

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

DÉBORAH TEIXEIRA MELO
RITA DE CÁSSIA SUART

GLIFOSATO: O AGROTÓXICO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO



ppgecem
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

GLIFOSATO: O AGROTÓXICO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO



ppgecem

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

COLEÇÃO DE E-BOOKS *PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E FORMAÇÃO DOCENTE*

GLIFOSATO: O AGROTÓXICO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO

Déborah Teixeira Melo
Rita de Cássia Suart



Copyright © dos autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Desenvolvimento do Acervo da Biblioteca Universitária da UFLA

Melo, Déborah Teixeira

Glifosato : o agrotóxico mais consumido no mundo / Déborah
Teixeira Melo, Rita de Cássia Suart. – Lavras: PPGECM/UFLA,
2022. (Práticas pedagógicas e formação docente)

102 p. : il.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-84982-03-1

1. Formação de professores. 2. Ensino de química. 3. Educação -
estudo e ensino. I. Suart, Rita de Cássia. II. Título. III. Série.

CDD – 370.71

Ficha elaborada por Rafael Chaves Alem Martins (CRB 6/3590)

Coordenador da Coleção de e-books *Práticas Pedagógicas e Formação Docente*:

José Antônio Araújo Andrade

Editor responsável:

José Antônio Araújo Andrade

Revisão:

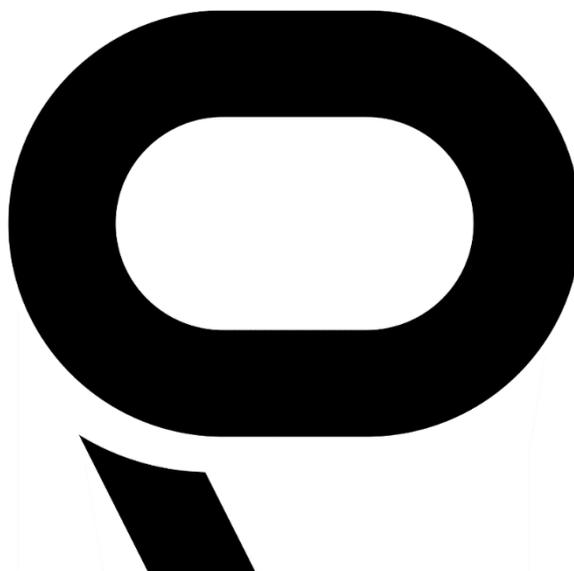
Luiz Regis da Costa Junior

Capa:

Déborah Teixeira Melo, Rita de Cássia Suart Bruna e José Antônio Araújo Andrade

Diagramação:

José Antônio Araújo Andrade



Coleção de e-books Práticas Pedagógicas e Formação Docente

José Antônio Araújo Andrade

Marianna Meirelles Junqueira

Iraziet da Cunha Charret

Conselho Editorial

Dra. Adair Mendes Nacarato – Universidade São Francisco – Brasil

Dra. Adriana Aparecida Molina Gomes – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Brasil

Dra. Adriana Correia de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dra. Cármen Lúcia Brancaglioni Passos – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Cristina Carvalho de Almeida – Instituto Federal do Sul de Minas – Brasil

Dr. Evandro Fortes Rozentalski – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Flávia Cristina Figueiredo Coura – Universidade Federal de São João Del Rei – Brasil

Dra. Francine de Paulo Martins Lima – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Frederico Augusto Totti – Universidade Federal de Alfenas – Brasil

Dr. Gildo Giroto Junior – Universidade Estadual de Campinas – Brasil

Dra. Iraziet da Cunha Charret – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. João Pedro da Ponte – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. José Antônio Araújo Andrade – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Leonor Santos – Universidade de Lisboa – Portugal

Dr. Luciano Fernandes Silva – Universidade Federal de Itajubá – Brasil

Dra. Maria do Carmo de Sousa – Universidade Federal de São Carlos – Brasil

Dra. Marianna Meirelles Junqueira – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Regilson Maciel Borges – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dra. Regina Célia Grando – Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil

Dr. Ronei Ximenes Martins – Universidade Federal de Lavras – Brasil

Dr. Vitor Fabrício Machado Souza – Universidade Federal do Paraná – Brasil

Dr. Wilson Elmer Nascimento – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	CONVERSANDO SOBRE ARGUMENTAÇÃO	19
3	DETALHAMENTO DAS AULAS	27
	PRIMEIRA AULA: LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES	27
	SEGUNDA AULA: APRESENTAÇÃO E PRIMEIRA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	32
	TERCEIRA AULA: SISTEMATIZAÇÃO DA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA E APRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE ARGUMENTOS CIENTÍFICOS VÁLIDOS	36
	QUARTA AULA: ANALISANDO UM ARGUMENTO	41
	QUINTA AULA: ABORDAGEM MACROSCÓPICA – EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS INVESTIGATIVOS – PREPARO E DILUIÇÃO DE SOLUÇÕES	46
	SEXTA AULA: SISTEMATIZAÇÃO MACROSCÓPICA DO CONCEITO DE SOLUÇÕES	52
	SÉTIMA AULA: ABORDAGEM SUBMICROSCÓPICA DO PREPARO DE SOLUÇÕES E DILUIÇÃO. UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO PHET – INTERACTIVE SIMULATIONS	58
	OITAVA AULA: ABORDAGEM SIMBÓLICA DO PREPARO DE SOLUÇÕES E DILUIÇÃO	65
	NONA AULA: IDENTIFICAÇÃO DE EVIDÊNCIAS, AVALIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DOS ARGUMENTOS INDIVIDUAIS	71
	DÉCIMA AULA: DISCUSSÃO DAS EVIDÊNCIAS IDENTIFICADAS, AVALIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DOS ARGUMENTOS COLETIVOS	75
	DÉCIMA PRIMEIRA AULA: QUEBRA CABEÇA, ENVOLVENDO ASPECTOS HISTÓRICOS, POLÍTICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO USO DO GLIFOSATO	79
	DÉCIMA SEGUNDA AULA: ATIVIDADE EXPOSITIVA SOBRE OS ASPECTOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DO GLIFOSATO	90
	DÉCIMA TERCEIRA AULA: RECONSTRUIR O ARGUMENTO FINAL INDIVIDUAL E COLETIVO	93
	DÉCIMA QUARTA AULA: QUESTIONÁRIO PÓS	97
	REFERÊNCIAS	101



INTRODUÇÃO

O estudo da Química pode ser interpretado, por muitos estudantes, como um processo que exige a difícil memorização de moléculas, nomes, reações e fórmulas, e, ainda, certo nível de abstração, muitas vezes complexo para eles.

Apesar das dificuldades relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem, é de fundamental importância que os estudantes se apropriem do conhecimento científico para que, então, a partir deste, possam interpretar, analisar, tomar decisões e posicionamentos críticos em relação às diversas situações vivenciadas em seus cotidianos. A aprendizagem do conhecimento científico inerente ao ensino de Química pode contribuir para a leitura e interpretação de situações cotidianas pelos estudantes, uma vez que ao compreenderem, por exemplo, propriedades de determinada substância e sua ação química no organismo humano ou vegetal, os estudantes podem tomar decisões e posicionamentos críticos sobre o consumo dessa substância hipotética.

Portanto, tem-se como objetivo, neste produto educacional, promover condições no ensino de Química, para mediar o desenvolvimento de habilidades de tomada de decisões, posicionamento e criticidade.

Nesse sentido, é importante considerar abordagens, metodologias e estratégias de ensino que possam promover a contextualização do ensino da Química com o cotidiano dos estudantes, visando oferecer no contexto de sala de aula situações problematizadoras, para que eles tenham condições de desenvolver as habilidades necessárias para elaborar a relação entre os conceitos científicos e seu cotidiano.

Nesse sentido, esta Sequência de Ensino por Investigação (SEI) objetiva contextualizar o ensino do conteúdo de soluções com a atual discussão sobre o

consumo de agrotóxicos¹ no Brasil, tendo como público alvo estudantes da segunda série do Ensino Médio da Educação Básica.

O desenvolvimento das atividades propostas nesta SEI são orientadas pelos preceitos da abordagem do Ensino por Investigação, visando o desenvolvimento de habilidades relacionadas à Alfabetização Científica (AC) e à argumentação.

Entendemos que uma SEI deve ser planejada levando em consideração o conhecimento científico inerente ao conteúdo programático que se objetiva ensinar, mas também deve-se considerar o desenvolvimento de habilidades que podem contribuir para a formação cidadã dos estudantes, como por exemplo a criticidade, a tomada de decisões e posicionamentos fundamentados.

O desenvolvimento de habilidades que visam contribuir para a formação cidadã dos estudantes pode ser favorecido quando são promovidas oportunidades aos estudantes de se envolverem em atividades de discussões, levantamento e teste de hipóteses, reflexões, elaboração de raciocínios, exposição de suas ideias, confronto de ideias entre os colegas e, também, quando são promovidas condições para o confronto dos conhecimentos prévios dos estudantes com os conhecimentos científicos. Assim, o envolvimento dos estudantes nessas atividades pode contribuir para que participem ativamente da construção de seus conhecimentos.

Para Carvalho (2018), a proposição de uma SEI deve contemplar algumas atividades essenciais, que são: o problema, a sistematização, a coleta de dados, os questionários prévios e a contextualização.

O problema, que pode ser experimental ou teórico, deve ser proposto ao iniciar a SEI, visando, dessa forma, o envolvimento dos estudantes em ações que deem a eles condições para elaborarem hipóteses, raciocinarem, discutirem e elaborarem soluções para o problema apresentado. Nesta SEI o problema inicial pode ser identificado como teórico, uma vez que é proposta aos estudantes a construção de

¹Embora tenhamos o conhecimento de outros termos mais coerentes com os conhecimentos científicos, como por exemplo insumo agrícola, agroquímico e fertilizante, consideramos que no cotidiano e no senso comum o termo agrotóxico é o mais utilizado. Por isso optamos por utilizar esse termo para o desenvolvimento da SEI, por consideramos que os estudantes pudessem ter alguma concepção prévia em relação ao termo agrotóxico. Ressaltamos que durante a elaboração da SEI a pesquisadora realizou uma breve pesquisa a respeito de reportagens sobre o tema que estavam sendo divulgadas no período da elaboração da SEI, e notou que o termo agrotóxico estava sendo mais utilizado.

um argumento científico informado² para a participação em um debate de televisão sobre o consumo do agrotóxico glifosato.

A segunda atividade chave para uma SEI, de acordo com a autora, é a sistematização do conhecimento construído pelos estudantes durante a solução da situação-problema proposta. Essa atividade objetiva promover condições para que os estudantes possam avaliar e refletir sobre o que fizeram e como fizeram para resolver o problema, podendo também ser promovido, nesse momento, o confronto entre o conhecimento de senso comum e o conhecimento científico, de modo que sejam oportunizados aos estudantes momentos para a elaboração de raciocínios a partir do conhecimento científico. Nesta SEI as atividades de sistematização são propostas em diversos momentos, visando, em alguns, à sistematização das ideias dos estudantes sobre a argumentação científica e, em outros, visando à sistematização das ideias sobre os conceitos relacionados ao conteúdo químico de soluções e, também, sobre o agrotóxico glifosato.

A terceira atividade chave na elaboração de uma SEI, ainda de acordo com Carvalho (2018), é a contextualização, que objetiva promover condições para que os estudantes reconheçam e interpretem o conhecimento científico construído durante o desenvolvimento das atividades da SEI com o seu cotidiano. Nesta SEI as atividades de contextualização são propostas objetivando promover condições para que os estudantes reconheçam a argumentação presente em seu dia a dia, de modo que possam elaborar a importante distinção entre a argumentação orientada por senso comum (frequentemente a mais recorrente no cotidiano dos estudantes) e a argumentação orientada por conhecimento científico. As atividades de contextualização também são propostas nesta SEI, visando promover condições para que os estudantes reconheçam e interpretem algumas situações presentes em seu cotidiano como, por exemplo, as situações de agrotóxicos comumente utilizados.

Um aspecto relevante na elaboração de SEIs, principalmente as que objetivam a promoção da argumentação, é o planejamento de espaço e tempo para a sistematização das ideias e concepções dos estudantes, de modo a considerar a “importância e as contribuições do erro, para a construção de novos conhecimentos”

²Entendemos que argumentos científicos informados são construídos a partir de conhecimento científico. Por sua vez, consideramos o conhecimento científico um conhecimento orientado por informações e/ou conceitos químicos, históricos, políticos, econômicos, ambientais e sociais, discutidos no contexto desta SEI.

(CARVALHO, 2018, p. 3). De acordo com a autora, “é muito difícil o estudante acertar de primeira ao responder os questionamentos do professor” (CARVALHO, 2018, p. 3), e, assim, é preciso oferecer tempo para o estudante pensar, refletir, falar, elaborar seu raciocínio e o professor refazer a pergunta, ou elaborar outras perguntas sobre o que foi exposto por ele. E, para o desenvolvimento dessas ações, é necessário considerar a gestão de tempo das aulas e das atividades propostas em cada uma delas.

O desenvolvimento de SEIs que visam promover tempo e espaço para a concretização das ações supracitadas, em muitas situações, requer do professor algumas habilidades e, até mesmo, certo esforço em romper com as ações de transmissão dos conceitos e de fornecer aos estudantes as respostas corretas.

O tema desta SEI é o uso do agrotóxico glifosato, e tem como objetivo promover condições para que os estudantes avaliem as possíveis consequências positivas e/ou negativas com relação à sua utilização, visando à construção de argumentos científicos que apresentem o seu posicionamento crítico sobre o problema investigado.

A escolha do tema se justifica por ser potencializador para a promoção da contextualização entre os conceitos químicos relacionados ao conteúdo de soluções e o cotidiano dos estudantes, uma vez que o preparo e diluição de soluções são atividades comuns em nosso cotidiano, podendo assim promover condições para a relação do conteúdo químico de soluções com o consumo de agrotóxicos. Ainda, esse tema subsidia muitos debates, dividindo opiniões favoráveis e desfavoráveis sobre sua utilização, facilitando a promoção de condições para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula.

O glifosato é um herbicida não seletivo, ou seja, tem ação de morte em qualquer tipo de vegetação, “sendo indicado para o controle de vegetações anuais, perenes, monocotiledôneas ou dicotiledôneas” (CAETANO, 2009, p. 18). Ocupa a posição de ser o agrotóxico mais utilizado no Brasil. Atualmente é tema de debates públicos, envolvendo opiniões de cientistas e da população sobre a sua toxicidade para a saúde e o meio ambiente. Seu alto potencial herbicida e sua não especificidade estão relacionados às suas propriedades químicas, físico-químicas e bioquímicas.

Portanto, por meio do ensino sobre o preparo e diluição de soluções, podem ser promovidas condições para a aprendizagem sobre a ação química e bioquímica do glifosato, uma vez que esses conteúdos são relevantes para a compreensão do

seu alto consumo mundial, podendo, assim, promover condições para que os estudantes elaborem avaliações sobre o seu consumo, de modo que possam manifestar criticamente seu posicionamento sobre o tema, orientados por conhecimento científico.

Portanto, espera-se por meio desta SEI promover condições para que os estudantes possam tomar decisões e posicionamentos sobre esse tema, contribuindo para a criticidade, bem como para a promoção de habilidades argumentativas.

Buscamos na elaboração desta SEI promover condições aos estudantes para a manifestação de habilidades consideradas importantes para o desenvolvimento ativo e crítico do cidadão propostas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Neste documento é sugerido que o estudante possa desenvolver habilidades de “avaliação de substâncias químicas em relação aos benefícios e riscos à saúde e meio ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, para promover posicionamento crítico e proposição de soluções” (BRASIL, 2018, p. 555).

Ainda sobre a manifestação de habilidades importantes aos estudantes propostas na BNCC destacamos as habilidades de

analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista. (BRASIL, 2018, p. 559).

Na SEI proposta objetiva-se promover condições para que os estudantes construam argumentos científicos informados, orientados pelo conhecimento científico inerente ao conteúdo químico de soluções e aos conceitos específicos do agrotóxico glifosato. Objetiva-se, também, promover condições para que os estudantes possam elaborar avaliações sobre as possíveis consequências positivas e/ou negativas sobre a sua utilização, estabelecendo relações causais entre elas e o uso desse agrotóxico, bem como que reconheçam a importância do conhecimento científico sobre o conceito de soluções para a tomada de decisões e para o posicionamento crítico para a construção de argumentos científicos.

Para o desenvolvimento desta SEI foram planejadas quatorze aulas, resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 – Resumo das aulas da SEI. Glifosato: o agrotóxico mais consumido no mundo.

Aula	Objetivos	Atividades Desenvolvidas
1. Levantamento das concepções prévias dos estudantes.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilizar o questionário prévio. ▪ Levantar as concepções prévias dos estudantes sobre argumentação científica, soluções e Roundup®. ▪ Construir argumentos individuais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentação por meio de PowerPoint do cronograma das aulas e atividades da SEI. ▪ Disponibilização da Atividade 1: Questionário Prévio.
2. Primeira resolução coletiva da situação-problema.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaborar a primeira resolução para a situação-problema e construir um argumento coletivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões visando o levantamento e teste de hipóteses para a resolução da Atividade 2: Situação-problema, visando à construção de um argumento coletivo.
3. Argumentação científica.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender a definição de argumentação científica. ▪ Elaborar as relações entre argumentação e aprendizagem de conceitos químicos, reconhecendo a importância da argumentação como prática científica. ▪ Conhecer e compreender os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados. ▪ Sistematizar as ideias sobre a construção de argumentos científicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões visando à sistematização das primeiras propostas de resolução para a situação-problema, desenvolvida na aula anterior. ▪ Apresentação por meio de <i>slides</i>, de forma expositiva dialogada, de exemplos de argumentações presentes no cotidiano dos estudantes; dos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados; e de orientações sobre o que se esperava ser desenvolvido pelos estudantes. ▪ Definição do conceito de argumento científico, discussões sobre argumentação orientada por senso comum e argumentação científica.
4. Argumentação científica: analisando um argumento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar um argumento científico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilização da rubrica dos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados. ▪ Resolução da Atividade 3: Analisando um argumento.

<p>5. e 6. Abordagem macroscópica do conteúdo químico de soluções.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discutir o conteúdo soluções em nível macroscópico a partir da resolução da Atividade 4. ▪ Diferenciar misturas homogêneas e heterogêneas. ▪ Elaborar o conceito de soluto e solvente. Compreender o conceito de solução. ▪ Identificar as substâncias que compõem as soluções. ▪ Identificar diferenças nos procedimentos para o preparo e para a diluição de soluções. ▪ Compreender a relação entre a variação na quantidade de soluto e solvente e a concentração das soluções. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões sobre o desenvolvimento dos experimentos. ▪ Discussão das questões resolvidas pelos estudantes relacionadas aos experimentos. ▪ Atividade 4: Roteiro experimental. ▪ Atividade 5: Preparo e diluição de soluções.
<p>7. Discussão de conceitos sobre o conteúdo de soluções químicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discutir sobre os conceitos inerentes ao conteúdo de soluções químicas, tais como misturas homogêneas e heterogêneas, substâncias, soluções líquidas, gasosas e sólidas, solubilidade e interações entre soluto e solvente. ▪ Reconhecer soluções presentes no cotidiano por meio da exemplificação de algumas soluções. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentação dialogada utilizando slides em PowerPoint.
<p>8. Abordagem submicroscópica do conteúdo químico de soluções.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender e interpretar a relação entre a concentração das soluções e a quantidade presente de partículas dos constituintes. ▪ Elaborar compreensões sobre o processo de dissolução das substâncias estarem relacionadas às interações intermoleculares que ocorrem entre o soluto e o solvente, sendo essas do tipo íon-dipolo, em compostos iônicos, e em compostos moleculares do tipo ligações de hidrogênio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manipulação pelos estudantes de uma simulação orientada por questões, utilizando o software PhET - Interactive Simulations. ▪ Atividade 6: Simulação PhET.
<p>9. Abordagem simbólica do conteúdo químico de soluções.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender os conceitos simbólicos sobre soluções. ▪ Discutir a equação para a determinação da concentração molar de soluções químicas. ▪ Resolver cálculos para a determinação da concentração molar das soluções. ▪ Interpretar textos contendo informações científicas. ▪ Identificar e reconhecer soluções presentes no cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões visando à resolução das questões da Atividade 7: Cálculo de concentração e diluição.
<p>10. Conceitos químicos e bioquímicos do agrotóxico glifosato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender a ação de inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato ($C_9 H_{13} O_9 P$), provocada pelo glifosato. ▪ Compreender os significados de termos específicos referentes ao glifosato, de modo que construam uma relação entre a ação de inibição enzimática provocada pelo glifosato e o seu alto consumo no Brasil. ▪ Compreender a importância da fórmula estrutural do glifosato na ação de inibição enzimática. ▪ Compreender a relação entre conceitos químicos e a construção de argumentos científicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolvimento de apresentação expositiva dialogada por meio da utilização de slides.

11. Aspectos históricos, políticos, econômicos, ambientais e sociais, sobre a utilização do agrotóxico glifosato.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar e classificar evidências históricas, políticas, econômicas, ambientais, químicas, bioquímicas, tecnológicas e tóxicas, relacionadas ao glifosato. ▪ Elaborar relações causais entre as evidências identificadas e o uso do glifosato. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões sobre as evidências identificadas e sobre a classificação das evidências. ▪ Resolução da Atividade 8: Identificação e classificação de evidências e construção de relações causais.
12. Avaliação e reconstrução do argumento individual final.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar e avaliar evidências em atividades desenvolvidas em aulas anteriores. ▪ Discutir os elementos epistêmicos. ▪ Reconstruir o argumento individual final. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões sobre as evidências identificadas e sobre os elementos epistêmicos. ▪ Desenvolvimento da Atividade 9: Avaliação e reconstrução do argumento individual final.
13. Avaliação e reconstrução do argumento coletivo final.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar, avaliar e discutir evidências identificadas de forma coletiva, em atividades desenvolvidas em aulas anteriores. ▪ Discutir os elementos epistêmicos. ▪ Reconstruir o argumento coletivo final. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões sobre as evidências identificadas, sobre os elementos epistêmicos e sobre a reconstrução do argumento coletivo. ▪ Desenvolvimento da Atividade 10: Avaliação e reconstrução do argumento coletivo final.
14. Questionário pós.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realização do questionário pós e apresentação dos argumentos coletivos finais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discussões sobre a finalização da construção dos argumentos individuais e coletivos.

Fonte: Das autoras (2021).

Finalizando a apresentação deste produto educacional, consideramos importante ressaltar que promover no contexto de sala de aula atividades que visam ao envolvimento dos estudantes nos processos da argumentação pode favorecer os processos de ensino e de aprendizagem de conteúdos inerentes ao ensino de Química. Isso possibilita o envolvimento dos estudantes nos processos da argumentação, contribuindo assim para a atuação dos estudantes com autonomia nos processos de aprendizagem para a construção de seu conhecimento.

Entretanto, é importante ressaltar que algumas pesquisas que visam ao desenvolvimento da argumentação no ensino de Ciências (ALMEIDA, 2018; FERRAZ, 2015; SANDOVAL, 2003; SANDOVAL; REISER, 2004) documentam a dificuldade apresentada pelos estudantes em construir argumentos. Essa dificuldade é manifestada pelos estudantes, tanto em relação à estrutura quanto em relação à validade desses argumentos.

Essas pesquisas destacam, ainda, que são inúmeras as contribuições para a permanência dessa dificuldade, como por exemplo: a abordagem tradicional de

ensino, na qual pouco espaço é promovido para que os estudantes elaborem e expressem seus argumentos; a ausência de interdisciplinaridade entre as atividades propostas em sala de aula, dificultando o desenvolvimento de habilidades de relações entre as diversas áreas do conhecimento científico, promovido no contexto escolar; entre outras.

Nesse sentido, buscamos oferecer ao professor informações sobre os aspectos da argumentação científica considerados para a elaboração das aulas e das atividades aqui propostas, uma vez que a argumentação é um conceito amplo, podendo, assim, ser compreendido por diversas perspectivas e aportes teóricos.

Portanto, este material está estruturado de modo a apresentar, no Capítulo 2, os aportes teóricos que orientaram a elaboração desta SEI, no que se refere à argumentação científica, objetivando oferecer ao professor a compreensão da perspectiva aqui considerada.

No Capítulo 3 é apresentado ao professor o detalhamento das aulas propostas para esta SEI, destacando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, os objetivos pedagógicos, as estratégias, metodologias e as justificativas para a sua proposição, finalizando com o detalhamento de cada uma das aulas. Também são apresentadas ao professor sugestões de avaliações e considerações que inferimos pertinentes para cada aula.



CONVERSANDO SOBRE ARGUMENTAÇÃO

Prezado Professor,

Esse momento é reservado para uma breve apresentação sobre os aspectos epistêmicos da argumentação, que orientaram o desenvolvimento da Sequência de Aulas Investigativas, apresentada neste produto educacional. Entretanto, caso considere necessário, você pode realizar as mudanças que considerar importantes para o desenvolvimento desta SEI, de acordo com os referenciais sobre argumentação que considerar mais adequados.

Os conceitos sobre argumentação e argumento são amplos e podem ser analisados por diferentes perspectivas e aportes teóricos distintos.

Pode-se considerar, por exemplo, a perspectiva estrutural do argumento, ou seja, avaliar a presença ou ausência de elementos estruturais do argumento, como: conclusão, dados e garantia que são elementos constituintes dos argumentos da teoria proposta por Toulmin (2006)³.

Entretanto, pode-se considerar também a perspectiva epistemológica do argumento. Essa, por sua vez, também considera alguns aspectos estruturais do argumento como: conclusão formulada; uso de evidências; relações causais entre as evidências; descarte de explicações alternativas; e limitação dos argumentos (SANDOVAL; REISER, 2004). Porém, a avaliação dos argumentos considerando a perspectiva epistemológica pode extrapolar a avaliação em relação aos aspectos estruturais, uma vez que a avaliação dos argumentos concentra-se nas práticas epistêmicas envolvidas nos processos de argumentação e na construção do argumento, como por exemplo elaborar e avaliar linhas de raciocínio, construir e avaliar argumentos e/ou refutações, avaliar evidências, construir relações causais entre as evidências e construir consenso durante discussões.

³TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2. Ed., 2006.

Desse modo, é possível avaliar a validade de um argumento científico, mesmo que ele não contemple todos os elementos estruturais supracitados.

Portanto, vale ressaltar que se considera, neste produto educacional, a perspectiva epistemológica da argumentação, e com o objetivo de discutir o amplo conceito sobre argumentação apresentamos algumas interpretações documentadas na literatura, sobre o que é reconhecido como argumento e argumentação.

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) destacam a importante distinção entre os termos argumento e argumentação, de modo que o termo argumento se refere ao produto, o resultado do discurso, e o termo argumentação ao discurso argumentativo, para o processo dialógico social. Os autores supracitados consideram a “argumentação como uma prática discursiva, enquadrada nas práticas envolvidas na construção do conhecimento” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCOS, 2015, p. 143).

Ainda destacam as ações argumentativas e conceituam que elas são ações envolvidas nos processos desenvolvidos para a argumentação, “são as ações de formular conclusões, sustentá-las com evidências ou avaliar conclusões ou evidências” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCOS, 2015, p. 144).

Realçam também que

o que conta como argumento, são as interações discursivas ou linguísticas que implicam em contraste entre duas ou mais posições ou significados, ou processos de negociação [...], devendo incluir pelo menos dados (evidências) e/ou justificativas, ademais da conclusão. (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCOS, 2015, p. 144).

Para as autoras Sá e Queiroz (2007, p. 2035), a “argumentação é uma atividade social, intelectual e verbal, utilizada para justificar ou refutar uma opinião, e que consiste em fazer declarações levando em consideração o receptor e a finalidade com a qual se emite”. As autoras ainda afirmam que “para argumentar é necessário escolher entre diferentes opções ou explicações e raciocinar sobre os critérios que permitem avaliar como mais adequada à opção escolhida” (SÁ; QUEIROZ, 2007, p. 2035). Essa consideração das autoras reforça também a contextualização da argumentação como prática epistêmica, uma vez que raciocinar e avaliar, de modo a justificar uma escolha, são ações consideradas como práticas epistêmicas (KELLY; LICONA, 2018), desenvolvidas pelos estudantes na construção do conhecimento.

Convergindo com as conceitualizações sobre argumentações supracitadas, Sandoval e Reiser (2004) consideram a argumentação como uma prática, pertencente ao conjunto de práticas epistêmicas, discutindo os elementos epistêmicos para a

validação de argumentos construídos, de modo a considerar como argumentos válidos⁴ os que apresentam pelo menos coerência causal e apoio probatório.

De acordo com os autores, “o elemento de coerência causal incorpora dois objetivos epistêmicos para as explicações científicas: 1) que os estudantes articulem elementos causais para explicar fenômenos; e 2) que as relações de causas e seus efeitos sejam coerentes” (SANDOVAL; REISER, 2003, p. 09, tradução da autora).

Desse modo, para os autores, a coerência causal pode fornecer informações para o professor sobre como os estudantes compreendem e conseguem aplicar a teoria conceitual desenvolvida nas atividades de investigação.

Outro aspecto importante, de acordo com os autores, é o elemento epistêmico apoio probatório (uso de evidências). Ele “reflete a ideia de que os argumentos são construídos para explicar padrões de dados/evidências e, portanto, deve ficar claro como os dados/evidências se relacionam com as explicações construídas pelos estudantes” (SANDOVAL; REISER, 2003, p. 09, tradução da autora). Ainda de acordo com os autores, esse elemento pode contribuir para a análise do professor sobre como os estudantes interpretam os dados disponíveis e utilizam os dados/evidências para apoiar seus argumentos.

Considerando as definições sobre argumentação anteriormente apresentadas, e em concordância com os referenciais supracitados, visando convergir essas definições, com os objetivos deste produto educacional, considera-se, neste, a argumentação como sendo uma habilidade que envolve práticas discursivas e epistêmicas que mobilizam diferentes aspectos epistêmicos necessários para a construção de argumentos científicos informados, podendo ser um processo intelectual e verbal, individual e coletivo, resultando em um produto, sendo este considerado como o argumento construído, por meio dos processos da argumentação. O argumento científico informado, por sua vez, deve apresentar uma conclusão ou um posicionamento, apoio probatório (por meio do uso de evidências) e coerência causal (por meio da construção de relações causais entre as evidências para o suporte da conclusão).

⁴No trabalho de Sandoval e Reiser (2004), os autores utilizam o termo argumentos válidos, e no contexto deste produto educacional manteremos esse termo no que se referem as considerações dos autores. Entretanto, adotamos o termo argumentos científicos informados por consideramos mais coerente com a proposta deste produto educacional.

Considera-se importante detalhar um pouco mais sobre os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos propostos por Sandoval e Reiser (2004), uma vez que esses elementos serão apresentados aos estudantes no desenvolvimento da SEI, visando auxiliá-los na construção de seus argumentos. Por meio desses elementos, os autores citados analisam a validade dos argumentos científicos construídos por estudantes.

No Quadro 2 são apresentados os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados, propostos pelos autores.

Quadro 2 – Elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos.

Elemento	Descrição para os Estudantes
Coerência causal	Explicações/argumentações científicas são explicações causais. São histórias sobre como uma situação causa outra. Elas explicam como ou por que as coisas acontecem. A maioria das explicações/argumentações científicas envolvem relações de causa e efeito: A causa B, que causa C, e causa D.
Uso de dados/ evidências	As explicações/argumentações científicas são científicas porque são baseadas em padrões de dados/evidências. Deve-se considerar a lógica para vincular os dados/evidências para apoiar suas explicações. É importante citar dados e vincular esses dados, especificamente, para apoiar partes de suas explicações.
Descartar explicações alternativas	Como a maioria dos cientistas, rejeitar ideias ao longo do caminho é um processo natural, para determinar o que é considerado como a melhor explicação. Não é possível ter certeza de que se tem a melhor explicação se não considerou explicações alternativas e documentou o porquê essas explicações devem ser rejeitadas em favor de uma melhor explicação. É importante apresentar pelo menos duas explicações articuladas ao posicionamento escolhido.
Documentar as limitações de suas explicações	Qualquer explicação, por mais abrangente que seja, não será capaz de dar conta de todos os dados/evidências disponíveis. Portanto, é importante documentar as limitações dos argumentos construídos. Argumentos sem limitações não documentadas perdem aspectos de validação.

Fonte: Sandoval e Reiser (2003 p. 362, tradução da autora).

É importante ressaltar algumas considerações ao professor sobre os elementos apresentados no Quadro 2. Sugerimos que o professor desenvolva com bastante atenção as orientações sobre esses elementos aos estudantes, valendo-se de explicações mais detalhadas e, até mesmo, de exemplificações sobre temas distintos do tema abordado na SEI (para não fornecer respostas e linhas de raciocínios para os estudantes), uma vez que consideramos de suma importância a compreensão correta sobre cada um dos elementos apresentados no Quadro 2, para que os estudantes possam, então, construir os argumentos científicos informados orientados por esses elementos.

Outra consideração importante está no enfoque dado ao termo argumento científico informado. Não se têm a pretensão com a proposta desta SEI a formação de cientistas, entretanto, tem-se como objetivo central promover condições para o desenvolvimento de habilidades argumentativas e a construção de argumentos estruturados por conhecimento científico, de modo que os argumentos construídos apresentem o posicionamento crítico dos estudantes sobre o tema abordado, assim como, também, apresentem o conhecimento científico construído sobre o conteúdo de soluções e sobre a ação química e bioquímica do agrotóxico glifosato.

Espera-se que os argumentos construídos pelos estudantes possam apresentar em suas estruturas os quatro elementos epistêmicos, entretanto, no contexto deste produto educacional, consideram-se argumentos científicos informados os que apresentem, pelo menos, um posicionamento sobre o consumo do agrotóxico glifosato e os elementos: coerência causal (relações causais) e uso de evidências (apoio probatório).

É possível inferir que, ao construírem argumentos científicos informados que apresentem esses dois elementos, os estudantes possam manifestar a compreensão das ideias centrais sobre a construção de argumentos científicos, mesmo que não apresentem na estrutura do argumento todos os elementos apresentados no Quadro 2.

A compreensão dos elementos descartar explicações alternativas e documentar limitações do argumento está intrinsecamente relacionada à compreensão dos elementos uso de evidências e coerência causal, isso porque para o estudante elaborar explicações alternativas ele possivelmente elaborou uma explicação que considera válida, utilizando evidências e relações causais entre elas. Assim como para que o estudante possa documentar limitações do argumento, possivelmente ele passou pelo processo de identificar e avaliar quais evidências seriam relevantes para suportar seu argumento.

Portanto, considera-se que os elementos uso de evidências e coerência causal, são a base para a compreensão sobre a construção de argumentos científicos informados.

Outro aspecto relevante para o desenvolvimento da SEI proposta neste produto educacional refere-se às ações que podem ser desenvolvidas pelo professor para promover condições para que os estudantes se envolvam nos processos da

argumentação e na construção dos argumentos científicos informados. Nesse sentido, destacam-se as ações pró-argumentação propostas pelas autoras Lourenço, Michaliski e Queiroz (2017).

As autoras supracitadas apresentam em seu trabalho uma adaptação de categorias de ações propostas por Simon, Erduran e Osborne (2006)⁵, que podem ser desenvolvidas pelo professor visando favorecer os processos argumentativos em sala de aula, de modo que os estudantes possam desenvolver a argumentação oral e/ou escrita no ensino de Ciências.

As ações pró-argumentação adaptadas pelas autoras são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Ações pró-argumentação.

Categorias de Simon, Erduran e Osborne	Declarações/afirmações/solicitações dos professores para o desencadeamento dos processos argumentativos
Falar e ouvir	Incentiva a discussão entre os alunos.
	Incentiva os alunos a escutarem as opiniões dos colegas.
Conhecer o significado do argumento	Define argumento.
	Apresenta exemplos de argumentos.
	Faz questionamentos sobre a dinâmica envolvida no processo de argumentação.
Posicionar-se na construção dos argumentos	Encoraja a apresentação das ideias dos alunos.
	Incentiva os alunos a se posicionarem na apresentação das suas ideias.
	Valoriza diferentes pontos de vista dos alunos (usualmente na aplicação de estratégias de ensino mais elaboradas).
Justificar com evidências	Avalia ou confere se as justificativas são subsidiadas por evidências.
	Fornecer evidências que subsidiem as ideias dos alunos.
	Solicita justificativas para as conclusões dos alunos.
	Enfatiza a importância de apresentação de justificativas.
	Estimula a apresentação de novas justificativas em adição às apresentadas inicialmente.
Construir argumentos	Elabora estratégias de ensino-aprendizagem (ex.: debates, resolução de problemas sociocientíficos etc.) que permitam a solicitação aos alunos da construção de argumentos nas formas escrita e oral.
Avaliar argumentos	Incentiva a avaliação dos argumentos pelos alunos.
	Incentiva a reflexão sobre o que é necessário para a construção de um bom argumento, considerando as evidências que o sustentam.
Contra-argumentar/Debater	Incentiva a contra-argumentação frente a argumentos apresentados pelos colegas.
	Incentiva a contra-argumentação durante a realização de debates e interpretações de papel (<i>role-play</i>).
Refletir sobre o processo de argumentação	Estimula a reflexão sobre os processos adotados pelos alunos para a construção do argumento.
	Questiona os alunos sobre as mudanças nas suas opiniões, decorrentes dos processos adotados para a construção do argumento.

Fonte: Lourenço, Michaliski e Queiroz (2017, p. 2732).

⁵SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to teach argumentation: Research and development in the Science classroom. **International Journal of Science Education**, v. 28, p. 235-260, 2006.

Nesse sentido, para a proposta e desenvolvimento da SEI aqui apresentada, buscamos atentarmo-nos às ações apresentadas no Quadro 3, visando promover condições para que os estudantes pudessem se envolver no processo da argumentação e construïrem argumentos científicos informados.

A seguir apresentamos o detalhamento das aulas elaboradas.



DETALHAMENTO DAS AULAS

PRIMEIRA AULA: LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES

Conteúdos

- **Conceituais:** argumentação; misturas homogêneas e heterogêneas; soluções; soluto; solvente; concentração; diluição; Roundup®.
- **Procedimentais:** construir argumentos; responder ao questionário prévio.
- **Atitudinais:** apresentar de forma escrita os conhecimentos prévios.

Objetivos

Nessa aula, espera-se que os estudantes respondam ao questionário prévio e que tenham conhecimento sobre o objetivo da sequência de aulas que será desenvolvida, a qual pretende promover condições para a construção de argumentos científicos informados sobre o agrotóxico glifosato.

Espera-se que os estudantes manifestem, por meio da escrita, seus conhecimentos prévios sobre argumentação, soluções e sobre o agrotóxico Roundup®.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se iniciar essa aula com a apresentação resumida do cronograma desta SEI, destacando os objetivos gerais para os estudantes.

Em seguida é sugerido o desenvolvimento do questionário prévio, de modo que os estudantes realizem a atividade individualmente.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A proposta de desenvolvimento do questionário prévio objetiva promover condições para que o professor tenha ciência sobre os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos conceitos propostos para o desenvolvimento da sequência de aulas, possibilitando, desse modo, realizar alterações nas atividades propostas, de acordo com o que considerar necessário.

É importante ressaltar que o questionário prévio pode promover condições para o reforço e estímulo à autoconfiança dos estudantes em expressarem, por meio da escrita, seus posicionamentos e conhecimentos prévios, podendo assim diminuir as situações de inibição, favorecendo, assim, a sua participação e seu envolvimento durante as atividades propostas na SEI.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: explicação sobre os objetivos da SEI e da aula; e orientações sobre o desenvolvimento das atividades propostas para a aula.

O professor pode iniciar a aula explicando que será desenvolvida uma investigação sobre um problema relacionado ao uso de um agrotóxico, o objetivo da SEI e os conceitos desenvolvidos durante a SEI, como argumentação, soluções e o agrotóxico Roundup®.

Após o momento inicial, no qual o professor estabelece um diálogo com os estudantes, é sugerido o desenvolvimento individual da Atividade 1: Questionário Prévio. Essa atividade pode ser impressa, ou o professor pode projetá-la por meio de *slides*, ou escrever no quadro, possibilitando que os estudantes copiem em seus cadernos.

Atividade 1

Questionário Prévio

- 1) O que você entende sobre argumentação?

- 2) De acordo com o seu conhecimento sobre argumentação, escolha, entre os elementos abaixo, o(s) que você considera ser ou serem importantes para a construção de argumentos científicos. Justifique suas escolhas.

Elementos para a construção de argumentos científicos	Justificativas
Opinião própria	
Conclusão	
Opinião da maioria das pessoas (senso comum)	
Autoridade	
Evidências/Dados	
Convicção	
Conhecimento científico	
Persuasão	
Relação de causa e efeito	
Manipulação	

- 3) Saber argumentar é importante para a participação em discussões que envolvem conceitos aprendidos nas aulas de Química? Justifique sua resposta.

- 4) O Roundup® é o agrotóxico mais utilizado no Brasil. Seu consumo está relacionado às suas propriedades químicas, físico-químicas e bioquímicas, as quais proporcionam ao Roundup® alta eficiência como herbicida. Porém, sua utilização é tema de muitos debates e divergem opiniões em relação às consequências de contaminações ambientais e danos à saúde humana. É possível identificar vertentes que apoiam seu uso, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo do agronegócio, e outras que se opõem, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo de orgânicos.

Os argumentos considerados válidos para o debate sobre a utilização de agrotóxicos como o Roundup® devem ser estruturados por conhecimento científico, como por exemplo conhecimentos químicos, sociais, ambientais, tecnológicos, econômicos, históricos, entre outros.

Nesse sentido, você foi escolhido (a) para argumentar em um debate de televisão, evidenciando seu posicionamento sobre a utilização ou não de um agrotóxico similar ao Roundup®.

Assim, qual argumento científico você construirá para participar do debate?

- 5) Você conhece alguém que utiliza ou já utilizou o agrotóxico Roundup® ou algum agrotóxico similar? Justifique sua resposta, e em caso afirmativo descreva como foi utilizado e o motivo da utilização.

Observação: Mata Mato e Glifomato são alguns dos nomes comerciais para agrotóxicos similares ao Roundup®.

- 6) É muito comum, em nosso cotidiano, o consumo de sucos em pó. Desenhe, com detalhes, a preparação de um suco em pó.

Importante apresentar no desenho:

- A quantidade de água utilizada, a quantidade do suco em pó e a adição de algum outro composto.
- A classificação da mistura como homogênea ou heterogênea.
- O composto que é o soluto e o composto que é o solvente.

- a) Considerando as quantidades dos compostos que você utilizou para preparar o seu suco, determine se o suco está mais ou menos concentrado? Justifique sua resposta.

- b) Descreva o que acontece com a concentração do suco preparado se você aumentar a quantidade de água adicionada. Justifique sua resposta.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas ao questionário prévio como avaliação para essa aula.

Observações para o professor

Considera-se importante que o professor elabore uma estratégia que considere mais adequada para arquivar as respostas dos estudantes para a Atividades 1, uma vez que durante o desenvolvimento da SEI serão propostas, em momentos distintos, atividades para que os estudantes reavaliem e reconstruam os argumentos individuais construídos nessa primeira aula, visando assim possibilitar a manifestação de habilidades argumentativas pelos estudantes e soluções mais completas à situação-problema.

SEGUNDA AULA: APRESENTAÇÃO E PRIMEIRA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Conteúdos

- **Conceituais:** argumentação; Roundup®.
- **Procedimentais:** construir argumentos; participar das discussões nos pequenos grupos.
- **Atitudinais:** levantar, discutir e testar hipóteses sobre a construção de argumentos científicos informados.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes participem da discussão em grupo, levantando hipóteses sobre a situação-problema apresentada e que construam um argumento coletivo de forma escrita, elaborando assim a primeira proposta de resolução da situação-problema.

Espera-se que os estudantes se envolvam nas discussões em grupo de modo organizado, participativo e respeitoso, e que construam um argumento orientado por senso comum.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se ao professor iniciar essa aula apresentando aos estudantes a Atividade 2: Situação-problema, por meio de sua leitura, e que seja solicitada a formação de pequenos grupos entre os estudantes.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A problematização é considerada um elemento pedagógico importante na elaboração de uma SEI, pois “visa construir um cenário (contexto) favorável à exploração de situações de uma perspectiva científica” (CAPECCHI, 2018, p. 24). Sendo assim, a utilização desse elemento, por meio da proposição de uma situação-problema, pode promover condições para o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas nesta SEI, de modo que levantem, testem e discutam hipóteses

para a resolução da situação-problema, bem como elaborem raciocínios e sistematizem suas ideias ao proporem soluções para o problema apresentado.

Portanto, o desenvolvimento desta SEI é iniciado com a proposição, aos estudantes, de uma situação-problema, que deverá ser solucionada após um processo de construção de conhecimentos científicos necessários para sua resolução. Entretanto, durante a SEI são propostos diversos momentos para a retomada da situação-problema, de modo que sejam oportunizados momentos para que os estudantes avaliem e reconstruam as propostas de resolução da situação-problema elaboradas por eles durante o desenvolvimento da SEI.

Os conhecimentos científicos supracitados referem-se aos aspectos relacionados à argumentação científica, ao conteúdo de soluções, aos conceitos químicos e bioquímicos da ação herbicida do agrotóxico Roundup®/Glifosato, bem como aos aspectos históricos, políticos, econômicos, sociais e ambientais sobre o uso do agrotóxico Roundup®/Glifosato.

As discussões em grupos, propostas para a primeira resolução da situação-problema, objetivam promover condições em sala de aula para a promoção da argumentação. Considerando as ações pró-argumentação (LOURENÇO; MICHALISKI; QUEIROZ, 2017, ver p. 16), as discussões em grupo podem promover condições para o envolvimento dos estudantes nas ações (falar e ouvir), para posicionarem-se na construção de argumentos, justificarem com evidências (mesmo que sejam evidências de senso comum), construir argumentos e contra-argumentação, podendo assim promover contribuições para o desenvolvimento da argumentação, que nesse momento não consideramos que seja científica, uma vez que o conhecimento sobre argumentação científica ainda não foi contemplado.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Apresentação e resolução da situação-problema.

Ao iniciar essa aula, é sugerido ao professor solicitar aos estudantes a formação de grupos de até quatro integrantes.

Após a formação dos grupos, é sugerido que seja apresentado aos estudantes a Atividade 2: Situação-problema. A apresentação da situação-problema aos estudantes pode ser feita por meio de impressões, projeção utilizando *slides*, escrita

no quadro, ou por qualquer outra estratégia que o professor considerar mais adequada.

É sugerido que o professor realize a leitura da situação-problema para toda a turma e explicita, com clareza, que o objetivo da investigação é a construção de um argumento científico informado. Em seguida, o momento é reservado para que os estudantes discutam, entre si, suas concepções e ideias sobre o que consideram ser um argumento científico informado, de modo a possibilitar o levantamento e teste de hipóteses, a discussão entre os pares, a sistematização de suas ideias prévias, bem como a elaboração de uma solução para a situação-problema proposta.

Alguns argumentos serão construídos durante a SEI para a resolução da situação-problema, e cada atividade proposta tem o objetivo de promover a construção de conhecimentos sobre argumentação, sobre o conteúdo químico de soluções e sobre o glifosato. Entretanto, nesse momento, é importante que os estudantes construam um argumento de acordo com suas concepções prévias, possibilitando assim a análise e a avaliação desses argumentos, atividades que serão propostas em aulas subsequentes.

É importante ressaltar que o desenvolvimento da resolução da situação-problema, pelos estudantes, deverá ser mediado pelo professor. Entretanto, é importante que o professor esteja atento para evitar conduzir os estudantes a respostas que ele considere mais adequadas, uma vez que, nesse momento, espera-se que os estudantes resolvam a situação-problema a partir de seus conhecimentos prévios sobre argumentação científica e sobre o agrotóxico Roundup®.

Ressalta-se ainda que a situação-problema deverá ser retomada durante todo o desenvolvimento desta SEI, ora de modo individual, ora de modo coletivo. Portanto, é importante que o professor oriente os estudantes a apresentarem para os colegas nas discussões coletivas os seus argumentos individuais construídos na aula anterior, objetivando, desse modo, a divulgação de ideias entre os estudantes.

Atividade 2

Situação-problema

O Roundup® é o agrotóxico mais utilizado no Brasil.

Seu consumo está relacionado às suas propriedades químicas, físico-químicas e bioquímicas, as quais proporcionam ao Roundup® alta eficiência como herbicida. Porém, sua utilização é tema de muitos debates e divergem opiniões em relação às consequências de contaminações ambientais e danos à saúde humana. É possível identificar vertentes que apoiam seu uso, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo do agronegócio, e outras que se opõem, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo de orgânicos.

Os argumentos considerados válidos para o debate sobre a utilização de agrotóxicos como o Roundup® devem ser estruturados por conhecimento científico, como por exemplo conhecimentos químicos, sociais, ambientais, tecnológicos, econômicos, históricos, entre outros.

Nesse sentido, você foi escolhido(a) para argumentar em um debate de televisão, evidenciando seu posicionamento, sobre a utilização ou não de um agrotóxico similar ao Roundup®.

Assim, qual argumento científico você construirá para participar do debate?

Proposta para avaliação

O professor pode considerar os argumentos coletivos construídos como avaliações para essa aula.

Observações para o professor

Considera-se importante que o professor elabore uma estratégia que considere mais adequada para arquivar as respostas dos estudantes para a Atividades 2, uma vez que durante o desenvolvimento da SEI serão propostas, em momentos distintos, atividades para que os estudantes reavaliem e reconstruam os argumentos coletivos construídos nessa aula, visando assim possibilitar o desenvolvimento de habilidades argumentativas pelos estudantes e soluções mais completas à situação-problema, de modo coletivo.

TERCEIRA AULA: SISTEMATIZAÇÃO DA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA E APRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE ARGUMENTOS CIENTÍFICOS VÁLIDOS

Conteúdos

- **Conceituais:** argumentação orientada por senso comum e argumentação científica; elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados.
- **Procedimentais:** expressar, de modo oral, os conhecimentos prévios sobre argumentação; participar ativamente durante as discussões.
- **Atitudinais:** compreender as características da argumentação científica e os critérios para a construção de argumentos científicos; elaborar a distinção entre argumentação científica e argumentação orientada por senso comum.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes participem ativamente das discussões que objetivam promover a compreensão da definição de argumentação científica, a relação entre argumentação e aprendizagem de conceitos químicos, a importância da argumentação como prática científica, bem como os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados.

Espera-se também que os estudantes identifiquem as diferenças entre argumentação orientada por senso comum e argumentação científica.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se iniciar a aula retomando a situação-problema, por meio de sua leitura e discussão, visando ao envolvimento de toda a turma, objetivando que os estudantes expressem, oralmente, como resolveram a situação-problema proposta na aula anterior, questionando se eles chegaram a um consenso ou não para a construção de um argumento coletivo que sintetizasse o conhecimento e o posicionamento de todos os integrantes do grupo.

Para o segundo momento dessa aula é sugerido o desenvolvimento de uma apresentação expositiva dialogada, utilizando *slides* como ferramenta de ensino.

Consideramos importante que na apresentação expositiva o professor possa oferecer aos estudantes exemplos de argumentação comumente encontrados no cotidiano dos estudantes, visando por meio dessa estratégia potencializar as discussões e promover condições para que os estudantes possam identificar diferenças entre a argumentação orientada por senso comum e a argumentação orientada por conhecimento científico.

Para isso, o professor pode utilizar na apresentação tirinhas, reportagens e vídeos que demonstrem exemplos de argumentação.

Consideramos importante também que nessa apresentação expositiva contenha a rubrica dos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados (Quadro 2, p. 16), e que esses elementos sejam discutidos e detalhados com os estudantes.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A discussão inicial se justifica por ser um momento que pode promover condições para sistematização das ideias e ações desenvolvidas pelos estudantes durante a atividade proposta na aula anterior (Segunda Aula), para a solução da situação-problema. Esse momento objetiva promover condições para que os “estudantes discutam, novamente, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema proposto” (CARVALHO, 2018, p. 09).

Outra justificativa relevante para o desenvolvimento dessa atividade de discussão inicial é promover condições para que a argumentação oral surja no início da aula, visando contemplar a ação pró-argumentação falar e ouvir, que visa incentivar a discussão entre os estudantes (LOURENÇO; MICHALISKI; QUEIROZ, 2017). Nesse momento a discussão ocorrerá entre os estudantes e o professor.

É importante ressaltar que, nesse momento, o professor considere a gestão de tempo da aula, visando promover tempo e espaço para que os estudantes expressem de forma oral seus conhecimentos sobre argumentação e que, por meio de questionamentos, o professor medie a discussão de modo a auxiliar os estudantes na compreensão e distinção entre argumentação orientada por senso comum e argumentação científica, de modo que a discussão promovida esteja de acordo com os pressupostos da abordagem do Ensino por Investigação, promovendo condições

para que os estudantes manifestem suas ideias, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos durante as atividades propostas.

A apresentação expositiva dialogada sugerida para o momento posterior à discussão entre os estudantes é relevante, pois objetiva iniciar os processos de ensino e aprendizagem sobre os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados (SANDOVAL; REISER, 2004).

Ainda sobre o desenvolvimento da atividade expositiva dialogada, é relevante ressaltar que essa atividade pode promover condições para que os estudantes elaborem a importante relação entre argumentação científica e a aprendizagem de conceitos químicos, bem como compreendam a relevância da argumentação científica em seu cotidiano.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Discussão visando à sistematização da primeira resolução da situação-problema.

Sugere-se ao professor iniciar essa aula retomando a situação-problema por meio de sua leitura e da promoção de uma discussão visando envolver toda a turma. O professor pode formar uma roda de conversa com os estudantes para o desenvolvimento da discussão.

Nesse momento considera-se que o professor esteja atento às respostas dos estudantes para que, a partir dessas, possa elaborar outros questionamentos, visando ajudar os estudantes na organização de suas ideias e conhecimentos sobre argumentação.

Questões sugeridas para orientar a discussão:

- O que vocês acharam da atividade de construir um argumento científico para participarem de um debate de televisão? (Fácil? Difícil?)
- Que dificuldades vocês encontraram?
- Que facilidades vocês encontraram?
- Aos grupos que são contra o uso de agrotóxicos, por que vocês têm esse posicionamento?
- Aos grupos que são a favor do uso de agrotóxicos, por que vocês têm esse posicionamento?
- Como vocês resolveram a situação-problema proposta?

- Como vocês construíram um argumento que sintetizasse o conhecimento e o posicionamento de todos os integrantes do grupo?
- Por que resolveram dessa forma?
- Em que situação do cotidiano de vocês é possível identificar a importância de saber argumentar?
- Por que estamos utilizando o termo argumento científico e não apenas argumento?
- Que diferenças vocês consideram existir entre os termos argumentos científicos e argumentos?
- O que é necessário para construir argumentos científicos?

Segundo momento da aula: Apresentação expositiva dialogada – Argumentação Científica.

Após o momento de discussão inicial sugere-se ao professor desenvolver, durante o restante da aula, a apresentação expositiva dialogada, por meio de *slides* ou outras estratégias que considerar mais adequada.

Considerando a proposta desta SEI, em promover condições para a manifestação de habilidades epistemológicas da argumentação, sugerimos ao professor considerar e orientar a elaboração de sua apresentação expositiva, considerando os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos propostos por Sandoval e Reiser (2004), de modo que o professor possa valer-se desses elementos para a elaboração de exemplos e explicações aos estudantes, visando promover condições para que os estudantes possam compreender esses elementos.

Sugere-se ao professor que, durante o desenvolvimento da apresentação expositiva dialogada, promova condições para que os estudantes explicitem suas percepções sobre os conteúdos discutidos durante a apresentação, de modo que possibilite a identificação, por parte dos estudantes, da presença de argumentação no cotidiano deles, mas que, também, sejam promovidas condições para que eles elaborem as distinções entre a argumentação cotidiana e a argumentação científica, sendo esta um dos objetivos centrais dessa SEI.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar como avaliação a participação dos estudantes durante as discussões promovidas nessa aula.

Observações para o professor

Sugere-se ao professor que o desenvolvimento das segunda e terceira aulas desta SEI sejam em aulas duplas ou seguidas, visando promover a sistematização das ideias dos estudantes, de modo a minimizar o distanciamento cronológico dos conteúdos discutidos nessa aula, e que são relevantes para o desenvolvimento da terceira aula.

QUARTA AULA: ANALISANDO UM ARGUMENTO

Conteúdos

- **Conceituais:** elementos epistêmicos da argumentação científica.
- **Procedimentais:** analisar e discutir entre os pares o exemplo de um argumento; responder às questões propostas.
- **Atitudinais:** compreender os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados.

Objetivos

Espera-se que nessa aula, ao analisar um argumento construído considerando os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados, os estudantes possam reconhecer os elementos essenciais para a construção de argumentos científicos informados, assim como possam, também, compreender e sistematizar suas ideias sobre esses elementos, bem como a relevância deles na construção de seus argumentos.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se ao professor iniciar essa aula disponibilizando aos estudantes a Atividade 3, visando o seu desenvolvimento de modo coletivo, por meio da formação de pequenos grupos. A disponibilização dessa atividade pode ser de forma impressa, projetada em *slides*, escrita no quadro ou por meio de outras estratégias que o professor considerar mais adequadas.

Sugere-se ainda que a Atividade 3 seja a única atividade desenvolvida durante a aula, uma vez que requer tempo para as análises, discussões e resolução das questões propostas nessa atividade.

Para o segundo momento dessa aula é sugerido o desenvolvimento da sistematização das respostas dos estudantes para a resolução da Atividade 3.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A atividade para análise de um argumento científico objetiva promover condições para o envolvimento dos estudantes na ação pró-argumentação: “avaliar argumentos, que visa incentivar os estudantes a desenvolverem os processos de avaliação e reflexão sobre o que é necessário para a construção de um argumento científico, considerando evidências que o sustentam” (LOURENÇO; MICHALISKI; QUEIROZ, 2017, p. 2732).

A Atividade 3 objetiva também promover condições para que os estudantes compreendam os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados (SANDOVAL; REISER, 2004), uma vez que nessa atividade é proposta aos estudantes a identificação desses elementos no exemplo de argumento apresentado a eles.

É importante ressaltar ao professor que o argumento científico proposto para a análise foi elaborado contemplando os critérios: elaboração de uma conclusão, uso de evidências, construção de relações causais, documentar limitações do argumentos e, propositalmente, não contempla o critério descartar explicações alternativas, visando não influenciar os estudantes em uma direção de raciocínio ou fornecer respostas para eles, considerando que o objetivo desse exemplo de um argumento é fornecer evidências sobre o uso do Roundup®, bem como fornecer opções de estratégias e orientações para que os estudantes possam elaborar seus próprios raciocínios, de modo que possam desenvolver suas investigações, visando dessa forma auxiliá-los na construção de seus argumentos, como por exemplo quando é apresentado no argumento: “descartam-se neste evidências [...] sobre impactos ambientais provocados pela sua utilização”, situação na qual os estudantes podem escolher construir argumentos com posicionamentos contra ou a favor ao uso do Roundup®, considerando como evidências e relações causais os impactos ambientais provocados pelo uso desse agrotóxico.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Analisando um argumento.

Sugere-se ao professor iniciar essa aula solicitando a formação de pequenos grupos e disponibilizando aos estudantes a Atividade 3 juntamente com o quadro

apresentando os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados.

A disponibilização da Atividade 3 e dos elementos epistêmicos pode ser realizada por meio de estratégias que o professor considerar mais adequada, entretanto, sugere-se que, se possível, sejam preferencialmente disponibilizados de forma impressa, visando facilitar o seu desenvolvimento pelos estudantes.

Atividade 3

Analizando um argumento científico

O Roundup® é o agrotóxico mais utilizado no Brasil.

Roundup® é o nome comercial para um agrotóxico da classe dos herbicidas (matam plantas), inicialmente fabricado pela empresa Norte Americana Monsanto, que em 2018 foi comprada pela empresa alemã Bayer. Esse agrotóxico é muito utilizado para matar plantas indesejadas em plantações de soja, milho, entre outros, e em pastos para gado ou em terrenos baldios.

O Roundup® tem como princípio ativo uma substância conhecida como glifosato (N-(fosfonometil) glicina), cuja fórmula molecular é, $C_3H_8NO_5P$.

O glifosato é uma substância química, que possui alta solubilidade (propriedade físico-química) em água (12 g/L a 25 °C). Essa propriedade do glifosato facilita o preparo de soluções cujas concentrações podem ser distintas. A alta solubilidade do glifosato também promove facilidades nas condições de sua aplicação e sua absorção nas plantações, bem como no transporte no interior das plantas, ocasionando, assim, a morte delas.

Portanto, a solubilidade pode ser uma evidência científica que contribua para o entendimento de que o Roundup®/Glifosato seja o agrotóxico mais utilizado no Brasil.

Por meio da argumentação apresentada anteriormente, a qual evidencia a alta utilização do glifosato no Brasil a suas propriedades físico-químicas, como a solubilidade, não se evidencia a consideração de posicionamentos contra ou a favor sobre a sua utilização, considerando, por exemplo, os impactos ambientais, aspectos sociais e políticos, bem como relações com outros conceitos científicos associados.

Nesse sentido, pense nas seguintes questões para avaliar se esse argumento pode ser considerado válido e científico, respondendo em seguida as questões.

Questões:

- 1) Podemos considerar que o argumento acima, sobre a utilização do Roundup®, pode ser considerado uma boa argumentação? Justifique sua resposta.

- 2) O argumento apresenta uma conclusão formulada? Justifique sua resposta.

- 3) É possível identificar no argumento o uso de evidências que sustentem essa conclusão? Justifique sua resposta.

- 4) É possível identificar no argumento relações causais entre as evidências? Justifique sua resposta.

Observação: Relações causais são relações entre evidências que explicam como e o porquê as coisas acontecem. Um exemplo hipotético: A causa B, que causa C e por isso acontece D.

- 5) O argumento apresenta o descarte de explicações alternativas? Justifique sua resposta.

Observação: O descarte de explicações alternativas refere-se à ação de analisar alternativas distintas da apresentada no argumento, outras análises sobre a mesma situação, ou situação distinta, e considerar que a explicação construída é melhor do que as outras possibilidades de explicação, justificando essa escolha. O argumento deve documentar por que as explicações alternativas foram rejeitadas, em favor da explicação escolhida.

- 6) O argumento apresenta limitações da explicação construída? Justifique sua resposta.

Observação: Apresentar limitações da explicação refere-se à ação, de documentar dados, perspectivas e análises que não foram consideradas na explicação/argumento, mas que podem ser perspectivas relevantes.

Elemento	Descrição para os Estudantes
Coerência causal	Argumentos científicos são construídos por meio de explicações causais. São enunciados sobre como uma situação causa outra. Elas explicam como ou por que as coisas acontecem. Os argumentos científicos envolvem relações de causa e efeito: A causa B, que causa C, e causa D.
Uso de evidências	Os argumentos científicos são científicos porque são baseados em padrões de dados/evidências. Deve-se considerar a lógica para vincular as evidências para apoiar seus argumentos. É importante citar as evidências e vincular essas evidências, especificamente, para apoiar partes de seus argumentos.
Descartar explicações alternativas	Como a maioria dos cientistas, rejeitar ideias ao longo do caminho, é um processo natural, para determinar o que é considerado como o melhor argumento. Não é possível ter certeza de que se tem o melhor argumento se não considerou argumentos/ explicações alternativas e documentou o porquê esses argumentos/explicações devem ser rejeitados em favor de um argumento/explicação melhor. É importante apresentar pelo menos duas explicações articuladas ao posicionamento escolhido, para o suporte de argumento.
Documentar as limitações de seus argumentos	Qualquer argumento, por mais abrangente que seja não será capaz de dar conta de todos os dados/evidências disponíveis. Portanto é importante documentar as limitações dos argumentos construídos. Argumentos sem limitações não documentadas perdem aspectos de validação.

Segundo momento da aula: Sistematização da resolução da Atividade 3.

Após os estudantes resolverem a Atividade 3 é sugerido que seja promovido um momento para a sistematização das ideias dos estudantes, partindo de suas respostas para essa atividade.

A sistematização visa promover condições para a compreensão correta dos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados, uma vez que os estudantes podem elaborar interpretações equivocadas sobre o argumento da Atividade 3 e, também, sobre os elementos epistêmicos apresentados a eles.

Sobre as possíveis interpretações equivocadas dos estudantes destacamos, por exemplo, dificuldades em identificar o objetivo do argumento apresentado a eles. Na tentativa de relacionar o argumento às discussões desenvolvidas na aulas anteriores, os estudantes podem também apresentar dificuldades de identificar evidências nesse argumento, por buscarem encontrar evidências relacionadas a um posicionamento sobre o consumo desse agrotóxico.

Portanto, esse momento de sistematização é importante para auxiliar os estudantes a interpretarem de modo mais adequado os objetivos do argumento e também dos elementos para a construção de argumentos científicos informados, sendo esse momento oportuno para que o professor elabore explicações detalhadas sobre cada um dos elementos, valendo-se de exemplos hipotéticos.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar como avaliação dessa aula o desenvolvimento das questões da Atividade 3.

QUINTA AULA: ABORDAGEM MACROSCÓPICA – EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS INVESTIGATIVOS – PREPARO E DILUIÇÃO DE SOLUÇÕES

Conteúdos

- **Conceituais:** misturas heterogêneas e homogêneas; soluções; soluto; solvente; concentração de soluções; preparo de soluções com concentrações distintas; diluição.
- **Procedimentais:** observar as evidências macroscópicas; participar da discussão durante o desenvolvimento do experimento; anotar os dados; resolver questões.
- **Atitudinais:** identificar e compreender as evidências macroscópicas do preparo e diluição de soluções; compreender o agrotóxico glifosato como uma solução aquosa.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes distingam misturas homogêneas e heterogêneas e que elaborem hipóteses sobre as evidências macroscópicas de misturas heterogêneas, homogêneas e de soluções, respondendo aos questionamentos do professor a partir de seus conhecimentos prévios.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se iniciar a aula com o desenvolvendo dos experimentos pelo professor, de modo que seja uma demonstração investigativa. Sugere-se também que seja disponibilizada aos estudantes a Atividade 4: Roteiro Experimental, para que eles possam acompanhar o procedimento experimental a ser desenvolvido pelo professor e, também, a Atividade 5, para que de modo individual os estudantes realizem suas anotações durante o desenvolvimento dos experimentos.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

O desenvolvimento dos experimentos de modo demonstrativo se justifica por se tratar de uma proposta na qual serão preparadas misturas, soluções e diluições de soluções, e será utilizada como solução estoque a solução de glifosato, podendo ser fonte de riscos de contaminações aos estudantes.

Portanto, é sugerido o desenvolvimento dessa atividade experimental de modo demonstrativo, entretanto, objetiva-se que ela seja investigativa e dialogada com os estudantes, de modo a promover condições para o levantamento e teste de hipóteses, discussões sobre como resolver o problema e análises dos resultados, visando, dessa forma, promover condições para que o raciocínio e a argumentação sejam desenvolvidos por eles (CARVALHO, 2018).

O desenvolvimento da Atividade 5 objetiva promover condições para a sistematização e organização das observações macroscópicas desenvolvidas pelos estudantes durante o desenvolvimento dos experimentos.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Atividade experimental demonstrativa investigativa.

Sugere-se ao professor iniciar essa aula desenvolvendo as atividades experimentais demonstrativas investigativas sobre o preparo de soluções e a diluição de solução. A Atividade 4: Roteiros das atividades experimentais e a Atividade 5: Questões sobre o preparo e diluição de soluções deverão ser disponibilizadas aos estudantes, por meio de estratégias que o professor considerar mais adequadas, visando promover condições para que os estudantes acompanhem o procedimento desenvolvido por ele e anotem as observações realizadas durante a atividade experimental.

É sugerido que as soluções sejam preparadas e mantidas em uma mesa no centro da sala, ou no laboratório, de modo que todos os estudantes consigam visualizar o procedimento desenvolvido pelo professor.

Atividade 4: Roteiro Experimental

Preparo de soluções

- 1) Em um béquer de 50 mL, adicionar, utilizando uma proveta, 10 mL de água e 10 mL de leite de magnésia.
- 2) Pesar uma amostra de 0,66 g de sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
 - Transferir a amostra para um béquer de 50 mL.
 - Utilizando uma proveta adicionar 10 mL de água no béquer, visando à solubilização do $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
 - Com o auxílio de um funil e de um bastão de vidro, transferir a solução preparada para um balão volumétrico de 100 mL.
- 3) Pesar uma amostra de 1,00 g de sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
 - Transferir a amostra para um béquer de 50 mL.
 - Utilizando uma proveta, adicionar 10 mL de água no béquer, visando à solubilização do $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
 - Com o auxílio de um funil e de um bastão de vidro, transferir a solução preparada para um balão volumétrico de 150 mL.
- 4) Em um béquer de 50 mL, adicionar 10 mL de água e 10 mL de óleo de soja.

Roteiro Experimental - Diluição de soluções.

- 1) Diluir a solução preparada a partir de 0,66 g ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) com o auxílio de uma proveta, transferindo 15 mL de água para o balão volumétrico, de modo que o volume dessa solução atinja 25 mL.
 - Repetir o procedimento acima, adicionando 25 mL de água, de modo que o volume dessa solução atinja 50 mL.
 - Adicionar água, até o menisco do balão volumétrico.
- 2) Diluir a solução preparada a partir de 1,0 g ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), com o auxílio de uma proveta, transferindo 15 mL de água para o balão volumétrico, de modo que o volume dessa solução atinja 25 mL.
 - Repetir o procedimento acima, adicionando 25 mL de água, de modo que o volume dessa solução atinja 50 mL.
 - Adicionar água até o menisco do balão volumétrico.
- 3) Com o auxílio de uma pipeta graduada, retirar uma amostra de mL ml da solução estoque de glifosato, e transferir a amostra para um balão volumétrico de 100 mL.
 - Diluir a solução estoque de $\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P}$, com o auxílio de uma pipeta graduada, transferindo 15 mL de água para o balão volumétrico, de modo que o volume dessa solução atinja 25 mL.
 - Repetir o procedimento acima, adicionando 25 mL de água, de modo que o volume dessa solução atinja 50 mL.
 - Adicionar água até o menisco do balão volumétrico.

Durante o preparo das misturas homogêneas e heterogêneas é sugerido que o professor verbalize todas as substâncias e vidrarias que estão sendo manipuladas, bem como medeie a discussão com questionamentos, visando direcionar a atenção dos estudantes para os aspectos macroscópicos das misturas heterogêneas e soluções, aspectos esses como: intensidade da coloração, homogeneidade, entre outros.

Durante o preparo das soluções é sugerido ao professor desenvolver questionamentos aos estudantes, de modo que sejam promovidas condições para que eles identifiquem e diferenciem as misturas heterogêneas e as soluções, bem como levantem e testem hipóteses sobre a homogeneidade das soluções, de modo que os estudantes possam identificar e compreender a homogeneidade como característica fundamental das soluções.

Após o preparo das misturas e das soluções é sugerido ao professor retirar do campo de visão dos estudantes as misturas heterogêneas, objetivando desenvolver os próximos questionamentos apenas sobre as soluções preparadas, de forma a promover condições para que os estudantes identifiquem as substâncias constituintes das soluções, bem como sejam levantadas e testadas hipóteses sobre os conceitos de soluto e solvente e a identificação destes nas soluções preparadas.

Após esse momento, é sugerido direcionar a atenção dos estudantes para as soluções de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, que foram preparadas utilizando diferentes massas do soluto, objetivando promover condições para a elaboração de hipóteses sobre a variação na concentração de acordo com a variação dos constituintes da solução. Partindo dessa discussão, iniciar os processos de diluição das soluções de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ e de $C_3H_8NO_5P$.

Durante o desenvolvimento das diluições das soluções é sugerido ao professor elaborar questionamentos visando direcionar a atenção dos estudantes para a relação entre a variação da concentração e a variação da quantidade dos constituintes; promover condições para o levantamento de hipóteses sobre a presença ou ausência de soluto nas soluções de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ e de $C_3H_8NO_5P$, mesmo após sucessivas diluições e sem evidências de coloração, como é o caso da solução de $C_3H_8NO_5P$.

Questões sugeridas para orientar as atividades experimentais demonstrativas investigativas:

- O sistema⁶ leite de magnésia e água pode ser classificado como uma mistura homogênea, heterogênea ou uma solução? Justifique sua resposta.

⁶O sistema leite de magnésia e água é um coloide, porém no contexto da elaboração e desenvolvimento desta SEI as misturas coloidais não foram consideradas como conteúdo a ser abordado e discutido, mas nesse contexto foram consideradas como misturas heterogêneas devido à ausência na interação entre o leite de magnésia e a água após o repouso da mistura.

- Que evidências macroscópicas podem ser observadas no sistema leite de magnésia e água?
- Qual o nome do procedimento de adicionar água ao sulfato de cobre?
- O sistema sulfato de cobre e água pode ser classificado como uma mistura homogênea, heterogênea ou uma solução? Justifique sua resposta.
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas no sistema sulfato de cobre e água?
- É possível identificar evidências distintas entre os dois sistemas de sulfato de cobre e água? Justifique.
- O sistema óleo e água pode ser classificado como uma mistura homogênea, heterogênea ou uma solução? Justifique.
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas no sistema água e óleo?
- Soluções são misturas de substâncias?
- Que substâncias estão presentes no preparo e diluição das soluções?
- Que substância está em maior/menor quantidade?
- Qual a substância é o soluto e qual é o solvente das soluções?
- Como podemos definir a concentração das soluções?

Atividade 5

Preparo e diluição de soluções

- 1) Considerando todas as misturas realizadas na atividade experimental demonstrativa, preencha a tabela a seguir.

Evidências	Água e Leite de Magnésia	0,66 g de $(CuSO_4 \cdot 5H_2O)$	1,00 g de $(CuSO_4 \cdot 5H_2O)$	Água e Óleo de Soja	Solução estoque de $C_3H_8NO_5$
Coloração					
Intensidade da Coloração					
Homogênea					
Heterogênea					
Substâncias adicionadas					
Quantidade de cada substância					
Soluto					
Solvente					
Maior Concentração					
Menor Concentração					

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para a Atividade 5 como avaliação para essa aula.

Observações para o professor

O professor pode separar, em duas aulas, o desenvolvimento dos experimentos propostos nessa aula, bem como substituir a solução de glifosato, possibilitando assim a realização das atividades experimentais pelos estudantes.

SEXTA AULA: SISTEMATIZAÇÃO MACROSCÓPICA DO CONCEITO DE SOLUÇÕES

Conteúdos

- **Conceituais:** homogeneidade; soluções; tipos de soluções; soluto; solvente; solubilidade; dissolução; interações entre soluto e solvente; interações moleculares do tipo interações de hidrogênio e íon-dipolo; compostos/substâncias; partículas; processos físicos e químicos; concentração de soluções; preparo de soluções com concentrações distintas; diluição.
- **Procedimentais:** elaborar hipóteses; responder e discutir as questões propostas durante a aula; apresentar para os colegas as questões resolvidas na atividade proposta anteriormente.
- **Atitudinais:** identificar e compreender as evidências macroscópicas de soluções; compreender o agrotóxico glifosato como uma solução; compreender os conceitos relacionados ao conteúdo de soluções; reconhecer soluções no cotidiano.

Objetivo

Espera-se que nessa aula os estudantes envolvam-se na discussão para a retomada dos conceitos e termos abordados durante o desenvolvimento dos experimentos e na Atividade 5 (desenvolvida na Quinta Aula), de modo que expressem, de forma oral, as suas compreensões e entendimentos sobre os questionamentos desenvolvidos pelo professor na aula anterior.

Espera-se que sejam desenvolvidas a sistematização e a conceitualização de conceitos e termos, como soluções líquidas, gasosas e sólidas, soluto, solvente, substâncias/compostos, processos físicos e químicos, interações moleculares que ocorrem entre o soluto e o solvente em soluções, ligações químicas, compostos iônicos e moleculares, átomos, moléculas, partículas, íons, solvatação e solubilidade.

Espera-se também que os estudantes identifiquem algumas soluções e misturas presentes no cotidiano.

Estratégias/Metodologias

Sugere-se iniciar essa aula com o desenvolvimento de discussões visando à sistematização das ideias e explanação de possíveis dúvidas dos estudantes sobre a execução dos experimentos e da Atividade 5. Para esse momento é importante retomar alguns questionamentos elaborados pelo professor durante o desenvolvimento dos experimentos.

Para o momento seguinte dessa aula é sugerido o desenvolvimento de uma apresentação expositiva dialogada, por meio da utilização de *slides*, visando à conceitualização dos termos e conceitos importantes para o entendimento do conteúdo de soluções.

Desenvolvimento da Aula

Primeiro momento da aula: Sistematização das hipóteses elaboradas durante o desenvolvimento dos experimentos demonstrativos.

Iniciar a aula com discussões, objetivando que os estudantes expressem suas ideias, hipóteses e dúvidas, sobre o desenvolvimento dos experimentos e sobre a resolução das questões da Atividade 5.

É importante que o professor avalie as questões da Atividade 5 respondidas pelos estudantes e, também, as possíveis anotações realizadas por eles, objetivando identificar incompreensões, dúvidas e/ou dificuldades, assim como potencialidades nas respostas, visando dessa forma fomentar a discussão inicial.

Questões que podem orientar a discussão:

- Vocês fizeram anotações sobre o desenvolvimento dos experimentos ou sobre a resolução das questões da Atividade 5? Expressem-nas para os colegas.
- Alguma dúvida sobre o experimento e/ou sobre a Atividade 5?
- O sistema leite de magnésia e água é uma mistura homogênea, uma mistura heterogênea ou uma solução? Justifique.
- Qual a sua compreensão sobre uma mistura homogênea?
- Qual a sua compreensão sobre uma mistura heterogênea?
- Qual a sua compreensão sobre uma solução?
- Qual a sua compreensão sobre substâncias/compostos?

- Quais são as características macroscópicas de uma mistura homogênea?
- Quais são as características macroscópicas de uma mistura heterogênea?
- Quais são as características macroscópicas de uma solução?
- Qual é a diferença entre mistura homogênea, mistura heterogênea e solução?
- Podemos afirmar que uma solução é uma mistura homogênea? Justifique. Que evidências (macroscópicas/científicas/senso comum) suportam seu posicionamento?
- Quais foram as evidências macroscópicas (visuais) observadas no sistema leite de magnésia e água?
- Qual o nome do procedimento de adicionar água ao sulfato de cobre (ou a qualquer outro sólido)?
- O sistema sulfato de cobre e água pode ser classificado como uma mistura heterogênea ou uma solução? Justifique.
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas no sistema sulfato de cobre e água?
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas quando comparamos os sistemas que foram preparados a partir de 0,66 g de sulfato de cobre e a partir de 1,0 g de sulfato de cobre? É possível identificar alguma evidência macroscópica diferente entre esses dois sistemas? (Justifique em caso afirmativo: O que provocou essas evidências macroscópicas diferentes?).
- O sistema óleo e água pode ser classificado como uma mistura heterogênea ou uma solução? Justifique.
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas no sistema água e óleo?
- Sobre o repouso dos sistemas leite de magnésia e água e do óleo e água, que evidências macroscópicas vocês observaram? Observar esses sistemas após o repouso modificou as respostas/posicionamento anterior de vocês? Justifique.
- É possível afirmar que durante o desenvolvimento dos experimentos foram preparadas misturas e soluções? Justifique.

- Apresentem pelo menos três exemplos de misturas heterogêneas e de soluções presentes no cotidiano de vocês.
- Considerando todos os sistemas preparados, que evidências macroscópicas podem ser observadas e comparadas entre esses sistemas? Que evidências são observadas em um sistema e não são observadas no outro ou outros, e vice-versa?
- Considerando os sistemas preparados com sulfato de cobre, que evidências macroscópicas podem ser observadas e comparadas entre esses sistemas? Justifique.
- Por que eu chamo de soluções apenas os sistemas sulfato de cobre e água e não os sistemas leite de magnésia e água e óleo e água? Justifique.
- Que evidências macroscópicas foram observadas por vocês, na solução de glifosato?
- O que significa diluir uma solução?
- Que evidências macroscópicas podem ser observadas quando as soluções de sulfato de cobre e glifosato foram diluídas? (O que podemos dizer sobre a homogeneidade, intensidade da coloração, ao diluir essas soluções?).
- Que evidências macroscópicas podem ser comparadas entre as três soluções diluídas?
- Nas soluções preparadas e diluídas existem outras evidências além das macroscópicas? Justifique. Se sim, quais? Como identificá-las e/ou determiná-las?
- E os compostos? É possível identificá-los nas soluções? E nas misturas heterogêneas? Quais são os compostos presentes nas misturas heterogêneas e nas soluções? Justifique.
- O que são compostos/substâncias?
- Nas soluções, que composto está em maior quantidade? E que composto está em menor quantidade?
- Que conclusões podem ser elaboradas a partir da identificação das quantidades dos compostos de uma solução?
- Considerando as soluções, que composto é o soluto? E que composto é o solvente? Justifique.
- O que significa soluto?

- O que significa solvente?
- O soluto é necessariamente sólido?
- Após sucessivas diluições é possível afirmar que há soluto nas três soluções? Justifique.
- E sobre a concentração dessas soluções? Tem alguma evidência macroscópica que permita a inferência sobre as concentrações das soluções preparadas? Justifique.
- O que é concentração de uma solução?

Consideramos que as questões anteriormente apresentadas são apenas sugestões ao professor, e que não há necessidade da discussão de todos esses questionamentos. O professor pode orientar-se por essas sugestões e também elaborar questionamentos que considerar relevantes para a discussão.

Segundo momento da aula: Conceitualização de termos inerentes ao conteúdo de soluções.

Nesse momento da aula é sugerido que o professor desenvolva uma apresentação expositiva dialogada com os estudantes, por meio de *slides* ou por meio de outra ferramenta que considerar mais adequada.

Na apresentação consideramos importante abordar conceitos químicos relacionados com o conteúdo de soluções, tais como soluções líquidas, gasosas e sólidas, soluto, solvente, substâncias/compostos, processos físicos e químicos, interações moleculares que ocorrem entre o soluto e o solvente em soluções, ligações químicas, compostos iônicos e moleculares, átomos, moléculas, partículas, íons, solvatação e solubilidade.

Ressaltamos que no contexto desse produto educacional, consideramos que os estudantes já possuem conhecimento científico sobre alguns conceitos anteriormente descritos, como por exemplo substâncias/compostos, processos físicos e químicos, interações moleculares, ligações químicas, compostos iônicos e moleculares, átomos, moléculas, partículas, íons, solvatação e solubilidade.

Nesse sentido, a proposta de discussões sobre esses conceitos nessa aula tem como objetivo promover a retomada desses conceitos anteriormente discutidos com os estudantes, devido à relevância do entendimento pelos estudantes desses

conceitos, para uma melhor compreensão da discussão sobre o conteúdo de soluções.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar a participação dos estudantes nas discussões como avaliação para essa aula.

Observações para o professor

Considera-se importante ressaltar para o professor a sugestão de desenvolver a proposta dessa aula em aulas duplas ou em aulas seguidas, uma vez que a discussão proposta para o primeiro momento dessa aula pode requerer um tempo maior para ser desenvolvida, e possivelmente 50 minutos de aula não seja tempo suficiente para o desenvolvimento das atividades propostas.

SÉTIMA AULA: ABORDAGEM SUBMICROSCÓPICA DO PREPARO DE SOLUÇÕES E DILUIÇÃO. UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO PHET – INTERACTIVE SIMULATIONS

Conteúdos

- **Conceituais:** concentração de soluções; interações intermoleculares.
- **Procedimentais:** desenvolver e manipular a simulação no *software*.
- **Atitudinais:** compreender as manipulações desenvolvidas no *software*, identificar e compreender as interações intermoleculares que ocorrem entre o soluto e solvente.

Objetivos

Espera-se que, nessa aula, os estudantes interpretem a relação entre concentração das soluções e a quantidade presente de partículas dos constituintes, bem como elaborem compreensões sobre o processo de dissolução das substâncias estarem relacionadas às interações intermoleculares que ocorrem entre o soluto e o solvente.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se desenvolver essa aula em um laboratório de informática, uma vez que a atividade proposta para a elaboração de interpretações submicroscópicas pelos estudantes, sobre o conteúdo de soluções, é realizada por meio da utilização do *software* PhET.

Entretanto, caso o desenvolvimento dessa atividade não seja possível em um laboratório de informática, o professor pode projetar a simulação por meio de uma apresentação em *slides*, desenvolvendo-a de forma dialogada com os estudantes. Pode, também, imprimir a atividade e entregar aos estudantes, ou então utilizar a estratégia que considerar mais adequada.

É sugerido que essa atividade seja desenvolvida em duplas, ou se possível de forma individual, entretanto, como citado acima, é possível também desenvolvê-la por meio de demonstração.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

O desenvolvimento da atividade de simulação utilizando o *software* PhET é considerada relevante para a abordagem submicroscópica do conteúdo de soluções, por ser uma estratégia que pode facilitar a mediação da construção do conhecimento entre os níveis macroscópico e submicroscópico, promovendo condições de visualização das interações entre as partículas do soluto e do solvente.

Carmo (2005, p. 185) considera a tendência dos estudantes “em fornecerem explicações macroscópicas aos conceitos relacionados à solução, influenciados pelos aspectos observáveis e pelas experiências que vivenciam em seu cotidiano”. Portanto, o desenvolvimento da atividade de simulação pelos estudantes pode se mostrar promissora no sentido de auxiliá-los na superação dessa tendência, e podendo também promover condições para que os estudantes consigam construir explicações sobre os conceitos de soluções no nível submicroscópico, ou seja, explicações mais científicas, tendo a possibilidade de relacionar os aspectos observáveis no nível macroscópico com as interações entre as partículas do soluto e do solvente que ocorrem no nível submicroscópico.

Nesse sentido, sugerimos ao professor que procure desenvolver discussões com os estudantes durante o desenvolvimento da simulação que possam contribuir com esse entendimento e, ainda, que procure promover condições para que os estudantes possam compreender as diferenças entre as interações soluto/solvente que ocorrem quando os solutos são iônicos e quando são moleculares.

No processo de dissolução de compostos iônicos em água, ocorrem as interações do tipo íon-dipolo, e consideramos importante promover condições para que os estudantes possam diferenciar o processo de dissociação iônica que ocorre em compostos iônicos quando em solução, do processo de dissolução dos compostos moleculares, nos quais ocorrem as ligações de hidrogênio em decorrência das interações entre as moléculas do soluto e do solvente.

Nesse sentido, Carmo (2005, p. 69-70) considera que o processo de dissolução de compostos iônicos é

essencialmente um processo de separação de íons preexistentes do soluto. Dessa forma, os íons existentes no cloreto de sódio, por exemplo, encontram-se fortemente atraídos através de forças eletrostáticas, devido à atração entre as cargas opostas dos íons. Quando este sólido entra em contato com o solvente molecular (H_2O), a ação desse solvente enfraquece as atrações eletrostáticas existentes entre os íons do composto, enquanto que os íons tornam-se solvatados ou hidratados pelas moléculas de água.

Já para as interações soluto/solvente que ocorrem no processo de dissolução de compostos moleculares, Carmo (2005, p. 70-71) considera que

as moléculas do soluto estão em contato com as moléculas da água; na superfície do sólido, as moléculas do soluto são atraídas para a solução pelas moléculas da água, em consequência das fortes ligações de hidrogênio que podem ser formadas entre ambas. Da mesma forma que as moléculas do soluto são auxiliadas a retornarem ao sólido por outras moléculas do soluto, também através da formação das ligações de hidrogênio. Como as interações de hidrogênio entre a molécula do solvente e do soluto são mais intensas, as moléculas do soluto sólido afastam-se da superfície deste e acabam interagindo com as moléculas do solvente.

Portanto, para promover condições para que os estudantes possam visualizar essas interações, e que possam compreendê-las, consideramos que a simulação é uma estratégia considerada relevante para a abordagem submicroscópica do conteúdo de solução. De acordo com Silva, Ferreira e Silveira (2014, p. 142), “a simulação ganha um caráter de experimento, preenchendo o vértice fenomenológico do triângulo de Johnstone (1991) que articula os três aspectos mais importantes da química do Ensino Médio”.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Organização dos estudantes no laboratório de informática.

Durante o momento de organização dos estudantes para o desenvolvimento da simulação, o professor pode disponibilizar a eles a Atividade 6 de forma impressa, ou apresentada em *slides*, visando orientá-los sobre as ações manipulativas a serem desenvolvidas durante a simulação. Considera-se importante nesse momento que o professor desenvolva orientações para os estudantes, sobre como desenvolver as ações manipulativas no *software* PhET.

Segundo momento da aula: Desenvolvimento da simulação: Soluções de Açúcar e Sal – PhET.

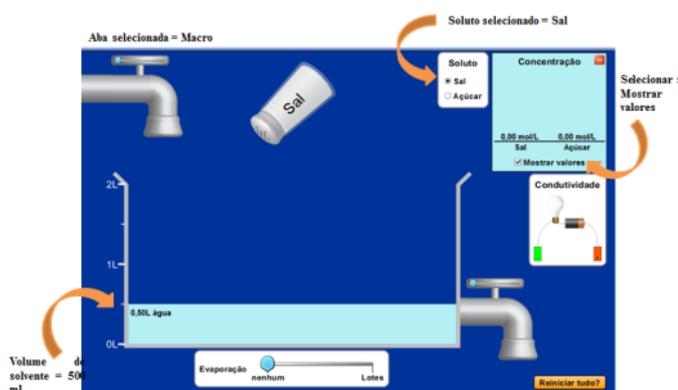
Após as orientações iniciais, sugere-se ao professor promover condições para que os estudantes desenvolvam as ações manipulativas na simulação de acordo com as questões propostas na Atividade 6, e que sejam desenvolvidas mediações por ele durante o desenvolvimento dessa atividade, de modo a auxiliar os estudantes na

compreensão dos aspectos submicroscópicos do conteúdo de soluções, auxiliando-os a passarem da ação manipulativa à ação intelectual (CARVALHO, 2018).

Atividade 6

Questões e orientações para a simulação utilizando o software PhET: Soluções de Açúcar e Sal

- 1) Para cada ação desenvolvida na simulação do software PhET: *Soluções de Açúcar (sacarose) e Sal (cloreto de sódio)*, complete o quadro a seguir, de acordo com as observações sobre os efeitos dessas ações na concentração das soluções.



Ações	Efeitos na Concentração
Adicionar mais soluto	
Adicionar mais água	
Evaporar água	
Retirar uma amostra da solução	

- 2) Considerando as ações abaixo, separe-as em dois grupos. Um grupo deve apresentar as ações que aumentam a concentração das soluções (sal e açúcar), e o outro grupo deve conter as ações que diminuem a concentração das soluções (sal e açúcar). Justifique sua resposta
- Adicionar mais soluto (sal ou açúcar).
 - Adicionar mais água.
 - Evaporar água.
 - Retirar uma amostra da solução.

- 3) Considerando as interações que ocorrem entre as partículas dos solutos e as partículas do solvente, descreva as suas observações sobre o comportamento das partículas em solução, de acordo com as situações propostas a seguir:

a)



i) Descreva suas observações sobre o comportamento das partículas do soluto em solução:

ii) Descreva suas observações sobre o efeito na concentração após a adição de partículas de soluto:

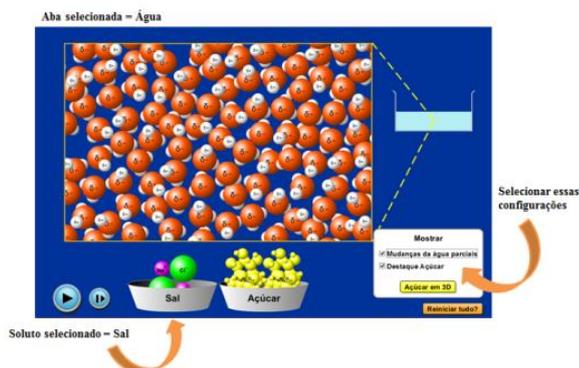
b)



i) Descreva suas observações sobre o comportamento das partículas do soluto em solução:

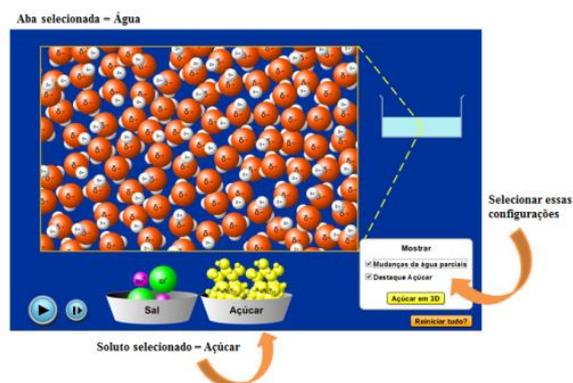
ii) Descreva suas observações sobre o efeito na concentração após a adição de partículas do soluto:

c)



i) Descreva suas observações sobre o comportamento das partículas do soluto em solução:

d)



i) Descreva suas observações sobre o comportamento das partículas do soluto em solução:

4) Considerando o comportamento do composto iônico NaCl, em solução, e considerando também o comportamento do composto molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ em solução, responda as questões abaixo.

a) Construa uma explicação científica que explique o comportamento do composto molecular glifosato ($C_3H_8NO_5P$), quando em solução.

b) Construa uma explicação científica que relacione o comportamento do glifosato ($C_3H_8NO_5P$) em solução, com sua alta solubilidade.

Observações para o professor

Vale ressaltar a importância de destacar, nas discussões durante o desenvolvimento da Atividade 6, a mudança gradual nos termos apresentados nas questões propostas nessa atividade, como por exemplo, na questão 1, a simulação será realizada na aba macroscópica, portanto são destacados termos como sal e açúcar. Na questão 2 é destacada uma mudança gradual de termos, ressaltando entre parênteses os nomes químicos desses compostos. Já na questão 3 a simulação será realizada na aba microscópica, portanto é importante que o professor auxilie o estudante a direcionar atenção para os diferentes termos sobre o conteúdo de soluções, uma vez que, nessa questão, não são mais utilizados os termos sal, açúcar e água, mas solutos, solventes e partículas.

OITAVA AULA: ABORDAGEM SIMBÓLICA DO PREPARO DE SOLUÇÕES E DILUIÇÃO

Conteúdos

- **Conceituais:** concentração molar; equação para o cálculo de molaridade; equação para o cálculo de diluição.
- **Procedimentais:** ler e interpretar um pequeno texto contendo informações científicas sobre o composto glifosato; desenvolver cálculos sobre concentração molar e diluição de soluções.
- **Atitudinais:** compreender os cálculos para a determinação da concentração de soluções; reconhecer soluções no cotidiano.

Objetivos

Espera-se que nessa aula os estudantes compreendam algumas das aplicações e importâncias das soluções no cotidiano e que desenvolvam cálculos para determinar a concentração de soluções.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se ao professor iniciar a aula com o desenvolvimento da Atividade 7, resolvendo as questões de modo dialogado com os estudantes, podendo utilizar como estratégia o quadro ou apresentação em *slides*.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A proposta de resolução das questões apresentadas na Atividade 7, de modo dialogado com os estudantes, objetiva iniciar a construção do conhecimento sobre as equações para o cálculo de concentração molar e de diluição de soluções, uma vez que será o primeiro contato dos estudantes com essas equações.

O desenvolvimento das questões de modo dialogado objetiva, também, minimizar, ou até mesmo evitar o surgimento de possíveis concepções alternativas pelos estudantes, uma vez que o conceito de soluções requer dos estudantes certo grau de abstração para a compreensão submicroscópica dos conceitos de interações intermoleculares relacionadas às soluções.

A discussão promovida por meio das questões propostas na Atividade 7 pode também promover condições que auxiliem os estudantes na compreensão da importância da aprendizagem do conteúdo de soluções e dos cálculos envolvidos nesse conteúdo, de modo que reconheçam a importância desse para a construção de argumentos científicos.

Espera-se que os estudantes possam reconhecer importantes soluções presentes em seu cotidiano.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Disponibilização da Atividade 7.

Sugere-se ao professor iniciar a aula disponibilizando aos estudantes a Atividade 7, visando o seu desenvolvimento de modo individual.

Segundo momento da aula: Resolução dialogada das questões apresentadas na Atividade 7.

Sugere-se ao professor realizar a leitura do texto para todos os estudantes e iniciar a resolução dialogada das questões propostas na Atividade 7, promovendo condições para que os estudantes expressem suas dúvidas.

Espera-se que, com a discussão para a resolução da questão 1 dessa atividade, os estudantes possam identificar o valor de 445 g/L, como a quantidade de glifosato sólido, que foi utilizado para preparar a solução contida na embalagem, cujo rótulo é representado na Figura 1 dessa atividade.

A partir dessa identificação pelos estudantes, o professor pode mediar a discussão para a construção da equação para a determinação da concentração molar das soluções, por meio do levantamento e teste de hipóteses.

Após o levantamento e teste de hipóteses sobre a equação para a determinação da concentração molar, é sugerido que a questão 2 e as demais questões propostas nessa atividade sejam desenvolvidas de modo dialogado com os estudantes.

Atividade 7

Cálculo de concentração e diluição

O comércio mundial de pesticidas cresce a cada ano. Embora muitas mudanças e inovações surjam conforme as necessidades do mercado, entre elas o advento das culturas transgênicas, resistentes a algumas pragas, o uso de herbicidas é destacado, visto que a maioria dessas inovações não impede o florescimento de ervas daninhas no campo. Atualmente, o herbicida glifosato (N-(fosfonometil) glicina), não seletivo, sistêmico, pós-emergente, representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos.

Características físico-químicas favoráveis, baixo custo, alta adsorção no solo, flexibilidade de aplicação e baixa toxicidade tem ajudado a fazer do glifosato o herbicida mais usado.

Apesar de o glifosato ser citado como pouco tóxico, há evidências de efeitos deletérios (efeitos prejudiciais) no ambiente, principalmente devido à resistência adquirida por algumas espécies de ervas, após o seu uso prolongado. Em diversos tipos de cultivo, o glifosato costuma ser pulverizado, sendo, em geral, absorvido na planta através de suas folhas e dos caulículos novos. O herbicida é, então, transportado por toda a planta, agindo nos vários sistemas enzimáticos, inibindo o metabolismo de aminoácidos. As plantas tratadas com glifosato morrem lentamente, em poucos dias ou semanas e, devido ao transporte por todo o sistema, nenhuma parte da planta sobrevive.

De acordo com a bula do Roundup Original®, este agrotóxico é muito utilizado em culturas de algodão, arroz irrigado, café, cana-de-açúcar, citros, milho, soja, e soja geneticamente modificada, com o objetivo de matar plantas invasoras, que competem por nutrientes do solo com a cultura de interesse.

Para cada tipo de cultura e cada tipo de planta invasora, o fabricante recomenda uma concentração específica para a solução a ser aplicada, como pode ser observado nos recortes da bula do Roundup Original®:

Figura 1 - Composição do Roundup Original®.

ROUNDUP ORIGINAL DI

VERIFICAR RESTRIÇÕES DE USO CONSTANTES NA LISTA DE AGROTÓXICOS DO PARANÁ

Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 00513

COMPOSIÇÃO:

Sal de Di-amônio de N-(phosphonomethyl)glycine (GLIFOSATO).....445 g/L (44,5% m/v)
Equivalente ácido de N-(phosphonomethyl)glycine (GLIFOSATO).....370 g/L (37,0% m/v)
Outros Ingredientes.....751 g/L (75,1% m/v)

Figura 2 – Recomendações para aplicação de Roundup Original® em plantações de soja transgênica.

Recomendações para aplicação de ROUNDUP ORIGINAL DI em soja geneticamente modificada tolerante ao Glifosato:

QUADRO II

Nome Científico	Nome Comum	FOLHA LARGA		Estádio de Crescimento da Planta Infestante	Época DAE (em relação à cultura)***
		Doses (Produto Comercial)			
		Dose L/ha*	Dose L / 100 litro água**		
<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga-fogo	1,75 a 2,75	0,875 a 1,375	Até 6 folhas Cerca de 10 cm de altura	Cerca de 25 dias
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim-bravo	2,5 a 2,75	1,250 a 1,375		
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabo-bravo	1,75 a 2,75	0,875 a 1,375		Estádio da soja: V3

* Dependente do estágio de desenvolvimento da planta infestante, menores doses para as plantas em pós-emergência precoce e as maiores doses para o maior estágio de crescimento indicado na tabela.

** As doses em g/100 L d'água referem-se a aplicações para pulverizadores costais manuais com vazão aproximada de 200 L/ha com bico de 110.01. Qualquer dúvida, utilizar os valores em litros/hectare.

***DAE = Dias após a emergência da cultura.

Estádio da soja: V3 – 3º trifólio completamente expandido.

Figura 3 – Recomendações para aplicação de Roundup Original® em culturas de algodão, arroz irrigado, café, cana-de-açúcar, citros, milho e soja, para plantas invasoras de folha estreita, e folha larga.

PLANTAS INFESTANTES E DOSES:

QUADRO I

FOLHA ESTREITA			
Nome Científico	Nome Comum	Doses (Produto Comercial)	
		L/ha*	L/ 100 litro água**
<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-brachiária	3 a 5	1,5 a 2,5
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim-mamelada	1 a 2	0,5 a 1,0
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho	2 a 3	1 a 1,5
<i>Digitaria ciliaris</i>	Capim-colchão	2 a 3	1,0 a 1,5
<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	2 a 4	1,0 a 2,0
<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	3 a 5	1,5 a 2,5
<i>Echinochloa colona</i>	Capim-jajú	1 a 3	0,5 a 1,5
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	2 a 5	1,0 a 2,5
<i>Oryza sativa</i>	Arroz-vermelho	2 a 4	1,0 a 2,0
<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião	5 a 6	2,5 a 3,0
<i>Saccharum officinarum</i>	Cana-de-açúcar	5 a 6	2,5 a 3,0
<i>Sorghum halepense</i>	Capim-massambará	4 a 6	2,0 a 3,0

FOLHA LARGA			
Nome Científico	Nome Comum	Doses (Produto Comercial)	
		L/ha*	L/ 100 litro água**
<i>Aeschynomene denticulata</i>	Ângiquinho	2 a 3	1 a 1,5
<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga-fogo	1 a 2	0,5 a 1,0
<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru-de-mancha	1 a 2	0,5 a 1,0
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	2 a 3	1 a 1,5
<i>Conyza bonariensis</i>	Rabo-de-foguete	3 a 4	1,5 a 2,0
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim-bravo	3 a 6	1,5 a 3,0

O Roundup®, bem como qualquer outra solução de glifosato, é comercializado em soluções altamente concentradas, sendo assim, é necessário desenvolver o procedimento de diluição dessa solução.

Considerando as informações do texto acima, responda as seguintes questões:

- 1) Que informações obtêm-se ao analisar a composição do Roundup Original®, descrita no recorte do rótulo de sua embalagem na Figura 1?

- 2) Sabendo que a concentração molar, molaridade (M), de uma solução é obtida pela equação abaixo, determine a molaridade da solução estoque de Roundup Original® da questão anterior.

$$c = \frac{n \text{ (quantidade de soluto em mol)}}{V \text{ (volume total da solução em litros)}}$$

- 3) Sabendo que 0,875 L (875 mL) é o volume mínimo necessário de Roundup Original® para provocar a morte de plantas invasoras do tipo apaga-fogo, comuns em culturas de soja transgênicas, e que serão preparados 100 L de solução para a aplicação, determine:
- a) A concentração da solução final.

b) A quantidade de mol de glifosato na solução final.

4) Identifique evidências no texto, que possam ser utilizadas para enriquecer os argumentos científicos sobre o uso do glifosato para a participação no debate de televisão.

5) Marque V para as alternativas que considerar verdadeiras e F para as alternativas que considerar falsas. Justifique cada uma de suas escolhas.

() Ao preparar uma solução de soro caseiro, na qual é adicionado sal e açúcar em água, não é necessário saber exatamente a proporção dos solutos adicionados.

() O café coado é uma solução comum na vida de muitas pessoas.

() As soluções de agrotóxicos não são prejudiciais à saúde nem ao meio ambiente, por serem soluções muito diluídas, contendo pouca quantidade do princípio ativo do agrotóxico.

() O vinagre é uma solução, comumente utilizada para eliminar maus odores.

() Temos em nosso estômago a solução de suco gástrico, rica em ácido clorídrico e enzimas.

6) Julgue verdadeira ou falsa a seguinte afirmação: **Aprender sobre o conceito de soluções é importante.** Justifique sua escolha.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para as questões da Atividade 7 como avaliação para essa aula.

Observações para o professor

É importante ressaltar ao professor que os objetivos primários dessa aula são referentes ao desenvolvimento das questões sobre os cálculos para determinação da concentração molar e cálculos para a determinação de concentração após o processo de diluição, entretanto, têm-se como objetivos secundários o oferecimento de evidências químicas e de ação específica do agrotóxico glifosato, no texto da Atividade 7, visando oferecer aos estudantes um contato inicial com termos relevantes sobre o agrotóxico glifosato, para então aprofundar a discussão sobre esses termos e conceitos em atividades posteriores.

Portanto, considera-se a possibilidade do surgimento de dúvidas por parte dos estudantes sobre os termos apresentados no texto, como por exemplo: não seletivo, sistêmico, pós-emergente, alta adsorção, baixa toxicidade, entre outros.

Sendo assim, sugere-se ao professor que discuta brevemente com os estudantes, bem como solicite a eles que selecionem os termos que estiverem com dúvidas e desenvolvam uma pesquisa em casa, para que possam contribuir com as discussões sobre esses conceitos nas aulas seguintes.

NONA AULA: IDENTIFICAÇÃO DE EVIDÊNCIAS, AVALIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DOS ARGUMENTOS INDIVIDUAIS

Conteúdos

- **Conceituais:** elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados; argumentação científica; glifosato; solubilidade; solução; soluto; solvente; concentração; diluição.
- **Procedimentais:** ler e interpretar textos de modo a identificar evidências; avaliar e reconstruir argumentos científicos; analisar e classificar os critérios contemplados ou não no argumento individual construído.
- **Atitudinais:** reconhecer a importância do uso de evidências para a construção de argumentos científicos.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes possam identificar, na atividade proposta, evidências para enriquecer os argumentos individuais anteriormente construídos, bem como desenvolvam avaliações desses argumentos, orientados pelos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados (SANDOVAL; REISER, 2004), por meio da reescrita dos argumentos, utilizando esses elementos e as evidências identificadas.

Estratégia/Metodologia

Para o início do desenvolvimento da atividade de identificação de evidências, sugere-se que o professor selecione uma das atividades desenvolvidas em aulas anteriores (por exemplo, a Atividade 3: Analisando um argumento), visando promover discussões de modo a orientar os estudantes na identificação de evidências específicas sobre o agrotóxico glifosato, como por exemplo o tipo de classe à qual esse agrotóxico pertence, bem como a função herbicida (matar plantas), exemplos de vegetações nas quais são aplicadas esse agrotóxico, o princípio ativo, fórmula molecular e solubilidade.

Após a discussão e identificação das evidências, é importante que sejam disponibilizados aos estudantes os argumentos construídos individualmente na primeira aula (Questão 4 da Atividade 1: Questionário Prévio), de modo que os

estudantes avaliem esses argumentos orientados pelos elementos para a construção de argumentos científicos e os reescrevam considerando esses elementos e as evidências por eles identificadas.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A atividade proposta para a identificação de evidências objetiva promover condições para o desenvolvimento de habilidades de interpretação das informações, de modo que os estudantes consigam considerá-las como evidências, uma vez que, para a construção de argumentos científicos, é importante que os estudantes desenvolvam essa habilidade de identificação de evidências para o suporte de seus argumentos. Uma vez que a informação e/ou dados, por si só, não são considerados evidências, pois requerem que os estudantes interpretem esses dados e informações, de modo que consigam utilizá-los em seus argumentos de forma coerente e com coesão, manifestando assim a habilidade de interpretação desses dados e/ou informações de modo que consigam considerá-las como evidências relevantes para a construção de seus argumentos.

A atividade proposta pretende promover condições para que os estudantes avaliem e reconstruam os argumentos individuais.

Essa atividade pode contribuir, também, para o entendimento, pelo professor, de como está ocorrendo o desenvolvimento dos estudantes em relação à construção dos seus conhecimentos científicos e sobre a argumentação científica.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Identificação de evidências.

Sugere-se que, inicialmente, o professor disponibilize aos estudantes a Atividade 3 (desenvolvida na Quarta Aula), visando promover uma discussão, a fim de mediar a identificação de evidências específicas do agrotóxico glifosato, de modo que o professor auxilie os estudantes a identificarem, por exemplo, a alta solubilidade do glifosato como uma evidência que pode justificar o seu alto consumo, ou então identificarem como evidência a facilidade de condução dessa substância, no interior das plantas, inferindo que essa evidência facilita sua ação herbicida, e que a alta solubilidade é condição imprescindível para a facilidade na condução desse agrotóxico no interior das plantas.

É importante destacar que a identificação das evidências pelos estudantes, nessa aula, deve ser discutida, de modo a auxiliar os estudantes na avaliação das evidências que podem ser relevantes na construção de seus argumentos.

Segundo momento da aula: Avaliação e reconstrução dos argumentos. É sugerido ao professor disponibilizar aos estudantes a Atividade 8, juntamente com o argumento individual construído por eles (Questão 4 da Atividade 1: Questionário Prévio), visando que eles desenvolvam a Atividade 8, de forma individual.

Atividade 8

Avaliação e reconstrução do argumento individual

- 1) Escreva todas as evidências sobre o glifosato, identificadas na atividade analisada, que possam contribuir com a construção do seu argumento científico para a participação no debate do programa de televisão.

- 2) Analisando a fotocópia do seu argumento construído na primeira aula, e considerando o quadro preenchido na Atividade 1 sobre os elementos para a construção de argumentos científicos informados, preencha o quadro a seguir, justificando cada análise realizada. Na justificativa, você deve escrever se o argumento analisado contempla ou não os elementos para a construção um argumento científico, justificando suas respostas.

Elementos contemplados	
Quais elementos	Justificativas
Elementos não contemplados	
Quais elementos	Justificativas

- 3) Reescreva o argumento anteriormente construído (fotocópia), considerando os elementos para a construção de argumentos científicos informados, bem como as evidências identificadas no material de consulta.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para as questões da Atividade 8 como avaliação para essa aula. Essas questões podem demonstrar o entendimento dos estudantes sobre a identificação de evidências sobre os termos e conceitos específicos sobre o agrotóxico glifosato, bem como sobre os conceitos químicos sobre soluções discutidos nas aulas anteriores, e também o entendimento dos elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados.

Observações para o professor

Na proposta para o desenvolvimento da Atividade 8, é sugerido que sejam entregues aos estudantes a fotocópia de seus argumentos, entretanto o professor pode utilizar a estratégia que considerar mais adequada.

DÉCIMA AULA: DISCUSSÃO DAS EVIDÊNCIAS IDENTIFICADAS, AVALIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DOS ARGUMENTOS COLETIVOS

Conteúdos

- **Conceituais:** elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados; argumentação científica; glifosato; solubilidade; solução; soluto; solvente; concentração; diluição.
- **Procedimentais:** ler e interpretar as atividades desenvolvidas anteriormente, visando à identificação de evidências nessas atividades; avaliar e reconstruir argumentos; analisar e classificar os elementos contemplados ou não contemplados no argumento coletivo construído; discutir com os colegas as evidências identificadas.
- **Atitudinais:** reconhecer a importância do uso de evidências para a construção de argumentos científicos.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes discutam com os colegas, em pequenos grupos, as evidências identificadas na aula anterior (Nona Aula) e que compartilhem com os integrantes do grupo os argumentos individuais reconstruídos.

Espera-se também que os estudantes avaliem e reconstruam o argumento coletivo elaborado na Segunda Aula (Atividade 2: Situação-problema) e que, a partir da discussão sobre as evidências identificadas como relevantes para os argumentos individuais (Nona Aula), os estudantes possam identificar e selecionar quais evidências podem ser consideradas para a reconstrução dos argumentos coletivos, bem como considerem os elementos para a construção de argumentos científicos informados (SANDOVAL; REISER, 2004) na avaliação de seus argumentos coletivos, de modo que possam identificar a utilização ou não desses elementos na construção de seus argumentos anteriores.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se iniciar a aula solicitando que os estudantes formem os mesmos grupos que trabalharam juntos na resolução da situação-problema na Segunda Aula e que seja disponibilizada aos estudantes a Atividade 9.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A proposta para a discussão das evidências identificadas (Atividade 8), bem como o compartilhamento dos argumentos individuais reconstruídos, objetivam promover condições para o desenvolvimento de habilidades de comunicação, de argumentação, de controvérsia, de refutação e compartilhamento das ideias, considerando essas habilidades comuns da prática científica.

Portanto, objetiva-se que os estudantes se envolvam com as práticas de discussões e argumentações objetivando a convergência entre as ideias dos integrantes dos grupos, para a avaliação e reconstrução do argumento coletivo.

A proposta da Atividade 9 justifica-se por ser um momento em que podem ser promovidas condições para que os estudantes avaliem o argumento, construam o argumento e reflitam sobre o processo da argumentação (LOURENÇO; MICHALISKI; QUEIROZ, 2017), a partir das discussões entre os pares.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Discussão das evidências identificadas e dos argumentos individuais.

Sugere-se ao professor iniciar a aula disponibilizando aos estudantes a respostas da Questão 1 da Atividade 8, na qual os estudantes listaram as evidências identificadas nas atividades desenvolvidas nas aulas anteriores, juntamente com os argumentos individuais, reconstruídos na aula anterior (Atividade 8) e os coletivos, construídos na Segunda Aula (Atividade 2).

Sugere-se que as atividades supracitadas sejam disponibilizadas aos estudantes, de forma impressa, entretanto o professor pode avaliar qual estratégia é mais adequada para a disponibilização dessas atividades. Nesse momento da aula é importante que os estudantes discutam as evidências que consideraram relevantes para a reconstrução de seus argumentos individuais e apresentem para os integrantes do grupo os argumentos individuais reconstruídos na aula anterior.

É importante destacar que sejam promovidas condições de tempo e espaço, para as discussões entre os estudantes, e que o professor desenvolva mediações de acordo com o necessário.

Segundo momento da aula: Avaliação e reconstrução dos argumentos coletivos. A atividade proposta para o segundo momento da aula tem o objetivo de promover condições para que os estudantes avaliem e reconstruam o argumento coletivo, considerando a discussão desenvolvida no início dessa aula, as evidências identificadas por todos os integrantes, bem como a reconstrução dos argumentos individuais desenvolvida na aula anterior. Portanto, é sugerido ao professor disponibilizar aos estudantes a Atividade 9.

Atividade 9

Avaliação e reconstrução do argumento coletivo

- 1) Considerando as evidências identificadas por todos os integrantes do grupo (fotocópia), escreva, após a discussão em grupo, quais evidências consideram relevantes para a reconstrução do argumento científico coletivo, para a participação no debate sobre a utilização do agrotóxico Roundup® (ou similar).

- 2) Analisando a fotocópia do argumento construído na segunda aula, pelo grupo, e considerando os elementos para a construção de argumentos científicos informados, preencha o quadro a seguir, justificando cada análise realizada. Na justificativa o grupo deve escrever se o argumento analisado contempla ou não os elementos para a construção um argumento científico, justificando suas respostas.

Elementos contemplados	
Quais elementos	Justificativas

Elementos não contemplados	
Quais elementos	Justificativas

- 3) Reescreva o argumento coletivo construído anteriormente (fotocópia), considerando os elementos para a construção de argumentos científicos informados e, também, as evidências identificadas e discutidas pelo grupo que foram consideradas relevantes para a reconstrução do argumento coletivo, para a participação no debate de televisão, sobre o uso do agrotóxico glifosato.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para as questões da Atividade 9 como avaliação para essa aula.

Observações para o professor

Na proposta para o desenvolvimento da Atividade 9 é sugerido que seja entregue aos estudantes a fotocópia de seus argumentos, assim como também outras fotocópias. Entretanto, o professor pode utilizar a estratégia que considerar mais adequada.

DÉCIMA PRIMEIRA AULA: QUEBRA CABEÇA, ENVOLVENDO ASPECTOS HISTÓRICOS, POLÍTICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO USO DO GLIFOSATO

Conteúdos

- **Conceituais:** aspectos históricos, políticos, econômicos, ambientais, químicos, bioquímicos, tecnológicos e de toxicidade para a saúde, relacionados ao uso do glifosato.
- **Procedimentais:** ler, interpretar e discutir as evidências apresentadas no texto.
- **Atitudinais:** compreender e reconhecer a importância de identificar e interpretar evidências, assim como construir relações causais, para a construção de argumentos científicos.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes leiam e interpretem excertos de um texto que identifiquem como evidências para a construção dos argumentos científicos, os aspectos históricos, políticos, econômicos, ambientais, químicos, bioquímicos, tecnológicos e tóxicos, abordados no texto, e que construam relações causais entre as evidências identificadas e o uso do glifosato como agrotóxico mais consumido no Brasil.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se ao professor iniciar a aula solicitando a formação de pequenos grupos entre os estudantes para o desenvolvimento da dinâmica do quebra-cabeça (Atividade 10), visando à leitura dos excertos recebidos.

Enquanto os estudantes desenvolvem a leitura, o professor poderá disponibilizar a Atividade 11, contendo questões que objetivam auxiliá-los na interpretação do texto, bem como na identificação das evidências, presentes no texto.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

A atividade do quebra-cabeça, proposta nessa aula, objetiva promover condições para que os estudantes desenvolvam a interpretação de textos contendo informações científicas, assim como, também, identifiquem evidências para dar suporte aos argumentos construídos. Assim, por meio da Atividade 10, pode-se promover condições de interações discursivas entre os estudantes, a fim de que possam debater suas interpretações sobre os excertos lidos.

Ao desenvolverem a Atividade 11, sugere-se que seja promovido um momento para que os grupos desenvolvam, de forma oral, a leitura do excerto do texto formado pela junção das peças do quebra-cabeça⁷, bem como das evidências identificadas pelo grupo. Desse modo, os estudantes poderão ter a oportunidade de identificar evidências em excertos distintos de um texto mais amplo e, ao final da aula, com a leitura do texto completo, e a divulgação das evidências identificadas pelos grupos, tomarão ciência da existência de outros excertos e outras evidências de um texto completo.

Ao final dessa aula é sugerida a proposição da Atividade 12, a ser desenvolvida em casa, na qual os estudantes deverão ler o texto completo e identificar outras evidências.

As evidências que podem ser identificadas pelos estudantes com o desenvolvimento das Atividades 10, 11 e 12 podem ser classificadas como históricas, políticas, econômicas, ambientais, tecnológicas, bioquímicas, termos e conceitos específicos sobre o glifosato, químicas e toxicológicas. Todas essas evidências estão relacionadas ao uso do glifosato, visando, dessa forma, oferecer aos estudantes diversos tipos de evidências para o suporte de seus argumentos.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Orientações para o desenvolvimento do quebra-cabeça.

Sugere-se ao professor iniciar a aula solicitando que os estudantes formem duplas e apresente as orientações sobre o desenvolvimento da dinâmica do quebra-cabeça. Nessa dinâmica cada dupla receberá uma peça do quebra-cabeça, que terá

⁷A elaboração das peças do quebra-cabeça pode ser realizada de acordo com a preferência do professor.

como encaixe uma única outra peça disponibilizada à outra dupla e, após a junção dessas peças, será formado um excerto do texto. A peça de encaixe deverá ser encontrada pelas duplas. Após o encaixe das peças do quebra-cabeça, duas duplas distintas irão trabalhar juntas na atividade de leitura e interpretação do texto, bem como na identificação de evidências.

O professor pode orientar os estudantes a utilizarem canetas marca-texto, ou lápis coloridos para a identificação das evidências.

Nesse momento, é possível a formação de grupos com integrantes que possuam posicionamentos distintos em relação ao uso do glifosato, entretanto, os grupos deverão desenvolver a atividade em conjunto de modo respeitoso e colaborativo, independentemente de seus posicionamentos.

Segundo momento da aula: Interpretação do texto, identificação de evidências e apresentação oral pelos grupos.

Após a leitura e identificação das evidências, os estudantes deverão responder as questões propostas na Atividade 11 e desenvolver a apresentação cronológica dos excertos do texto, bem como as evidências identificadas pelos grupos.

É importante ressaltar ao professor a importância de retomar a discussão sobre os elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados, assim como também disponibilizar aos estudantes esses elementos, uma vez que, na Atividade 11, os estudantes deverão identificar evidências e construir relações causais entre essas evidências, portanto considera-se importante que o professor promova condições durante essa aula, para que os estudantes relembrem esses elementos.

Atividade 10

Quebra-cabeça

Foi com o surgimento da Segunda Revolução Agrícola, dos tempos modernos, que a agricultura tradicional passa a ser substituída pela agricultura intensiva em insumos, denominada de *agricultura convencional* ou moderna. As origens de tais práticas teriam vindo de experiências com o cultivo de cereais em 1850, ao passo que as mesmas mostraram que era possível o plantio por meio da monocultura de cereais durante anos sobre o mesmo solo empregando-se “apenas” fertilizantes químicos. Assim, a Segunda Revolução Agrícola, apoiada por um conjunto de incentivos de políticas agrícolas nos Estados Unidos e Europa, ficou conhecida internacionalmente por “Revolução Verde”.

Os conhecimentos e aparatos tecnológicos pertencentes à lógica da Revolução Verde, dentre eles a manipulação genética e agroquímicos, possibilitaram e possibilitam o cultivo de inúmeros alimentos, independentemente das condições climáticas e do espaço local. Originando, na maioria dos casos, uma maior produtividade de alimentos.

Foi na década de 60 do século XX que o movimento denominado de Revolução Verde veio com a bandeira de diminuir o sofrimento do sujeito do campo, juntamente com a redução da fome em países considerados como “déficit” de alimentos. Assim, as inovações tecnológicas na agricultura oriundas de tal movimento possibilitaram a obtenção de maior produtividade através do desenvolvimento de pesquisas em melhoramentos de sementes, fertilização de solo, utilização de agroquímicos e mecanização do campo.

Sobre as pesquisas em relação ao melhoramento de sementes, podemos destacar as pesquisas sobre a soja transgênica, conhecida como soja Roundup Ready, que pela definição da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA):

Existem vários tipos de sojas transgênicas sendo desenvolvidas atualmente. A mais conhecida e plantada comercialmente é uma planta que recebeu, por meio de técnicas da biotecnologia, um gene de um outro organismo capaz de torná-la tolerante ao uso de um tipo de herbicida, o glifosato*. Esse gene foi extraído de uma bactéria do solo, conhecida por *Agrobacterium*, e patentado por uma empresa privada com o nome CP4-EPSPS. Estruturalmente, é muito parecido com os genes que compõem o genoma de uma planta. Quando inserido no genoma da soja, tornou a planta resistente à aplicação do herbicida. Essa novidade chegou ao campo pela primeira vez nos Estados Unidos, na safra de 1996. No ano seguinte, os agricultores argentinos também já aderiram à novidade. Com a nova tecnologia, ficou mais fácil para os agricultores controlarem a planta daninha sem afetar a soja.

* O glifosato é um produto comumente utilizado pelos agricultores no controle de plantas daninhas e limpeza de áreas antes do plantio de uma cultura. Suas moléculas se ligam a uma proteína vital da planta, impedindo seu funcionamento e ocasionando sua morte. (EMBRAPA, 2020).

O glifosato é um agrotóxico do tipo não seletivo, essa propriedade lhe confere a capacidade de atuar como herbicida (matar) em qualquer tipo de planta, sendo assim, a ação do glifosato pode afetar a plantação de interesse. Portanto, com o advento da expansão do uso de glifosato, veio o advento da soja transgênica. Tal situação promove condições para o aumento no consumo do glifosato, uma vez que permite aplicações em maiores quantidades e elevadas concentrações.

No contexto brasileiro, entre os conhecimentos e práticas da agricultura convencional empregada destacam-se, devido aos seus impactos ao meio ambiente, a larga utilização de agrotóxicos, fertilizantes e sementes transgênicas no processo de produção de alimentos. Embora o início da implantação de novas técnicas agrícolas no Brasil tenha ocorrido no período pós Segunda Guerra Mundial – muitas delas frutos de estudos e artefatos oriundos da indústria bélica – foi apenas nas décadas de 60 e 70 que ocorreu o aumento significativo da produção agrícola, juntamente com inúmeros impactos negativos em diferentes esferas do meio ambiente, causados por tal modo de produção.

No entanto, existem controvérsias acerca dos benefícios de tais práticas agrícolas. No Brasil, por exemplo, o uso de agrotóxicos tem sido objeto de intensos debates nas últimas décadas, de modo que abordar a utilização de agrotóxicos no contexto brasileiro envolve considerar pelo menos dois posicionamentos. O primeiro diz respeito à lógica econômica, segundo a qual o uso dos agrotóxicos é primordial para a maioria dos sistemas produtivos rurais brasileiros, sendo considerado em 2009 o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Sob esse prisma, as práticas agrícolas convencionais aumentam a produtividade e, conseqüentemente, reduzem as demandas por recursos naturais e tecnológicos, aumentando assim a oferta de produtos e diminuindo os custos para os consumidores. Acredita-se que por meio de tal sistema de produção de alimentos se permite maior acesso da população aos bens produzidos, elevando, deste modo, as condições de saúde, com o aumento na quantidade/qualidade dos alimentos consumidos.

Nas tabelas 1.1 e 1.2 são apresentados dados sobre a produção agropecuária brasileira entre os anos 2002 e 2011; na primeira, os dados indicam que, no período, alguns alimentos adotados no cotidiano de boa parte dos brasileiros (arroz, feijão e mandioca) continuaram com a mesma área plantada, enquanto soja, milho, sorgo e algodão tiveram aumentos de área plantada; na segunda, observa-se expansão da produção para exportação e/ou para alimentar animais em regime de monocultura e confinamento.

Além disso, parte da cana-de-açúcar, que também teve aumento importante da área plantada, irá se transformar em etanol e parte do óleo de soja em biodiesel, implementando o ciclo de transformação dos alimentos em biocombustíveis.

No quadro 1.1 mostra-se o crescente consumo de agrotóxicos e fertilizantes químicos pela agricultura brasileira, proporcional ao aumento das monoculturas, cada vez mais dependentes dos insumos químicos. O uso de agrotóxicos foi calculado com base em dados de 2008 a 2010 divulgados pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agropecuária (SINDAG, 2009; 2011), e para o período de 2002 a 2007 foi feita estimativa utilizando-se o consumo médio em cada cultura por hectare, com base nos dados divulgados, na produção anual informada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) e em projeção elaborada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL. MAPA, 2010). A quantidade de fertilizantes químicos por hectare (kg/ha), calculada com base em dados divulgados pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2011), chama a atenção nos casos da soja (200 kg/ha), do milho (100 kg/ha) e do algodão (500 kg/ha).

Tabela 1.1 - Produção agrícola brasileira de 2002 a 2011, em milhões de hectares

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Algodão	0,8	0,7	1,2	1,3	0,9	1,1	1,1	1,2	1,4	1,7
Arroz	3,2	3,2	3,8	4,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,9	2,8
Borracha	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Café	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,2
Cana	5,2	5,4	5,6	5,8	6,4	7,1	8,2	9,5	10,0	11,0
Feijão	4,3	4,4	4,3	4,0	4,2	4,0	4,0	4,0	4,3	3,7
Mandioca	1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	2,0	2,1	1,8	1,8
Milho	12,3	13,3	12,9	12,2	13	14	14,7	15,5	13,6	13,6
Soja	16,4	18,5	21,6	23,4	22,1	20,6	21,1	21,6	22,2	22,7
Sorgo	0,5	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	1,1	0,8	0,7
Trigo	2,2	2,6	2,8	2,4	1,8	1,9	2,4	2,6	2,4	2,2
Citrus	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Outros	4,5	4,5	4,7	5,1	5,1	4,9	4,8	4,8	6,4	7,8
Total	54,5	58,5	63,0	64,3	62,6	62,3	65,3	68,4	69,0	71,2

Fontes: IBGE/SIDRA (1998-2011) e MAPA (2010).

Tabela 1.2 - Produção pecuária brasileira de 2002 a 2011, em milhões de cabeças

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Bovino	185,3	195,6	204,5	207,2	205,9	199,8	202,3	204,9	209,5	213,7
Suíno	31,9	32,3	33,1	34,1	35,2	35,9	36,8	37,7	39,0	39,7
Frangos	703,7	737,5	759,5	812,5	819,9	930	994,3	1.063	1.028,2	1.048,7
Galinhas	180,4	183,8	184,8	186,6	191,6	197,6	207,7	218,3	210,8	215,0
Outros	39,1	40	41,1	42,6	43,4	42,8	44,4	46	48,9	49,9
Total	1.140,5	1.189,2	1.223	1.282,8	1.296	1.406,2	1.485,5	1.569,9	1.536,3	1.567

Fontes: IBGE/SIDRA (1998-2011) e MAPA (2010).

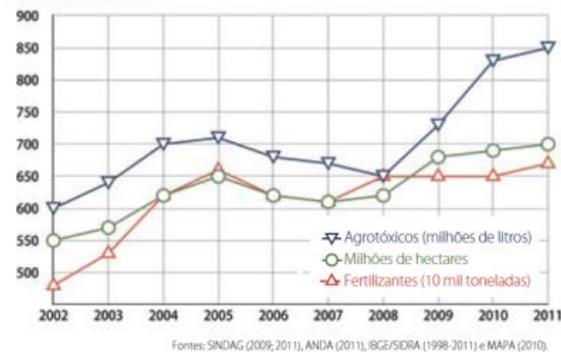
Quadro 1.1 - Consumo de agrotóxicos e fertilizantes nas lavouras do Brasil, de 2002 a 2011

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Agrotóxicos (milhões de l)	599,5	643,5	693,0	706,2	687,5	686,4	673,9	725,0	827,8	852,8
Fertilizante (milhões de Kg)	4.910	5.380	6.210	6.550	6.170	6.070	6.240	6.470	6.497	6.743

Fontes: SINDAG (2009, 2011), ANDA (2011), IBGE/SIDRA (1998-2011) e MAPA (2010).

Na Tabela 1.1 nota-se que o consumo médio de agrotóxicos vem aumentando em relação à área plantada, ou seja, passou-se de 10,5 litros por hectare (l/ha) em 2002 para 12 l/ha em 2011. Tal aumento está relacionado a vários fatores, como a expansão do plantio da soja transgênica, que amplia o consumo de glifosato, a crescente resistência das ervas “daninhas”, dos fungos e dos insetos demandando maior consumo de agrotóxicos e/ou o aumento de doenças nas lavouras, como a ferrugem asiática na soja, o que aumenta o consumo de fungicidas. Importante estímulo ao consumo advém da diminuição dos preços e isenção de impostos dos agrotóxicos, fazendo com que os agricultores utilizem maior quantidade por hectare. Quanto aos fertilizantes químicos, a média de consumo por hectare continuou no mesmo nível no período.

Figura 1.1 - Produção agrícola e consumo de agrotóxicos e fertilizantes químicos nas lavouras do Brasil, 2002-2011



O segundo posicionamento, entretanto, apresenta os argumentos que advertem para os prejuízos, em diferentes esferas do ecossistema, do uso de agrotóxicos. Os quais abrangem, por exemplo, a marginalização da agricultura familiar, a perda de biodiversidade, a contaminação ambiental e diferentes tipos de intoxicação, como evidencia o “Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde” (CARNEIRO, AUGUSTO, RIGOTTO, FRIEDRICH & BÚRIGO, 2015).

A toxicidade aguda (sintomas a curto prazo, imediato ou em poucas horas) desse pesticida é considerada baixa. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a dose letal mediana (LD50) oral do glifosato puro em ratos é de 4.230 mg/kg, enquanto que o fabricante (Monsanto) cita LD50 de 5.600 mg/kg. A toxicidade relativamente baixa pode ser atribuída à modalidade bioquímica de ação do glifosato em um caminho metabólico nas plantas (chamado mecanismo do ácido “shikimico”), similar ao existente em alguns microorganismos mais complexos, não existindo, entretanto, em animais. O glifosato pode, no entanto, impedir a ação de funções enzimáticas nos animais.

Apesar da toxicidade relativamente baixa do glifosato, alguns dos componentes de seus produtos formulados apresentam-na mais elevada que o ingrediente ativo. As formulações encontradas no mercado contêm, geralmente, surfactante, que são “moléculas que auxiliam o rompimento da tensão superficial da água, são adicionados aos agrotóxicos para aumentar as propriedades de dispersão destes e melhorar a aderências na cutícula das folhas” (CARRASCHI *et al.* 2011). Alguns desses são irritantes sérios, tóxicos para peixes. Os tipos mais extensamente usados em formulações do glifosato são as etilaminas.

Os compostos desse grupo de surfactantes são significativamente mais tóxicos do que o glifosato, causando sérias irritações nos olhos, sistema respiratório e pele.

Os estudos crônicos (poucas doses, há longos prazos) de alimentação não mostraram perda de peso, efeitos ao sangue e pâncreas ou, ainda, evidência de carcinogenicidade nos seres humanos.

Entretanto, um estudo realizado por Luoping e colaboradores em fevereiro de 2019 apresenta uma pesquisa que busca investigar a existência de uma “associação entre exposições cumulativas elevadas a herbicidas à base de glifosato e aumento do risco de linfoma não-Hodgkin (LNH) em humanos” (LUOPING *et al.*, 2019, p. 186).

Nesse trabalho os autores concluem que existe uma relação direta entre o contato com herbicidas à base de glifosato e o aumento no risco de desenvolver o linfoma não-Hodgkin (LUOPING et al., 2019).

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer – Ministério da Saúde, o linfoma não-Hodgkin é um tipo de câncer que atinge as células do sistema linfático, este por sua vez é o principal sistema de defesa do organismo. Esse câncer se espalha de forma não ordenada, e pode ter início em qualquer parte do corpo, uma vez que o tecido linfático está presente em todo o corpo humano.

Nos Estados Unidos já são contabilizados três casos judiciais, nos quais a empresa responsável pela comercialização do glifosato foi condenada a pagar indenizações às pessoas que desenvolveram o linfoma não-Hodgkin, após contato prolongado com o agrotóxico.

Estudos feitos com ratos demonstraram perda de peso, descarga nasal e morte de matrizes grávidas, além de desordens digestivas. Em plantas, o glifosato apresenta grande toxicidade, exceto em caules suberizados (encontrados na região do cerrado, possuem troncos com aparência de cortiça). Entre os efeitos agudo e crônico, em seres humanos, são citados: dermatite de contato e síndrome tóxica após a ingestão de doses elevadas (epigastralgia, ulceração ou lesão de mucosa gástrica, hipertermia, anúria, oligúria, hipotensão, conjuntivite, edema orbital, choque cardiogênico, arritmias cardíacas, edema pulmonar não carcinogênico, pneumonite, necrose tubular aguda, elevação de enzimas hepáticas, aumento da quantidade de leucócitos, acidose metabólica e hipercalcêmica.

Quanto aos aspectos toxicológicos, o glifosato é irritante dérmico e ocular, podendo causar danos hepáticos e renais quando ingerido em doses elevadas. O composto é absorvido por via oral e dérmica, sendo excretado principalmente na urina.

No entanto, sendo não seletivo, o largo espectro de atividade do herbicida conduz à destruição de ambientes naturais e de fontes de alimento de alguns pássaros e anfíbios, levando à redução das populações. Um exemplo extremo é uma espécie de sapo da região de Houston, considerada espécie em perigo de extinção devido à destruição de seu *habitat* pelo glifosato.

Os peixes e os invertebrados aquáticos são os mais sensíveis a esse herbicida e aos outros componentes de seus produtos comerciais. Em estudos recentes, onde vários herbicidas foram avaliados quanto a sua ação sobre micro-organismos, observou-se que o glifosato apresenta a segunda maior toxicidade para bactérias e fungos, apresentando, ainda, efeitos adversos em alguns invertebrados do solo, incluindo ácaros.

Atividade 11

Interpretando o texto

- 1) Escreva qual(ais) a(s) são as ideias centrais do texto.

- 2) Escreva as evidências identificadas no texto.

- 3) Complete o quadro a seguir, de acordo com a classificação das evidências identificadas.

Classificação	Evidências
Históricas	
Políticas	
Econômicas	
Ambientais	
Tecnológicas	
Químicas	
Bioquímicas	
Toxicidade para a saúde	
Termos específicos do Glifosato	

- 4) Construa relações causais entre as evidências identificadas e o uso do glifosato.

Atividade 12

Para casa

- 1) Realize a leitura do texto completo.

- 2) Escreva qual(ais) a(s) são as ideias centrais do texto.

- 3) Escreva as evidências identificadas no texto.

- 4) Complete o quadro a seguir, de acordo com a classificação das evidências identificadas.

Classificação	Evidências
Históricas	
Políticas	
Econômicas	
Ambientais	
Tecnológicas	
Químicas	
Bioquímicas	
Toxicidade para a saúde	
Termos específicos do Glifosato	

- 5) Construa relações causais entre as evidências identificadas e o uso do glifosato.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para a Atividade 11 como avaliativa, assim como também a entrega por eles da Atividade 12.

Observações para o professor

É importante ressaltar que o texto da Atividade 10 aborda muitos termos e conceitos sobre o consumo do glifosato, objetivando fornecer evidências históricas, políticas, econômicas, químicas, ambientais e toxicológicas, sobre o glifosato.

Caso os estudantes manifestem dúvidas sobre esses termos, o professor pode escolher alguns termos e conceitos para aprofundar algumas discussões, visando mediar e orientar os estudantes de modo que eles desenvolvam suas próprias pesquisas, em relação às dúvidas.

Entretanto, é importante também promover condições para incentivar a autonomia dos estudantes em desenvolverem pesquisas sobre as dúvidas que possam surgir, ressaltando aos estudantes a importância de atuarem ativamente, com curiosidade, interesse, autonomia e criticidade, ao desenvolverem pesquisas sobre as dúvidas que possam surgir, de modo que possam discutir com os colegas as dúvidas e pesquisas realizadas, contribuindo assim com os colegas e com a construção do conhecimento de forma coletiva.

As pesquisas realizadas pelos estudantes sobre suas dúvidas podem contribuir para identificação de evidências, uma vez que ao compreender um determinado termo ou conceito presente no texto, o estudante pode passar a considerar o termo ou conceito pesquisados como uma evidência relevante para a reconstrução de seus argumentos, tanto individuais quanto coletivos.

As pesquisas podem ser realizadas na sala de aula, utilizando os celulares dos estudantes, ou o professor pode permitir o desenvolvimento das pesquisas no laboratório de informática, ou na biblioteca, ou até mesmo solicitar aos estudantes que identifiquem no texto os termos que geram dúvidas e solicitar que a pesquisa seja realizada em casa.

DÉCIMA SEGUNDA AULA: ATIVIDADE EXPOSITIVA SOBRE OS ASPECTOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DO GLIFOSATO

Conteúdos

- **Conceituais:** conceitos químicos, físico-químicos e bioquímicos do glifosato; inibição enzimática; solubilidade; absorção; complexo enzima-substrato; estrutura molecular; mecanismo de reação; vasos condutores floema e xilema.
- **Procedimentais:** identificar evidências químicas e bioquímicas da ação do glifosato.
- **Atitudinais:** compreender a ação bioquímica do glifosato, como evidência relevante para a construção dos argumentos.

Objetivos

Espera-se que nessa aula os estudantes compreendam a ação de inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato ($C_9 H_{13} O_9 P$), provocada pelo glifosato, a qual acarreta a morte da vegetação. Ainda, que compreendam os significados de termos específicos referentes ao glifosato, de modo que construam uma relação entre a ação de inibição enzimática provocada por esse agrotóxico e o seu alto consumo no Brasil.

Espera-se também que os estudantes compreendam a importância da fórmula molecular do glifosato na ação de inibição enzimática, e que expressem entendimento sobre a relevância de aprender conceitos químicos para a construção de argumentos científicos.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se desenvolver essa aula com a proposição de uma apresentação expositiva dialogada, por meio de *slides*, de modo que sejam apresentadas aos estudantes a atuação do glifosato na ação de inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato, a relação da fórmula molecular desse agrotóxico com a ação de inibição enzimática, bem como sejam desenvolvidas explicações sobre termos específicos que caracterizam o glifosato, como exemplo o significado dos termos: sistêmico, não seletivo, herbicida, entre outros.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

Os conceitos químicos e bioquímicos sobre a ação de inibição enzimática provocada pelo glifosato nas plantas são complexos, e sua compreensão pode exigir altas demandas cognitivas dos estudantes, sendo desse modo necessária a elaboração de explicações pelo professor, visando promover condições para que os estudantes compreendam esses conceitos químicos e bioquímicos.

Portanto, nessa aula, as explicações sobre esses conceitos podem ser desenvolvidas por meio de uma apresentação expositiva dialogada, utilizando *slides* ou qualquer outra ferramenta metodológica que o professor considerar mais adequada, visando possibilitar, por meio do diálogo e de explicações, condições para auxiliar os estudantes no entendimento desses conceitos, de modo a minimizar concepções equivocadas.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Apresentação expositiva dialogada.

Sugere-se ao professor, ao iniciar essa aula, disponibilizar aos estudantes o conteúdo da apresentação, se possível de forma impressa, visando promover condições para que o estudante acompanhe a apresentação e realize anotações caso considere relevante. Caso não seja possível, os *slides* da apresentação podem ser disponibilizados aos estudantes após essa aula, por meios e estratégias que o professor considerar mais adequados.

É importante, também, que o professor recolha a Atividade 12 desenvolvida em casa pelos estudantes.

Segundo momento da aula: Identificação de evidências.

Após a apresentação expositiva dialogada desenvolvida pelo professor, sugere-se que a Atividade 13 seja disponibilizada aos estudantes, para que a desenvolvam de modo individual.

Atividade 13

Identificação de evidências químicas e bioquímicas

Considerando a apresentação sobre os conceitos químicos e bioquímicos da ação herbicida do glifosato:

a) Identifique e escreva todas as evidências químicas e bioquímicas identificadas por você.

b) Justifique cada uma das evidências identificadas por você, de modo a destacar a importância dessas evidências para o enriquecimento dos argumentos científicos, construídos para a participação no debate de televisão, sobre o agrotóxico glifosato.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar como avaliação as respostas dos estudantes para a Atividade 13.

Observações para o professor

Para a apresentação expositiva dialogada, ou qualquer outra estratégia que o professor considerar mais adequada, sugere-se que sejam abordados: a fórmula molecular do glifosato, os termos específicos de classificação do glifosato (herbicida, não seletivo, sistêmico e pós-emergente), a forma de aplicação do glifosato, a condução do glifosato no interior das plantas, a inibição enzimática provocada pelo glifosato e semelhanças estruturais entre a molécula do glifosato e a molécula do substrato fosfoenolpiruvato.

DÉCIMA TERCEIRA AULA: RECONSTRUIR O ARGUMENTO FINAL INDIVIDUAL E COLETIVO

Conteúdos

- **Conceituais:** argumentação; agrotóxicos; elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados; soluções; fórmula molecular e estrutural do glifosato; aspectos históricos, políticos, ambientais e econômicos relacionados ao uso do glifosato; aspectos químicos, físico-químicos e bioquímicos do glifosato; inibição enzimática.
- **Procedimentais:** participar das discussões nos pequenos grupos; analisar e reconstruir argumentos científicos.
- **Atitudinais:** reconhecer a relevância do conhecimento científico para a tomada de decisões e posicionamento críticos.

Objetivos

Espera-se que nessa aula os estudantes construam os argumentos finais para a resolução da situação-problema. Espera-se que sejam construídos argumentos individuais e coletivos, de modo que os estudantes avaliem e reescrevam os argumentos anteriormente construídos considerando os conhecimentos elaborados e construídos durante as aulas anteriores.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se ao professor iniciar essa aula solicitando e disponibilizando aos estudantes o acesso aos argumentos individuais construídos anteriormente e a Atividade 14, para que os estudantes a desenvolvam individualmente.

Para o segundo momento dessa aula, sugere-se ao professor solicitar a formação dos grupos de trabalho, para o desenvolvimento da Atividade 15.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

As atividades propostas nessa aula objetivam promover condições para que os estudantes expressem a aprendizagem construída durante o desenvolvimento da SEI, de modo que possam manifestar a aprendizagem sobre os elementos epistêmicos

para construção de argumentos científicos, bem como sobre o conteúdo químico de soluções e o uso de agrotóxicos no país.

Sendo assim, as atividades propostas para essa aula, a qual contempla a análise e construção final dos argumentos construídos anteriormente (individuais e coletivos), visam promover condições para que os estudantes entendam a construção conceitual desenvolvida por eles, para que então seja proposto um argumento final, melhor elaborado e estruturado, considerando toda a construção conceitual anteriormente desenvolvida. Ainda, as atividades poderão promover o entendimento, pelos estudantes, da relevante relação entre a aprendizagem de conceitos químicos e a argumentação científica.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Construção do argumento individual final.

Sugere-se ao professor iniciar essa aula disponibilizando aos estudantes os argumentos individuais construídos anteriormente e a Atividade 14, para que a desenvolvam individualmente.

Atividade 14

Construção do argumento individual final

O Roundup® é o agrotóxico mais utilizado no Brasil.

Seu consumo está relacionado às suas propriedades químicas, físico-químicas e bioquímicas, as quais proporcionam ao Roundup® alta eficiência como herbicida. Porém, sua utilização é tema de muitos debates e divergem opiniões em relação às consequências de contaminações ambientais e danos à saúde humana. É possível identificar vertentes que apoiam seu uso, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo do agronegócio, e outras que se opõem como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo de orgânicos.

Os argumentos considerados válidos para o debate sobre a utilização de agrotóxicos como o Roundup® devem ser estruturados por conhecimento científico, como por exemplo conhecimentos químicos, sociais, ambientais, tecnológicos, econômicos, históricos, entre outros.

Nesse sentido, você foi escolhido para argumentar em um debate de televisão sobre a utilização ou não de um agrotóxico similar ao Roundup®.

Assim, qual argumento científico você construirá para participar do debate?

Observação: Considere todos os argumentos individuais anteriormente construídos, para a construção do argumento individual final.

Segundo momento da aula: Construção do argumento coletivo final.

Após os estudantes desenvolverem a atividade de construção do argumento individual final, é sugerido que os estudantes formem pequenos grupos para a construção do argumento coletivo final.

Sugere-se ao professor disponibilizar aos estudantes os argumentos coletivos construídos anteriormente e a Atividade 15, para que eles a desenvolvam coletivamente.

Atividade 15

Construção do argumento coletivo final

O Roundup® é o agrotóxico mais utilizado no Brasil.

Seu consumo está relacionado às suas propriedades químicas, físico-químicas e bioquímicas, as quais proporcionam ao Roundup® alta eficiência como herbicida. Porém, sua utilização é tema de muitos debates e divergem opiniões em relação às consequências de contaminações ambientais e danos à saúde humana. É possível identificar vertentes que apoiam seu uso, como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo do agronegócio, e outras que se opõem como é o caso das pessoas envolvidas com a produção e consumo de orgânicos.

Os argumentos considerados válidos para o debate sobre a utilização de agrotóxicos como o Roundup® devem ser estruturados por conhecimento científico, como por exemplo, conhecimentos químicos, sociais, ambientais, tecnológicos, econômicos, históricos, entre outros.

Nesse sentido, você foi escolhido para argumentar em um debate de televisão sobre a utilização ou não de um agrotóxico similar ao Roundup®.

Assim, qual argumento científico você construirá para participar do debate?

Observação: Considere todos os argumentos coletivos anteriormente construídos, para a construção do argumento coletivo final.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar como avaliação dessa aula os argumentos individuais e coletivos finais construídos pelos estudantes nas Atividades 14 e 15.

Observações para o professor

Sugerimos que nessa aula sejam construídos os argumentos finais, individuais e coletivos, entretanto o professor pode desenvolver a proposta dessa aula em duas aulas distintas caso considere necessário, devido à gestão do tempo disponível para a aula.

A disponibilização dos argumentos anteriormente construídos e das Atividades 14 e 15 podem ser realizadas da forma que o professor considerar mais adequada.

DÉCIMA QUARTA AULA: QUESTIONÁRIO PÓS

Conteúdos

- **Conceituais:** argumentação; agrotóxicos; elementos epistêmicos para a construção de argumentos científicos informados; soluções; fórmula molecular e estrutural do glifosato; aspectos históricos, políticos, ambientais e econômicos relacionados ao uso do glifosato; aspectos químicos, físico-químicos e bioquímicos do glifosato; inibição enzimática.
- **Procedimentais:** apresentar os argumentos coletivos de forma oral; elaborar respostas para o questionário prévio.
- **Atitudinais:** reconhecer a importância da argumentação no ensino de química em seu cotidiano.

Objetivos

Nessa aula espera-se que os estudantes respondam ao questionário pós e que em suas respostas eles possam manifestar entendimento sobre os elementos relevantes para construção de argumentos científicos informados, sobre os conceitos de soluções, soluto, solvente, homogeneidade de soluções, diluição, apresentando termos científicos em sua escrita, bem como a compreensão desses no contexto do ensino de Química.

Espera-se também que os estudantes, em grupos, apresentem aos colegas os argumentos coletivos construídos, e que participem ativamente das discussões sobre a construção de argumentos científicos informados, de modo que possam apresentar seus conhecimentos, ideias e percepções sobre os processos da argumentação e construção de argumentos.

Estratégia/Metodologia

Sugere-se que nessa aula seja desenvolvida a Atividade 16: Questionário Pós, a apresentação dos argumentos coletivos construídos pelos estudantes e, ao final da aula, seja reservado um momento para o desenvolvimento de discussões, visando à participação dos estudantes de modo que possam apresentar suas percepções e opiniões sobre o desenvolvimento da SEI, e sobre os conhecimentos construídos, bem como as ideias e percepções sobre os processos da argumentação e da

construção de argumentos científicos informados, bem como sobre o conceito de soluções.

Justificativa para escolha da estratégia/metodologia

O questionário pós, proposto nessa aula, objetiva promover condições para o professor compreender a aprendizagem dos estudantes sobre os elementos para a construção de argumentos científicos informados, bem como sobre os conceitos químicos do conteúdo de soluções e o posicionamento dos estudantes sobre a temática dos agrotóxicos.

A apresentação dos argumentos coletivos construídos pelos estudantes tem a função de avaliação final da SEI, podendo também fornecer aos estudantes condições de avaliarem seus argumentos, a partir da análise dos argumentos dos colegas, bem como sistematizarem suas ideias sobre os processos de argumentação, construção de argumentos, sobre o conceito de soluções e sobre a temática dos agrotóxicos.

A proposta da discussão final, visando o envolvimento de toda a turma, objetiva promover condições para que os estudantes expressem, oralmente, suas percepções sobre as atividades propostas, bem como as suas ideias, opiniões e aprendizagens.

Desenvolvimento da aula

Primeiro momento da aula: Desenvolvimento do questionário prévio, apresentação dos argumentos finais coletivos e discussão.

Sugere-se ao professor iniciar a aula disponibilizando aos estudantes todas as atividades desenvolvidas durante a SEI, ou relembrando por meio de uma breve discussão, ou por apresentação de *slides*, as atividades relacionadas à identificação de evidências, construção de relações causais, os elementos epistêmicos para a construção dos argumentos científicos informados e as atividades relacionadas ao conteúdo de soluções, visando promover condições para que os estudantes relembrem os conceitos sobre a construção de argumentos científicos e sobre os conceitos inerentes ao conteúdo químico de soluções, sendo em seguida sugerido o desenvolvimento individual do questionário pós.

Após o desenvolvimento do questionário pós, é sugerido que os estudantes, em grupos, desenvolvam a apresentação dos argumentos finais construídos coletivamente.

Para finalizar essa aula é sugerido um momento de discussão, na qual os estudantes sejam motivados a expressarem, de forma oral, os conhecimentos construídos durante o desenvolvimento da SEI, bem como suas ideias e percepções sobre os argumentos construídos e apresentados pelos colegas.

Atividade 16

Questionário Pós

- 1) O que você entende sobre argumentação?

- 2) De acordo com o seu conhecimento sobre argumentação, escolha, entre os critérios abaixo, o(s) que você considera ser ou serem importantes para a construção de argumentos científicos. Justifique suas escolhas.

Critérios para a construção de argumentos científicos	Justificativas
Opinião própria	
Conclusão	
Opinião da maioria das pessoas (senso comum)	
Autoridade	
Evidências/Dados	
Convicção	
Conhecimento científico	
Persuasão	
Relação de causa e efeito	
Manipulação	

- 3) Saber argumentar é importante para a participação em discussões que envolvem conceitos aprendidos nas aulas de Química? Justifique sua resposta.

- 4) É muito comum, no cotidiano de agricultores, o consumo de Roundup® para a eliminação de plantas indesejadas na lavoura. Sabendo que o glifosato é o princípio ativo desse agrotóxico, desenhe com detalhes a preparação de uma solução para aplicação desse agrotóxico.

Importante evidenciar no desenho:

- A quantidade de soluto, solvente, e/ou a adição de alguma outra substância.
- A classificação da mistura como homogênea ou heterogênea.
- A identificação da substância que atua como o soluto e a que atua como o solvente.
- Considerando as quantidades das substâncias que você utilizou para preparar a solução, você considera que ela está mais ou menos concentrada? Justifique sua resposta.

a) O que acontece com a concentração da solução preparada se você aumentar a quantidade de água adicionada?

b) Você utilizaria essa solução? Justifique sua resposta.

Proposta para avaliação

O professor pode considerar as respostas dos estudantes para a Atividade 16 como avaliação para essa aula.

O professor pode também considerar como avaliação final da SEI a apresentação pelos grupos dos argumentos finais coletivos.

Observações para o professor

O professor pode considerar também, como avaliação final, a proposta de um debate entre os grupos que apresentam posicionamentos contrários, de modo que os estudantes apresentem seus argumentos, e ao obterem conhecimento sobre o argumento do outro grupo, os estudantes possam construir uma refutação para o argumento de posicionamento contrário.

REFERÊNCIAS

AMARANTE JÚNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R.; BRITO, N.M.; RIBEIRO, M.L. Glifosato: propriedades, toxicidade, uso e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p. 589-593, 2002

CAETANO, M. S. **Análise das estruturas nativas e mutante GLI96ALA da 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase via ancoramento molecular in silico com inibidores e estudo mecanístico**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras. 2009.

CAPECCHI, M. C. V de M. Problematização no ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018, p. 21-39.

CARMO, M. P. **Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos a conceitos de solução e o processo de dissolução**. 2005. 195 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

CARNEIRO, F. F; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTTO, R. M., FRIEDRICH, K., & BÚRGIO, A. C. (Org.). (2015). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular.

CARRASCHI, S. P.; CUBO, P.; SCHIAVETTI, B. L.; SHIOGIRI, N. S., Cruz, C. da, & PITELLI, R. A. Efeitos tóxicos de surfactantes fitossanitários para o peixe mato grosso. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 33(2), 191-196, 2011

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018, p.01-20.

_____ Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. 18(3), p. 765-794. Dezembro, 2018

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 17, 2015, p. 139-159 Universidade Federal de Minas Gerais Minas Gerais, Brasil.

KELLY, G.J.; LICONA, P. **Epistemic practices and science education**. In: MATTHEWS, M.R. (ed.). *History, Philosophy and Science Teaching*. Science:

Philosophy, History and Education, DOI 10.1007/978-3-319-62616-1_5. Springer, 2018, p. 139 -166.

LOURENÇO. A. B.; MICHALISKI. L. F.; QUEIROZ. S. L. Estratégias didáticas distintas na promoção de ações pró- argumentação. **Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didactic**s. n. extraordinário, p. 2731 – 2736, 2017.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de Química. **Educación Química**, México, v. 20, n. 2, p. 104 - 110, abril, 2009.

SANDOVAL, W. A.; REIESR, B. J. Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. **Science Education** – Wiley Online Library, 2004.

Simulação Soluções Açúcar e Sal. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sugar-and-salt-solutions. Acesso em 13 de abril de 2020

SOUSA, P.; GORRI, A. P. Agrotóxicos no Brasil: Uma Visão Relacional a Partir da Articulação Freire-CTS. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 19, 399-422, (2019).

Soja transgênica. Disponível em: https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/soja-transgenica#collapse_xzgw_2 .Acesso em 27 de janeiro de 2020.

SUART, R. C. (Org). Unidades didáticas para o ensino médio de química: Propostas para a prática docente inicial e continuada. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014. 124p.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o ensino por investigação e a promoção da alfabetização científica. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 20, ed. 9666, p. 01 – 28, 2018.

Webinar. Fisiologia da Ação dos Herbicidas – Inibidores da Síntese de Aminoácidos (ALS e EPSPs). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=IFmXamWzknq>. Acesso em 27 de janeiro de 2020.

<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117818/Perguntas+e+respostas.pdf/bc84279b-eff0-4edb-ad3a-0598d07d8e2f> Acesso em 27 de janeiro de 2020

A RESPEITO DOS AUTORES

Déborah Teixeira Melo

Licenciada em Química pela Universidade Federal de São João Del Rei. Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, área de concentração em Práticas Pedagógicas e Formação Docente, pela Universidade Federal de Lavras.

Rita de Cássia Suart

Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre e Doutora em Ensino de Ciências, modalidade Química, pelo programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Química pela Universidade Federal de São Paulo. Professora Adjunta do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras. Atua na área de Ensino de Química realizando pesquisas relacionadas à elaboração de atividades experimentais no Ensino de Química, ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e alfabetização científica e formação inicial de professores de Química. É coordenadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Química – NEPEQui.

