agitadas e se expandem, quando isso ocorre a densidade da água diminui. (E9)

O estudante E20 atribuiu o fenômeno observado ao fato de a temperatura ser inversamente proporcional à densidade. A partir dessa resposta, é possível afirmar que esse aluno entendeu que o aumento da temperatura da água líquida fez com que a densidade dessa substância diminuísse. O estudante E15, por sua vez, associou corretamente o fato de o aumento da temperatura promover o aumento da energia cinética médias das moléculas, o que, de fato, vai resultar em uma expansão de volume da amostra de água e, conseqüentemente, em uma redução da densidade. Já o estudante E9, embora tenha afirmado que as moléculas se expandem – uma concepção alternativa – conseguiu se apropriar do conceito de densidade e responder satisfatoriamente à questão.

Na categoria explicações incorretas estão as respostas de 6 estudantes. Esses estudantes relacionaram de maneira incorreta a influência da temperatura sobre a densidade da água líquida. Além de não terem relacionado corretamente densidade e temperatura, apresentaram inconsistências em suas respostas. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Por que na água fria as moléculas estão menos agitadas e a água quente está mais agitada, conseqüentemente será mais denso que a água fria. (E21)

A temperatura contribui para a organização das moléculas dos componentes e a densidade diminui, portanto ela “desce”. (E14)

Pois o estado físico do elemento reorganiza as moléculas, sendo assim a água fria e menos densa que a água quente. (E19)

O estudante E21 relacionou corretamente a temperatura da água com o grau de agitação das moléculas, entretanto, afirmou que a água quente é mais densa que a água fria, assim como fez o estudante E19. Já o estudante E14 relacionou corretamente a temperatura com a densidade. Contudo, falhou ao afirmar que a água líquida de menor densidade fica na parte inferior.

Embora estivesse claro no texto base e no enunciado da questão que o fenômeno observado apresenta relação direta com a temperatura, também obtivemos um número significativo de respostas em que os estudantes não fizeram relações entre temperatura e densidade. A seguir transcrevemos algumas respostas que encaixamos nessa categoria.

Por que com a alta temperatura, a água muda de estado físico, e a água sólida embaixo e a água vapor em cima. (E6)

Pelo fato da pressão da água quente estar maior do que a água fria. (E13)

Interfere no modo que a água foi adicionada. (E17)

A resposta dada pelo estudante E6 faz a comparação de água sólida e vapor d'água. No entanto, para o problema fornecido, tratávamos de água líquida. O estudante E13 introduziu em sua resposta o fator pressão para justificar o fenômeno observado, que mostra que ele não conseguiu se apropriar do conceito de densidade que foi trabalhado durante as aulas. O estudante E17 respondeu à questão de maneira inadequada, mas foi possível perceber em sua resposta elementos que remetem às aulas do Projeto. Em uma das aulas do projeto discutiu-se a densidade utilizando-se o experimento em que café e leite, líquidos miscíveis, formam duas fases. Nessa aula, os

professores enfatizaram a necessidade de adicionar um líquido sobre o outro de maneira cuidadosa, a fim de que os dois líquidos não formem uma única fase. Como a questão apresentou uma situação problema semelhante à que foi discutida com os alunos, esse estudante buscou uma explicação que se aproximava da trabalhada em aula. No entanto, esse cuidado com que um líquido é adicionado sobre o outro, isoladamente, não seria suficiente para justificar a diferença percebida na situação fornecida ao estudante.

A questão 5 (Anexo 01) tratava da diminuição do volume de gasolina quando a ela é adicionado um determinado volume de água. Durante as aulas e no primeiro módulo do livro didático produzido, discutiu-se a formação de misturas homogêneas e misturas heterogêneas. Para tanto, foram feitos vários experimentos, em que se procurou analisar essas diferentes misturas, microscopicamente, utilizando aspectos como polaridade das moléculas e interações intermoleculares. Sendo assim, esperava-se que os alunos respondessem a esta questão abordando a polaridade das moléculas de etanol, água e gasolina, além da formação de interações intermoleculares termodinamicamente mais favoráveis entre a água e o etanol, devido à formação de ligações de hidrogênio. As respostas a essa pergunta foram divididas nas seguintes categorias:

- A) Explicação coerente - Foram classificadas nessa categoria respostas que abordaram as diferentes polaridades das moléculas de água, etanol e gasolina e / ou também a formação de interações intermoleculares mais favoráveis entre a água e o etanol do que em relação às interações entre as moléculas de gasolina e de etanol.
- B) Explicação inconsistente - Foram classificadas nessa categoria respostas que relacionaram o fenômeno ocorrido com a densidade, com a tensão superficial ou, ainda, questões que apenas reproduziram as informações já presentes no enunciado.

A quantidade de respostas incluídas em cada uma das categorias encontra-se na Tabela 6, a seguir:

Categoria	Nº de respostas
Explicação coerente	18
Explicação inconsistente	13
Não responderam	9

Tabela 6 – Explicação dos estudantes sobre o aumento de volume da fase aquosa, ao se misturar água e gasolina

Na categoria explicação coerente estão as respostas de 18 estudantes, que conseguiram se apropriar dos conceitos discutidos durante as aulas do projeto para interpretar e explicarem o fenômeno observado. Assim como nas respostas anteriores, estas também apresentam algumas inconsistências, mas é clara a apropriação de conceitos científicos para a resolução da questão. A seguir transcrevemos algumas respostas que classificamos nessa categoria.

Por que o álcool terá uma ligação mais forte e atraída com as moléculas de água, sendo que a água e o álcool são polares. (E12)

Como polar dissolve polar e apolar dissolve apolar, e a água é muito polar e o álcool também é polar eles possuem uma interação melhor. (E4)

Porque haverá uma ponte de hidrogênio, e a cadeia não será muito grande, tornando mais fácil a solubilização. (E8)

Para o estudante E12, o álcool migra para a água devido à maior intensidade da ligação entre as moléculas de álcool e as moléculas de água, devido ao fato de ambas as substâncias serem polares. Assim como o estudante E12, o estudante E4 também citou o fator intensidade das interações/ligações e, além disso, utilizou a máxima segundo a qual semelhante dissolve semelhante. O estudante E8, além de identificar qual é o tipo de interação que ocorre entre as moléculas de água e etanol, ainda se

referiu ao fator tamanho da cadeia carbônica, que também é importante na determinação na miscibilidade dos líquidos.

Na categoria explicações inconsistentes estão as respostas de 13 estudantes, que não se apropriaram adequadamente dos conceitos discutidos durante as aulas do Projeto. A seguir transcrevemos algumas respostas que classificamos nessa categoria.

O octano é mais denso que o etanol e a água. O etanol é solúvel na água e no octano porém quando em repouso ele se separa do octano e se mistura a água que tem uma menor densidade. (E11)

Quando derramado lentamente uma tensão superficial cria-se e a gasolina fica em cima. Quando misturada ela se quebra e elas se misturam. (E3)

Quando agitado, a substância move-se e entra em contato apesar de sua densidade, separando-se novamente quando em repouso. (E9)

O estudante E11 conseguiu perceber que o etanol é miscível tanto em água quanto em gasolina. Entretanto, esse estudante atribuiu o aumento da fase aquosa à menor densidade de água, o que também constitui um erro. Já os estudantes E3 e E9 utilizaram inadequadamente conceitos discutidos durante as aulas do projeto, como tensão superficial e densidade, para explicar o fenômeno ocorrido.

De forma de geral, podemos afirmar que em todas as questões propostas houve o uso ou a tentativa de uso dos conceitos científicos trabalhados no material didático. O uso correto do conceito científico foi feito por menos da metade dos participantes. No entanto, muitos deles usaram esses conceitos cometendo pequenos enganos ou erros.

A negociação de significados para um determinado conceito é trazido por Vygotsky, segundo o qual a cada vez que o conceito for retomado, o seu significado deve ser trabalhado, para que possa evoluir. Nesse trabalho

observamos que um grupo significativo de estudantes usou os conceitos científicos, porém de forma inadequada ou incompleta. No entanto, podemos afirmar que isso é um indício de que estão se apropriando dos termos científicos trabalhados nas aulas.

6. Considerações finais

Nosso objetivo inicial era analisar a construção de explicações por estudantes a partir do uso de um material didático temático baseado em pressupostos CTS e no ensino por investigação. Com a aplicação de um questionário envolvendo a explicação de alguns fenômenos do cotidiano percebemos que, em média, 35% dos estudantes foram capazes de construir explicações coerentes para situações do contexto, o que significa que eles foram capazes de fazer relações dos conceitos presentes no material didático e discutidos em sala de aula, com as novas situações apresentadas.

Mesmo considerando que um terço dos estudantes não foram capazes de explicar as situações apresentadas e que um terço está em processo de construção de explicações, acreditamos que esse é um resultado positivo. Porém, esse processo ainda não está consolidado, A partir desses resultados obtidos, é possível afirmar que a utilização de um material didático temático, no qual estão implícitas as tendências contemporâneas de ensino, favorecem a aprendizagem. O material didático temático promove a motivação para o estudo da química, uma vez que nele são abordados temas do interesse da disciplina e do estudante e, a partir dos temas, os conceitos químicos são desenvolvidos.

As tendências contemporâneas de ensino incorporadas no material também são fatores que fizeram com que a aprendizagem fosse favorecida. No material estão presentes várias perguntas e reflexões que promovem discussões e fazem com que o estudante seja colocado em uma situação mais ativa na sala de aula, além de promover o entendimento de situações do cotidiano usando conceitos químicos. Ficou claro, analisando os dados obtidos, que o uso das atividades variadas propostas no material, como experimentos,

gráficos, discussões, textos e exercícios são ferramentas importantes para motivar os estudantes e para promover a aprendizagem.

Com o novo Enem, o Ministério da Educação busca, também, a reformulação do currículo do Ensino Médio e uma conseqüente melhoria da qualidade do ensino. A ideia é que as escolas sejam capazes de oferecer uma formação voltada para a solução de problemas. Assim, a inserção de pressupostos oriundos do movimento CTS, tais como o ensino por temas, a inserção de situações problema e o ensino por investigação se mostram fundamentais para que os estudantes se envolvam mais nas aulas de Química, mostrem mais interesse por essa ciências e, assim, sejam capazes de construir explicações coerentes para os fenômenos que vivenciam.

7. Bibliografia

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: Química: Ensino médio.** Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei 9.394, de 20/12/1996.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BARBOSA, L. G. C. O debate sobre o aquecimento global em sala de Aula: o sujeito dialógico e a responsabilidade do ato Frente a um problema sóciocientífico controverso. **Dissertação de Mestrado.** UFMG. 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43 - 49, 1999.

GUIMARÃES, C. D. Experimentação no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198 - 202, 2009.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUEARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**. v. 10, n. 4, p. 357-366, 1988.

LÓPEZ, J. L. L.; CEREZO, J. A. L. Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad. In M. I. G., GARCIA, J. A. L., CEREZO e J. L., LOPEZ (Orgs.). **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Editorial Tecnos, 225-252, 1996.

SANTOS, W. L. P. MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

QUADROS. A. L. A Água como Tema Gerador do Conhecimento Químico. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 26-31, 2004.

MORTIMER. E. F.; SCOTT. P. H. Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências – v.7**, p. 283-306, 2002.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone: Edusp, 1988.

VYGOSTSKY, L. S. **Obras escogidas II**. Madrid: Centro de Publicaciones del MEC: Visor Distribuciones, 1993.

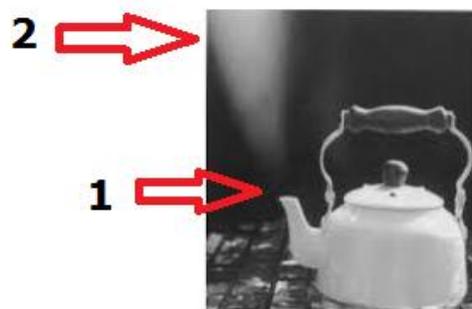
ZÔMPERO, A. F.; LAMBURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte**, v.13, n.03, p.67-80, set./dez, 2011.

08. Anexo 01

Prezado estudante,

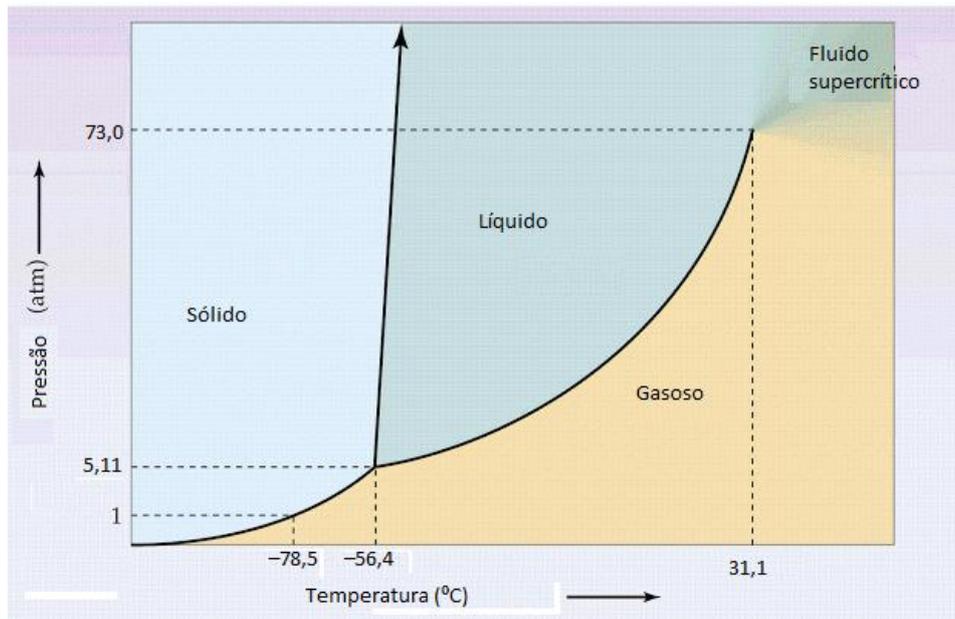
As respostas a este questionário serão utilizadas em um Trabalho de Conclusão de Curso da Especialização em Ensino de Ciências por Investigação. As respostas não serão identificadas, garantindo o seu anonimato. Agradeço a sua disponibilidade e dedicação a esse trabalho.

01. Na figura ao lado apresentamos uma chaleira que contém água em ebulição. Na região 1, próxima ao bico da chaleira, não é possível observar a turvação (“fumacinha”) na atmosfera, enquanto na região mais distante do bico da chaleira (2) observa-se a turvação. Sabe-se que a temperatura da região 1 é maior que a temperatura da região 2. **EXPLIQUE** porque não vemos “fumacinha” na região 1 e a vemos intensamente na região 2.



02. Uma das etapas do ciclo da água é a evaporação, processo em que grupos de moléculas de H_2O passam para o estado gasoso. A água proveniente da evaporação, após passar por outros processos, sofre precipitação e propicia atividades fundamentais para a vida humana, como a produção de alimentos. Entretanto, em algumas regiões é necessária a irrigação para produzir nossos alimentos. Os sistemas de irrigação utilizam água proveniente das estações de tratamento, açudes ou rios. Em alguns locais onde a irrigação é uma técnica usada com frequência, já foi percebida salinização do solo. **EXPLIQUE** por que a aplicação de água ao solo, por meio da irrigação, pode implicar na salinização desse solo.

03. À pressão e temperatura ambiente, o CO_2 é um gás, mas com a alteração de pressão ou de temperatura, ele pode ser líquido ou sólido. Na literatura encontramos dados sobre o uso do CO_2 em processos de descafeinamento. Nesse processo a cafeína é retirada do café por lavagem com dióxido de carbono supercrítico, em condições em que este dissolve a cafeína, mas não os aromas do café. O fluido supercrítico consiste em um gás com a densidade de um líquido. Portanto, seu estado físico não é líquido e nem gasoso - por isso o nome supercrítico. A seguir encontra-se representado o diagrama de fases do CO_2 :

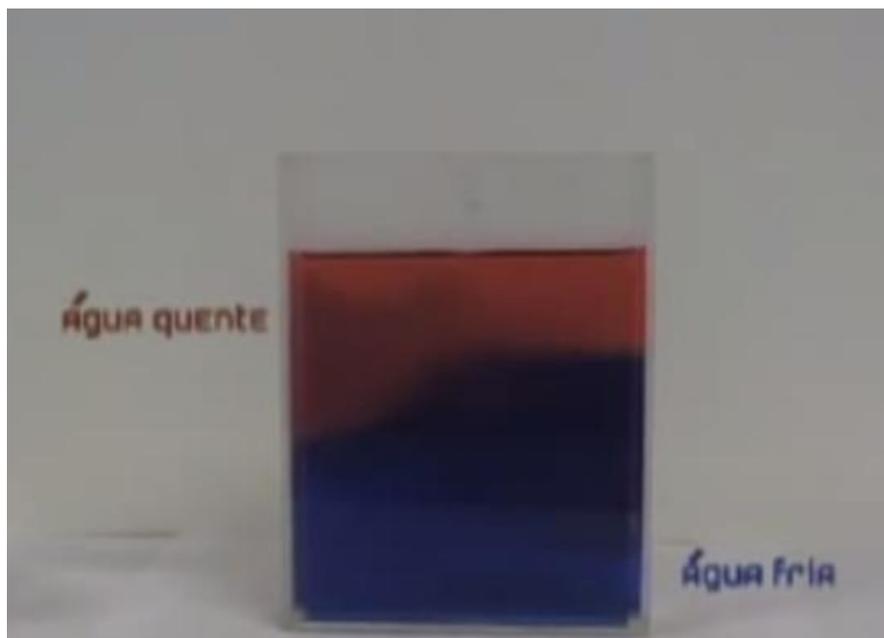


Disponível em: <<http://www.aquimicadascoisas.org/?episodio=a-qu%C3%ADmica-do-descafeinado>> (Adaptação). Acesso em 29 Ago. 2014

Olhando para o gráfico e interpretando-o, responda:

- A) Qual o estado físico esperado para o CO₂ a 0°C e pressão de 10atm?
- B) Dentro de um cilindro de extintor de incêndio, o gás carbônico encontra-se no estado líquido. Por que, ao sair do cilindro, ele imediatamente evapora?
- C) Quais são as alterações de pressão e temperatura que devem ser realizadas para que o CO₂ supercrítico utilizado para descafeinar o café seja transformado em CO₂ gasoso? Para responder use valores de pressão e de temperatura.

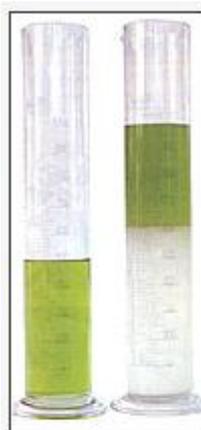
04. Líquidos miscíveis, como café, leite e água podem formar um sistema polifásico, dependendo da maneira como os líquidos são adicionados um ao outro. No sistema representado na figura abaixo, a água formou duas fases. Para isso foi adicionado quantidades iguais de corante azul (fase mais escura) e vermelho (fase mais clara), que não interferem na densidade. A diferença é que a água azulada estava fria e a água avermelhada estava quente (fervente). Veja na figura como ficou a mistura.



Disponível em: <http://pontociencia.org.br> (Adaptado). Acesso em 02/09/2014

Sabendo que o corante não interferiu na densidade, podemos supor que a temperatura foi a responsável por esse fenômeno. **EXPLIQUE** como a temperatura pode interferir na densidade da água, permitindo ocorrer esse bonito fenômeno.

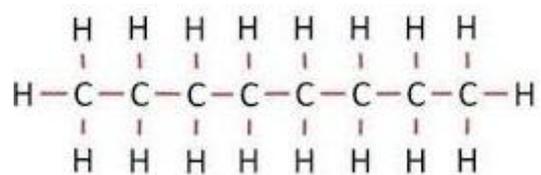
- 05.** A gasolina comercial brasileira possui uma composição média de 75% de octano (C_8H_{18}) e 25% de etanol (CH_3CH_2OH). Esse percentual é definido pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Para determinar o teor do álcool de uma gasolina, adiciona-se água a uma amostra de volume conhecido de gasolina comercial. Em seguida, a mistura é agitada e colocada em repouso por alguns minutos. Após a realização desses procedimentos, observa-se a separação de fases e adiminuição do volume da gasolina.



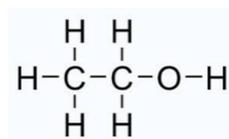
Com base nos resultados do experimento, percebemos que o álcool é solúvel tanto em água quanto na gasolina. No entanto, ele migra para a água quando o sistema é agitado. **EXPLIQUE** porque o álcool migra para a água. Procure usar os conceitos trabalhados nas aulas.

Fórmulas estruturais que podem ser úteis:

Octano



Etanol



Água

