



Agroquímicos, Soluções Químicas e Sustentabilidade: uma Experiência de Ensino para o Ativismo Sociocientífico

Agrochemicals, Chemical Solutions and Sustainability: a Teaching Experience Towards Socio-Scientific Activism

Giseli Cristina Machado,^a Camila Silveira,^a Elisa S. Orth^{a,*}

^a Universidade Federal do Paraná, Departamento de Química, CP 19061, CEP 81531-980, Curitiba-PR, Brasil.

*E-mail: elisaorth@ufpr.br

Recebido em: 17 de Dezembro de 2021

Aceito em: 29 de Março de 22

Publicado online: 11 de Abril de 2022

Herein, we report a teaching experience of applying a didactic sequence on chemical solutions, having the theme of agrochemicals as a socio-scientific controversy and contextualization for the socio-scientific activism of students. It is a study on the teaching of Chemistry under the Science, Technology and Society (STS) approach and aims to describe the results of factual, conceptual, procedural and attitudinal knowledge learning, relating them to the socio-scientific activism of high school students. The research is qualitative and exploratory-descriptive, constituting data through questionnaires, written activities and student experiment reports. As for sociopolitical learning, the work presented by students in the classroom and in a Science Fair at the school constituted the data sources. It was possible to identify that most students understand different factors that constitute the problem of agrochemicals and their STS relationships, and that the learning of knowledge about chemical solutions was significant. It is concluded that the promotion of sociopolitical action can be an important tool for learning in Chemistry and for disseminating the concepts of sustainability, that are strongly related to several goals of the UM Sustainable Development Goals such as quality education, safe food, sustainable agriculture and a better environment.

Keywords: Chemistry teaching; chemical solutions; pesticides

1. Introdução

As atuais circunstâncias sociopolíticas, econômicas e ambientais impõem urgência na investigação de temáticas de sustentabilidade nas escolas da educação Básica, em especial, no ensino da Química, a fim de contextualizar os conhecimentos e promover a formação de cidadãos ativos. Uma proposição didática que favoreça aprendizagens em Química com foco na formação para a cidadania precisa relacionar conceitos químicos, controvérsias sociocientíficas na forma de temáticas sociais locais e uma intervenção pedagógica adequada à preparação dos estudantes para a ação reflexiva.

Este trabalho apresenta um relato de experiência pedagógica desenvolvida na perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) com estudantes de segunda série do Ensino Médio no Município de Rio Azul/PR, cujo contexto fez emergir a temática dos agroquímicos explorada sob os pontos de vista da sustentabilidade, da aprendizagem de Química e do ativismo sociocientífico dos estudantes. O processo pedagógico envolveu o tema dos agrotóxicos durante a aplicação de uma sequência didática sobre o conteúdo de soluções químicas. Esse relato está intrinsecamente relacionado à química para o desenvolvimento sustentável, especificamente nas Metas 2 (Fome zero e agricultura sustentável), 3 (Saúde e bem-estar), 4 (Educação de qualidade) e 15 (Vida terrestre), dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU.¹ Vale ressaltar um pouco do contexto do local da pesquisa, onde entre os anos de 2012 e 2017, o município de Rio Azul consumiu 852 toneladas de agrotóxicos em suas lavouras, e houve detecção de agroquímicos nos mananciais da região do município e inúmeros casos notificados de intoxicação.²

Dessa forma, justifica-se considerar os agroquímicos como controvérsia sociocientífica, pois estão presentes no dia a dia de uma parcela expressiva dos estudantes e suas famílias que dependem economicamente da produção agrícola. Como consequência, a saúde dessas pessoas pode estar sendo comprometida pelo acúmulo de substâncias cujos efeitos ainda não são totalmente conhecidos. As controvérsias sociocientíficas são também denominadas de questões sociocientíficas, temas controversos, assuntos controversos e aspectos sociocientíficos.³ Elas são interdisciplinares e o fato de as controvérsias sociocientíficas fazerem parte da vida dos alunos pode facilitar a aprendizagem, instigando a curiosidade e o interesse.³

Tomou-se também como aportes conceituais a abordagem CTS e a alfabetização científica. A abordagem curricular CTS deve se dar pela sensibilidade ao entorno escolar, pelo aprender participativo e pelo exercício da autonomia e da democracia pelo estudante *no* tempo escolar, não apenas como proposta de formação de futuros cidadãos. Considera-se que “temáticas contemporâneas, envolvendo contradições locais, têm gerado o engajamento de segmentos de professores e alunos na busca de conhecimentos que potencializam a participação em processos decisórios reais ou simulados”.⁴

O conceito de alfabetização científica, por sua vez, tem um propósito importante no “ensino das ciências na perspectiva de contato do estudante com os saberes provenientes de estudos da área e as relações e os condicionantes que afetam a construção de conhecimento científico em uma larga visão histórica e cultural”.⁵ Compreender a natureza da Ciência e o fazer científico é importante para a tomada de decisões pessoais e coletivas e que conduzam ao uso adequado e responsável dos conhecimentos científicos.

Buscando transcender o caráter meramente instrucional do ensino tradicional sem perder de vista a aprendizagem de conteúdos da Química, considerou-se essa abordagem dos agroquímicos como uma proposta de ensino que fomentasse o ativismo sociocientífico dos estudantes. Reis⁶ é a principal referência educacional sobre ativismo sociocientífico e defende que o exercício da cidadania pelos estudantes é possível se proporcionarmos a eles ferramentas para a compreensão do fazer científico e de suas relações com a tecnologia e a sociedade. Assim, o ativismo sociocientífico se projeta para além de discussões e contextualizações e propõe a ação como resultado da aprendizagem e da alfabetização científica.⁶ Os pilares do ativismo sociocientífico são a investigação, a discussão e a ação sociopolítica.⁶ A investigação está relacionada à provocação dos estudantes para a importância do estudo das Ciências e do desenvolvimento de competências para compreender o problema abordado, pretendendo que distingam o conhecimento de senso comum do conhecimento científico.⁶ A natureza do conhecimento, a relevância da autonomia intelectual e colaboração social e cidadania estão relacionadas ao segundo pilar: a discussão. É ela que sustenta a democracia e a cidadania necessárias para garantir a soberania popular, a tomada de decisões pacífica e a coesão dos grupos na solução de problemas comuns.⁶ Finalmente, o pilar da ação sociopolítica refere-se à capacitação dos alunos como cidadãos ativos na resolução dos problemas fundamentados em conhecimento científico, pondo em prática atitudes que visem à mudança de comportamentos individuais e coletivos.⁶ Diferentes estudos se mostraram promissores na perspectiva do ativismo sociocientífico, que trataram temas como alterações climáticas, presença de transgênicos na alimentação, recusa das pessoas à vacinação, desperdício de papel e alimento na escola, contaminação de cursos de água, segurança química, economia de água e energia, dentre outros.^{6,7}

No contexto em que se deu o presente estudo, priorizou-se o conhecimento químico de soluções químicas por meio de uma sequência didática nos moldes propostos por Zabala, cujas etapas do processo pedagógico são o planejamento, a aplicação e a avaliação.⁸ Há uma preocupação com os objetivos educacionais, considerando o *quê* e para *quê* ensinar, e com o processo cognitivo. Deve-se considerar os conteúdos e seus significados, permitindo a integração entre diferentes conhecimentos: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais.⁸

Os agroquímicos se constituem como tema social. Já os conteúdos específicos e conceitos relacionados às soluções químicas se consolidam como conceitos científicos disciplinares, especialmente os de concentração, solubilidade e diluição de soluções. Esses conceitos, por sua vez, podem ser relacionados à controvérsia sociocientífica dos agroquímicos e à realidade dos estudantes, como conhecimento químico específico e de conteúdos atitudinais, na medida em que eles compartilham conhecimentos com suas comunidades e influenciam tomadas de decisões e ações em prol da sustentabilidade local.

É importante que os estudantes sejam capazes de reconhecer relações de causa e efeito que se estabelecem à medida que aprofundam suas investigações, e que reconheçam a necessidade e a importância do conhecimento científico como suporte de argumentação para questionar o *status quo*, e, ao final, sejam capazes de se posicionar.

2. Metodologia

O presente trabalho se refere a um relato de experiência docente, realizado no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFPR), do qual participaram estudantes de quatro segundas séries do ensino médio do Colégio Estadual Dr. Afonso Alves de Camargo do município de Rio Azul/PR, sendo a sequência didática desenvolvida em uma das turmas. Buscou-se identificar a predisposição dos estudantes ao ativismo sociocientífico a partir do desenvolvimento da sequência didática sobre soluções químicas. Abordou-se o objeto de estudo – a experiência pedagógica – por meio de pesquisa de cunho exploratório e descritivo,⁹ fundamentando-se numa abordagem metodológica qualitativa,^{10,11} sendo que aos números foi dado um enfoque secundário, porém não menos importante.¹² Quanto às técnicas e instrumentos de observação, esta pesquisa se constituiu no tipo participante.¹³

O fluxograma da Figura 1 apresenta uma síntese das etapas do desenvolvimento do estudo. Inicialmente, 78 estudantes de quatro turmas de segunda série do colégio responderam a um questionário inicial (apresentado no Material Suplementar), contendo questões para identificação do seu perfil, ideias sobre a Química e a ciência, opiniões sobre agrotóxicos e predisposição a ações sociopolíticas. Em seguida, foram desenvolvidas as aulas previstas na sequência didática na turma que foi

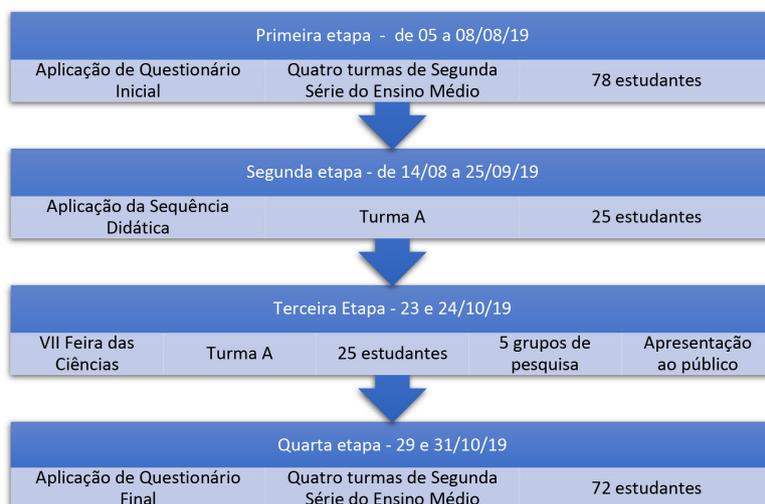


Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento do estudo

denominada Turma A, com 25 estudantes. Ao longo das aulas, os estudantes foram orientados em grupos para realizarem pesquisas com diferentes direcionamentos e subtemas sobre os agroquímicos, que foram apresentadas em sala de aula para os colegas e, posteriormente, após aprofundar as pesquisas e preparar materiais e informações, disseminaram conhecimentos para toda a comunidade escolar como parte da ação sociopolítica. Em seguida, ocorreu a apresentação dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos pelos estudantes na Feira das Ciências realizada no colégio. Por fim, foi aplicado um questionário final para identificar algumas contribuições da sequência didática à aprendizagem dos conteúdos e ao desenvolvimento de disposição ao ativismo sociocientífico.

A verificação da hipótese do desenvolvimento do ativismo entre os estudantes se deu pela observação participativa sistemática de seus comportamentos e produções,⁹ e de acordo com o referencial teórico de Reis.^{6,14-18} Para as análises dos dados quantitativos foram utilizadas estratégias estatísticas para questões objetivas de escala Likert^{19,20} e de análise de conteúdo²¹.

A relevância e o impacto da sequência didática e do material pedagógico adotado no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Química foram avaliados por meio da Análise de Conteúdo das questões abertas dos diferentes questionários e atividades desenvolvidas em sala de aula, como exercícios, desafios e relatórios de experimento.

As aulas foram desenvolvidas em três etapas, sendo iniciadas com uma problematização, por meio de questões provocativas. Em seguida, a organização dos conhecimentos foi desenvolvida com encaminhamentos pedagógicos e recursos que integraram o estudante na construção de conhecimentos factuais, procedimentais e conceituais sobre o conteúdo de soluções químicas. Finalmente, a terceira etapa consistiu na aplicação dos conhecimentos desenvolvidos por meio de atividades dirigidas, elaboradas com questões desafiadoras para que os estudantes pudessem empregar os conceitos químicos

na resolução das tarefas, a fim de promover a apropriação de conhecimentos, desenvolver o pensamento crítico e atitudes. A proposição de pesquisas em grupo como atividade de aplicação do conhecimento foi importante, e resultou no desfecho da sequência didática com trabalhos de ação sociopolítica. A Figura 2 apresenta o ciclo proposto pela sequência didática.



Figura 2. Ciclo da sequência didática desenvolvida sobre a temática dos agroquímicos

Os resultados apresentados neste texto são produtos da experiência e praxis docente, preservando-se a identificação dos estudantes participantes, cujos responsáveis assinaram autorização e declaração de consentimento livre esclarecido, dispensando aval de Comissão de Ética, conforme Resolução n.º 510/2016 do CNS.²²

3. Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os dados e análises realizadas a partir do aporte teórico, evidenciando o perfil dos estudantes

participantes das ações educativas, o desenvolvimento da sequência didática e as competências de ativismo observadas.

3.1. Perfil dos estudantes

O questionário inicial foi aplicado a 78 estudantes de segunda série do Ensino Médio, incluindo a Turma A composta por 25 (à qual foi aplicada a sequência didática). O questionário continha questões para a identificação do seu perfil geral, como idade, gênero, local de residência e atividades econômicas ou de subsistência dos familiares. Os questionários inicial e final estão disponíveis no material suplementar.

Para melhor ilustrar esses resultados, a Figura 3 apresenta um conjunto de gráficos, que também comparam os resultados da turma A e das demais. Esses dados mostram que a maioria dos estudantes, em todas as turmas, está na série adequada à sua idade, especialmente na Turma A que foi foco do estudo. Observa-se que a maioria dos estudantes é de meninas, demonstrando que o gênero feminino domina as carteiras escolares em todas as turmas.

Outro dado bastante relevante se refere à residência (6,5% não responderam), sendo que, dos participantes da Turma A, 68% moram no interior (zona rural) e 32% na cidade, e das demais turmas 53,8% residem em zona rural e 39,7% na zona urbana.

Outro dado que também caracteriza o grupo participante são as atividades de subsistência. Na Turma A, 64% relataram que suas famílias trabalham com culturas agrícolas como soja, tabaco e milho, e apenas 36% realizam atividades econômicas diversas às do setor de agropecuária. Nas demais turmas, 57,7% mencionaram atividades relacionadas à produção agrícola ou pecuária e os outros 42,3% apontaram tipos de trabalho dos familiares não relacionados ao setor rural. Essas informações são consideradas determinantes para justificar o desenvolvimento das atividades educativas

de Química utilizando temas como o dos agroquímicos, pois são, em sua maioria da zona rural.

Dessa forma, fica claro que o tema agroquímico faz parte do contexto da vida dos estudantes, e tendo-o como CSC, pode-se levá-los a compreender conhecimentos sistematizados da Química, a relacionarem com o que vivenciam sob o ângulo das ciências, transpondo o conhecimento tácito e do senso comum. E por fim, como facilitadora e propulsora do ativismo sociocientífico dos estudantes.

3.2. O desenvolvimento da sequência didática

A sequência didática foi desenvolvida com a turma A em 8 aulas e cada aula foi organizada em três etapas: (i) Etapa 1: com questões provocativas a fim de chamar a atenção dos estudantes para problemas sociopolíticos e socioambientais relacionados aos conteúdos abordados; (ii) Etapa 2: apresentação e aproximação do conhecimento por meio de explanação, demonstrações, debates, leituras e outras estratégias de modo a oferecer conteúdos factuais, conceituais e procedimentais; (iii) Etapa 3: exercício e construção do conhecimento por meio de atividades e da retomada da questão provocativa, a fim de desenvolver habilidades procedimentais e atitudinais e ampliação para outros campos do conhecimento. A Tabela 1 mostra uma síntese de cada aula, indicando os conteúdos específicos e seus objetivos, bem como os principais encaminhamentos e atividades desenvolvidas. A avaliação dos estudantes e de do processo desenvolvido ficou a cargo da análise das atividades desenvolvidas a cada aula.

Uma das atividades realizadas foi organizar a turma em grupos para realizar pesquisa em temas específicos. Essa organização ocorreu na aula 2 e foi apresentada pelos alunos na aula 7. Na figura 4 observam-se os registros da apresentação dos trabalhos dos estudantes em sala de aula. Essa atividade foi muito importante pois trouxe dados

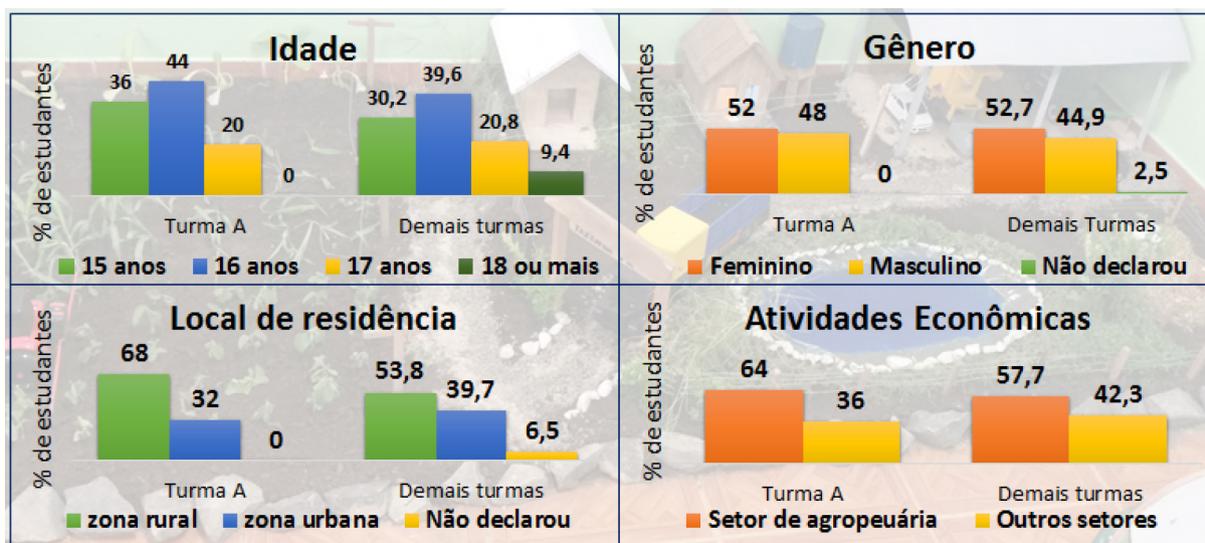


Figura 3. Perfis dos estudantes obtidos pelo questionário inicial

Tabela 1. Organização simplificada das aulas da sequência didática

Aula	Conteúdo Específico e Objetivos	Encaminhamentos e atividades
1	Ciência e agroquímicos: Introduzir a temática com leitura, debate e análise de notícia jornalística; compreender o tema dos agrotóxicos enquanto controvérsia sociocientífica.	Método expositivo misto: Leitura, debate e análise de artigo jornalístico; resolução de questionário.
2	Química e geografia dos agroquímicos: Aprofundar o tema; ampliar o conhecimento sobre tipos, usos e classificação; compreender o contexto geográfico e o cenário do tema no município de Rio Azul – PR.	Apresentação de slides, explanação de conceitos e proposta de pesquisa: Organização de grupos com subtemas de sob orientação da professora pesquisadora.
3	Soluções químicas – Conceitos e Concentração: Interrelacionar conceitos químicos do conteúdo Soluções; compreender influência e presença de substâncias tóxicas no cotidiano.	Apresentação de slides, explanação sobre conceitos: Linguagens simbólicas características no trato do conteúdo; Resolução de exercícios contendo informações e situações reais e hipotéticas.
4	Solubilidade e diluição das soluções: Interrelacionar conceitos químicos; compreender influência e presença de substâncias tóxicas no cotidiano das pessoas e da sociedade.	Apresentação de slides, explanação de conceitos: tríplice lavagem de embalagens, resolução de desafios sobre a possibilidade de resíduos; Resolução de exercícios.
5	Preparo e titulação de soluções: Aliar teoria e prática; despertar o interesse por procedimentos e técnicas de laboratório; desenvolver a capacidade de observação, análise e compreensão de sistemas e técnicas de controle, habilidade para elaborar relatórios.	Procedimentos de laboratório, observação e anotação dos fenômenos: Elaboração de relatórios em grupos, com base no experimento desenvolvido, apresentando os resultados que observaram, efetuando os cálculos necessários e suas impressões e conclusões sobre a atividade.
6	Soluções químicas – concentração: Identificar informações relevantes presentes em rótulos de agrotóxicos; desenvolver o raciocínio matemático e compreensão de conceitos e linguagem do estudo das soluções.	Leitura e interpretação de rótulos e/ou bulas de agrotóxicos: Resolução de exercícios e desafio; relacionar conceitos estudados a situação hipotética de contaminação de lençol freático.
7	Química e geografia dos agroquímicos: Concretizar a primeira etapa do processo de ativismo; aprofundar e ampliar informações e conhecimentos sobre a situação de Rio Azul no universo do uso de agrotóxicos.	Apresentações dos grupos designados na aula 2 G 1 – pesquisa com produtores locais. G 2 – autoridades/documentos públicos. G 3 – pesquisa com população/famílias. G 4 – composição dos principais agrotóxicos. G 5 – pesquisa documental histórico, uso no Brasil/Paraná/ Rio Azul; legislação.
8	Ciência e agroquímicos: Finalizar a temática dos agrotóxicos com leitura, debate e análise de notícia jornalística; proporcionar reflexão e tomada de posição frente ao assunto.	Método expositivo misto, debate: Leitura, discussão e análise de artigo jornalístico sobre agrotóxicos, resolução de um questionário.

fundamentais sobre a temática, incitando o engajamento dos alunos.

3.3. A aprendizagem dos conhecimentos químicos

Enquanto disciplina escolar, a Química precisa preconizar aprendizagens de conceitos químicos, o que justifica o ensino dessa disciplina no Ensino Médio. Todo esforço didático-metodológico (meios) do professor e do pesquisador do ensino de Química precisa ser direcionado aos conhecimentos químicos como ponto de chegada (fins). O trabalho e a pesquisa no ensino de Química não fazem sentido se não houver valorização desses conhecimentos e promoção dessas aprendizagens.

As análises aqui apresentadas têm o intuito de evidenciar as aprendizagens observadas e corroborar a importância de

abordagens contextualizadas para o ensino dos conteúdos. Os conceitos, a simbologia da Química, os raciocínios envolvidos e a aplicabilidade do conteúdo de soluções químicas, foram trabalhados especialmente entre as aulas 3 a 7 (ver Tabela 1), de modo que pudessem embasar as pesquisas dos estudantes sobre os agroquímicos.

Ao longo da aula 3 (Tabela 1) foram realizados exercícios sobre concentração de soluções, que simulavam situações de preparo e aplicação de soluções de agroquímicos. Objetivou-se analisar se os alunos eram capazes de identificar massa de soluto, calcular a massa de soluto necessário para preparar uma solução, calcular concentração de uma solução e identificar a magnitude de uma concentração em relação a outra.

De acordo com as análises dos exercícios entregues por 20 estudantes, constatou-se que todos souberam identificar



Figura 4. Fotos das apresentações dos trabalhos em grupo

massa de soluto, 55% souberam calcular massa de soluto necessário para o preparo de uma solução e 35% souberam calcular a concentração de uma solução. No entanto, nenhum conseguiu identificar a magnitude de uma concentração em relação a outra, ou seja, não souberam determinar quantas vezes a concentração de uma solução é maior que a concentração de outra. É importante salientar que esta aula foi uma primeira aproximação dos estudantes com os conceitos básicos de soluções, solubilidade, tipos de soluções, preparo de soluções, curva de solubilidade, diluição de soluções.

As questões provocativas apresentadas em cada aula visaram convidar o aluno à reflexão sobre um determinado aspecto do conteúdo ou fenômeno, ao mesmo tempo em que serviu de análise para identificar se houve ou não alguma evidência de aprendizagem do conteúdo químico. Por exemplo na aula 4 (Tabela 1), considerada uma das mais relevantes para a compreensão da aprendizagem do conteúdo de Química, a questão estava relacionada ao processo de tríplice lavagem que corresponde ao conteúdo de diluição de soluções. Propôs-se que os estudantes analisassem uma situação hipotética de tríplice lavagem de um determinado agrotóxico e concluíssem sobre a possibilidade ou não de haver resíduo do produto na embalagem após esse processo, conforme mostra a Figura 5.

Mesmo sem ainda ter-lhes sido apresentados os conceitos de diluição, todos os 25 estudantes concluíram que mesmo após o processo de tríplice lavagem ainda haveria resíduo de agrotóxico na embalagem. Apesar de alguns erros conceituais e alguns raciocínios equivocados, todos defenderam que haveria permanência de resíduo no frasco. Esta constatação leva à inferência de que os conhecimentos informais e vivências diárias relativas à temática permitem aos estudantes compreender os perigos relativos aos agroquímicos, mesmo sem ainda terem aprendido conceitos e formas de quantificar resíduos nas embalagens.

Ao final da aula, solicitou-se que os alunos resolvessem a questão provocativa inicial utilizando os novos conhecimentos, a partir de dados fornecidos como densidade do produto e volumes de água utilizados em cada lavagem, bem como volume de solução restante dentro do frasco: 20 alunos da turma entregaram a atividade resolvida, sendo que 19 efetuaram o cálculo correto e encontraram o valor da concentração da solução final restante na embalagem. Apenas um estudante apresentou dificuldades nesse cálculo, tendo obtido um resultado diferente, porém com erro apenas em relação às casas decimais.

A tríplice lavagem é a prática de efetuar a lavagem das embalagens dos agrotóxicos após o seu esvaziamento, realizando esse procedimento por três vezes repetidas. Depois desse procedimento, é necessário dar um destino final a essas embalagens, conforme orientações específicas de cada produto.

Questão: Considere que um agricultor despejou o conteúdo de agrotóxico líquido solúvel em água em um pulverizador, de uma embalagem de 1L do produto. Suponha que nas paredes internas da embalagem fique um resíduo de 1mL do produto e em seguida ele realiza a tríplice lavagem conforme indicado na figura, considerando que a cada lavagem sempre sobre 1 mL da solução nas paredes internas do frasco.

Você acha que ao final do procedimento a embalagem estará totalmente isenta do produto e poderá ser reutilizada para embalar outro líquido qualquer? Explique seu raciocínio.

Figura 5. Questão provocativa proposta na aula 4 da sequência didática

Outro aspecto importante a relatar é em relação ao uso das unidades de medida. Apesar do raciocínio correto, apenas 9 estudantes apresentaram o resultado com a unidade g/L, conforme esperado. Mas notou-se um avanço da terceira para a quarta aula, em relação aos resultados que conseguiram obter, indicando uma apropriação dos conceitos anteriores, também necessários para os acertos deste momento.

A aula 5 (Tabela 1) foi um experimento prático que visou apresentar e interrelacionar conceitos químicos do conteúdo de soluções e a integrar à temática dos agroquímicos. O conteúdo específico imerso nos procedimentos de laboratório, bem como a necessária atenção e anotação dos fenômenos observados foram necessários para a compreensão de conteúdos diversos da Química. Tratou-se de um experimento de titulação ácido-base, com o intuito de mostrar as possibilidades que a experimentação oferece para a identificação e quantificação de substâncias. Como não é possível realizar experimentos com agroquímicos com os estudantes por questão de segurança, a titulação para quantificar a porcentagem de ácido acético presente no vinagre foi escolhida para proporcionar que eles estabelecessem um paralelo com outras formas de experimentação, dando vazão à imaginação e a curiosidade sobre processos de análise química.

As análises dos relatórios entregues após o experimento revelaram que: 90% efetuaram corretamente as análises de dados e cálculos relativos aos conceitos de concentração comum, quantidade de matéria, concentração em quantidade de matéria; 70% efetuaram corretamente as análises de dados e cálculos relativos aos conceitos de massa em função de densidade, volume em função de densidade, neutralização, conceitos ácido-base; 60% efetuaram corretamente as análises de dados e cálculos relativos aos conceitos de porcentagem; e apenas 50% efetuaram corretamente as análises de dados e cálculos relativos aos conceitos de massa em função da quantidade de matéria.

A Figura 6 mostra uma síntese da aprendizagem de conteúdos identificada entre os estudantes durante a aplicação da sequência didática na turma A. Nota-se, nestes resultados, que houve dificuldades em relação a outros conceitos químicos, pré-requisitos para uma compreensão mais adequada do conteúdo das soluções químicas, em especial os conceitos de densidade, quantidade de matéria e compreensão de unidades de medida.

As dificuldades observadas nas habilidades matemáticas também foram determinantes para uma compreensão incompleta dos conceitos, especialmente porcentagem e equações simples, nas quais se perceberam equívocos nos mecanismos e no vocabulário matemático utilizados nas resoluções das atividades.

Infere-se que tais problemas derivam de dificuldades de aprendizagem relativas à interpretação textual e resolução de problemas e/ou de raciocínio lógico-matemático acumuladas ao longo da vida dos estudantes e que possivelmente não foram dirimidas nos momentos apropriados. De fato, essas habilidades são esperadas para a fase escolar em questão bem como uma compreensão plena dos conceitos matemáticos envolvidos, relativos a equações de primeiro grau e funções matemáticas que são objeto de estudo desde o Ensino Fundamental. Como consequência disso, aprendizagens específicas da disciplina de Química ficam comprometidas, o que dificulta a compreensão dos conceitos químicos e, conseqüentemente, da sua aplicabilidade na vida cotidiana.

No entanto, considerando a compreensão conceitual dos conteúdos das soluções químicas como mais importante, nas atividades foi solicitado aos estudantes que indicassem com suas palavras os conceitos envolvidos, o que foi atendido de forma correta na grande maioria das questões e ao final das aulas.

Ainda é importante ressaltar que aprendizagens matemáticas envolvidas também foram oportunizadas com a sequência didática, uma vez que a maior parcela dos estudantes conseguiu realizar as operações e raciocínios necessários à resolução das questões propostas no relatório, contribuindo também para dirimir algumas dificuldades.

A proposta veio ao encontro das premissas de educação para a cidadania e a alfabetização científica, oferecendo oportunidades e instrumentos para a reflexão acerca da CSC dos agroquímicos e de ação sociopolítica dentro e fora da escola.

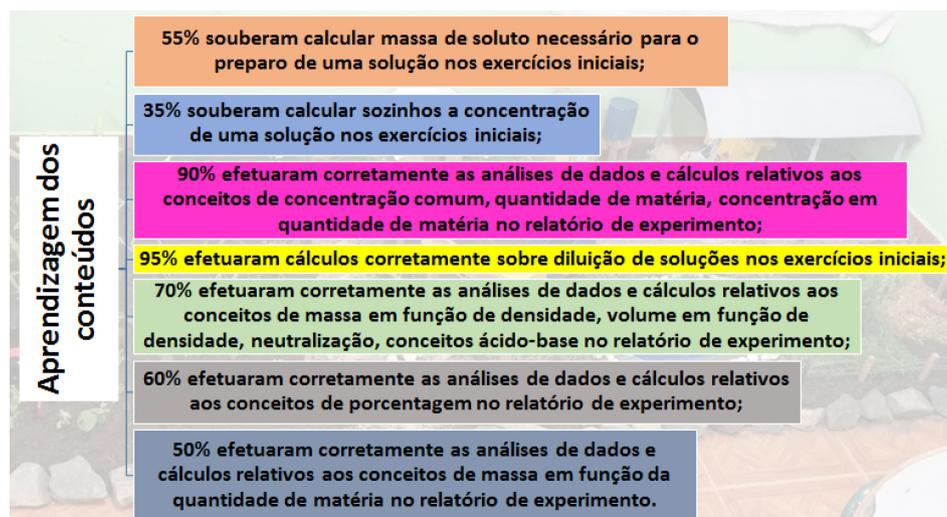


Figura 6. Síntese dos resultados de aprendizagem dos estudantes da Turma A

3.4. Habilidades cognitivas relacionadas à compreensão das relações CTS inerentes ao tema dos agroquímicos

Os estudantes foram enquadrados em níveis de habilidades cognitivas sobre o tema dos agroquímicos e sua compreensão das relações CTS envolvidas, por meio da análise de respostas que deram dos questionários inicial e final, que se encontram no material suplementar. As questões consideradas nesta análise continham afirmações sobre agrotóxicos, para as quais era necessário assinalar C caso concordassem e D, caso discordassem. Também foram analisadas respostas livres para questões abertas que pediam para que os estudantes escrevessem o que entendiam sobre agroquímicos. A análise foi dividida em quatro níveis, baseada na somatória dos pontos nas questões analisadas que podiam chegar a 10 pontos: (i) Nível 1 (de 0 – 3 pontos): compreende o conceito de agroquímicos e suas relações CTS insatisfatoriamente; (ii) Nível 2 (de 4 – 6 pontos): compreende o conceito de agroquímicos e suas relações CTS parcialmente; (iii) Nível 3 (de 7 – 8 pontos): compreende o conceito de agroquímicos e suas relações CTS satisfatoriamente e (iv) Nível 4 (de 9 – 10 pontos): Compreende o conceito de agroquímicos e suas relações CTS otimamente.

A Figura 7 resume os dados obtidos e vale ressaltar que do ponto de vista estatístico não é pertinente comparar as análises do questionário inicial e final pois as diferenças são sutis. No entanto, do ponto de vista pedagógico, enquadrar níveis de habilidades cognitivas foi importante e os dados contribuem para a compreensão da avaliação diagnóstica e contínua da aprendizagem dos estudantes.

Constatou-se que após o desenvolvimento da sequência didática na turma A, não houve estudantes categorizados no nível 1 (Figura 7). O número de indivíduos que compreendeu o conceito de agroquímicos e suas relações CTS parcialmente, relativamente ao nível 2 foi de 40%, e 60% dos alunos mostrou habilidades de nível 3. Assim,

infere-se que os estudantes da turma A tiveram seu enquadramento em níveis mais altos de desenvolvimento de habilidades cognitivas sobre o tema dos agroquímicos.

3.5. Competências de ativismo sociocientífico

A identificação das competências de ativismo sociocientífico baseadas nas proposições de Reis,¹⁵⁻²¹ se constitui no auge do estudo com o cruzamento de dados obtidos por meio das atividades desenvolvidas, as habilidades demonstradas frente ao conteúdo aprendido, posturas dos estudantes e questionários respondidos ao final da aplicação da sequência didática.

As questões que serviram de base para essa análise foram apresentadas aos estudantes em formato de afirmativas sobre comportamentos e posturas diante de situações que envolvem temáticas controversas, como a dos agrotóxicos. Os estudantes foram convidados a responder sobre suas reflexões e posturas frente às informações adquiridas e seus conhecimentos construídos até o momento, mostrando sua escala de identificação com as questões propostas. As escalas de respostas estão mostradas na Tabela 2.

Ao se fazer uma média simples geral por resposta, independentemente da questão, fica mais fácil de compreender as diferenças de pré-disposição geral entre as turmas. A Figura 8 resume os dados obtidos. Assim como anteriormente, as diferenças estatísticas das respostas do questionário inicial e final não permitem uma análise concreta, mas podem auxiliar na identificação geral das competências.

Identificou-se, por meio dos questionários aplicados ao final do processo, que os estudantes apresentaram predisposição ao ativismo em relação aos níveis de ativismo considerados, com a seguinte proporção: 16,3% nível 0; 22,8% nível 1; 47,5% nível 2 e 13,2% nível 3. Os níveis mais altos de ativismo que se destacaram foram em relação a: (i) disposição em se envolver ou tomar iniciativas para resolução de problemas da sociedade (16,7% - nível 0;

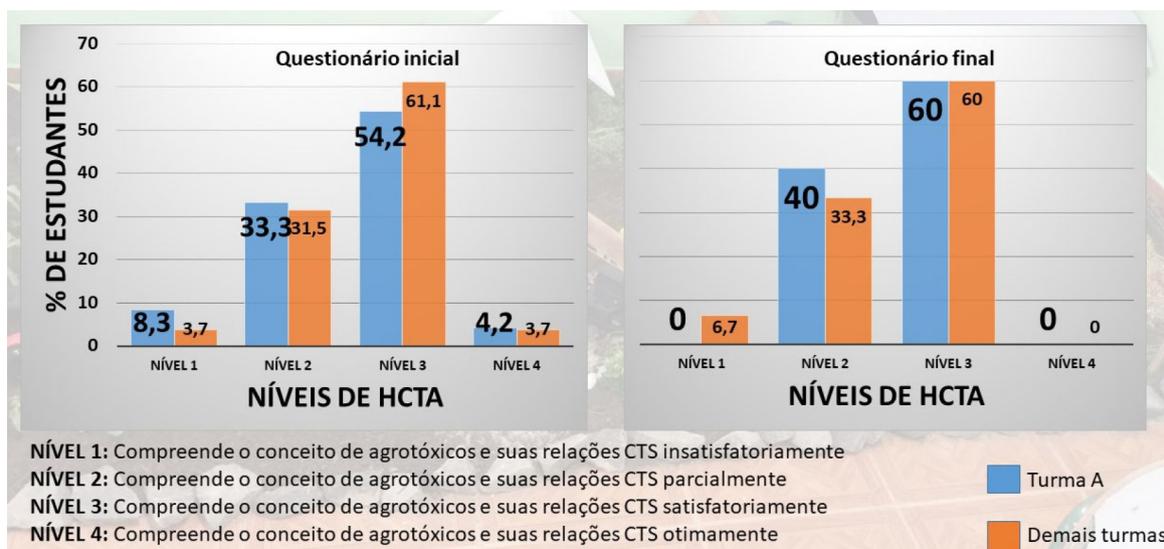
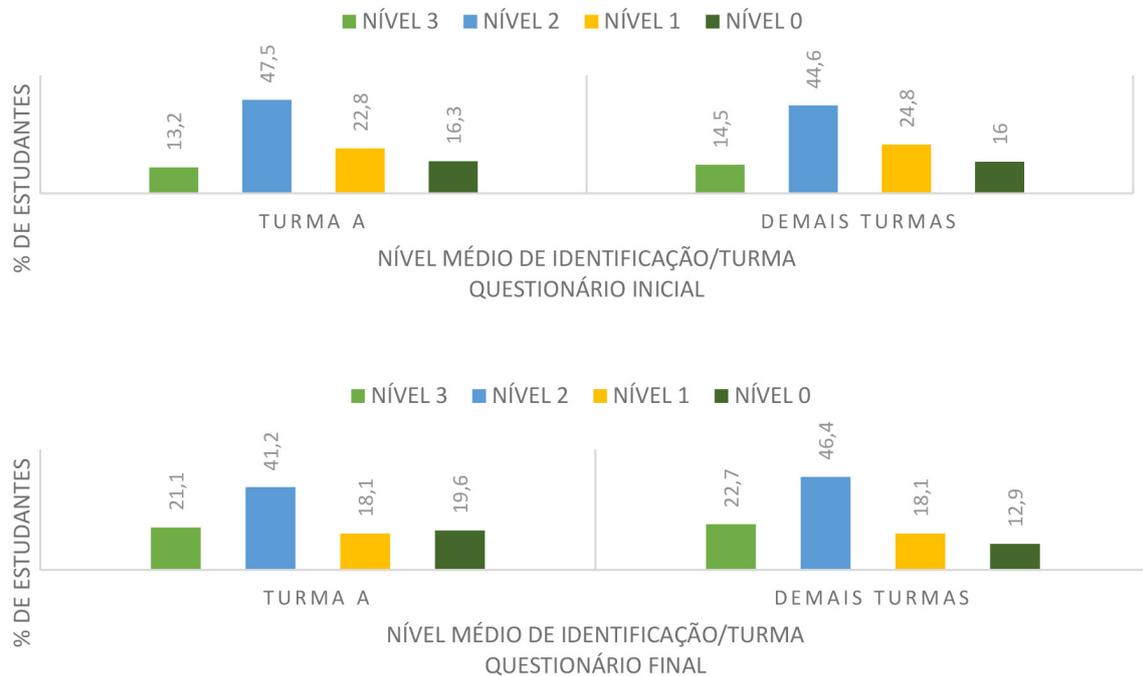


Figura 7. Habilidades cognitivas sobre a temática dos agrotóxicos e as relações CTS

Tabela 2. Níveis de ativismo sociocientífico relacionados à escala aplicada e pontuação atribuída

NÍVEL DE ATIVISMO	NÍVEL 3	NÍVEL 2	NÍVEL 1	NÍVEL 0
Pontuação	3	2	1	0
Descrição	Nível mais elevado. Os alunos demonstram estar totalmente dispostos, preparados e engajados em ações sociopolíticas.	Se enquadram as repostas dos estudantes que se sentem fortemente inclinados ao ativismo relacionado ao quesito específico.	Se enquadram as repostas dos estudantes que se sentem fracamente inclinados ao ativismo relacionado ao quesito específico.	Nível mais baixo de ativismo. Os estudantes demonstram estar totalmente desinteressados das causas sociopolíticas e das ações específicas questionadas no quesito específico.
Tipos de alternativas/intensidade de identificação	Sim Sim, sempre	Provavelmente sim Sim, às vezes	Provavelmente não Raramente	Não Não tenho esse dever Não observei Não influencio Não me deixo influenciar

**Figura 8.** Comparação da média de respostas ao questionário inicial e final por nível referente ao ativismo sociocientífico

8,3% - nível 1; 58,3% - nível 2; 16,7% - nível 3); (ii) estar aberto para ser influenciado e ser capaz de influenciar colegas em suas opiniões para tomar decisões acerca de situações sociopolíticas e socioambientais (8,3% - nível 0; 25% - nível 1; 45,8% - nível 2; 20,8% - nível 3); (iii) se sentir com o dever de participar das decisões e ações e, mais que tudo (16,7% - nível 0; 8,3% - nível 1; 58,3% - nível 2; 16,7% - nível 3); (iv) em acreditar que ações locais são importantes para contribuir com mudanças mais amplas (0% nível 0; 4,2% - nível 1; 41,7% - nível 2; 54,1% - nível 3); (v) identificar/diferenciar conceitos científicos de informações senso comum (40% nível 2; 60% nível 3); (vi) imaginação para propor soluções alternativas às situações abordadas (16,7% - nível 0; 20,8% - nível 1; 41,7% - nível 2; 20,8% - nível 3).

3.6. A Feira das Ciências

A Feira das Ciências ocorreu no colégio nos dias 29 e 30 de outubro de 2019. Foi a sétima edição do evento que conta sempre com a participação dos estudantes do colégio sob orientação dos professores e se constitui no evento mais importante do ano promovido pelo estabelecimento. Os trabalhos apresentados foram os resultados das pesquisas dos estudantes com seus professores em todas as disciplinas. A Feira é visitada por praticamente todas as escolas do município de Rio Azul/PR, tanto as da rede estadual de ensino, quanto as municipais que são responsáveis pelos anos iniciais do Ensino Fundamental, período em que o despertar do interesse pela ciência é tão importante. Alunos de escolas dos municípios vizinhos também visitaram a Feira de 2019.

Na feira, a turma A apresentou os trabalhos realizados durante o período da aplicação da sequência didática, aprimorando os materiais e complementando as pesquisas para apresentar à comunidade escolar. Durante as visitas, os estudantes mostravam os materiais, explicavam como surgiu a ideia da pesquisa e apresentavam os resultados, bem como explanavam sobre conceitos de química abordados em sala de aula e conceitos relativos à controvérsia dos agroquímicos, como forma de conscientização e informação a estudantes das outras escolas e população em geral que visitou os trabalhos.

As maquetes da Figura 9(a) mostram a disposição de uma propriedade rural típica da região, contendo área de plantio, barracões de equipamentos, galpão para guarda de agroquímicos, reservatório de água, entre outros. Para mostrar parte da perspectiva química dos agroquímicos, um grupo apresentou a molécula do glifosato, um agroquímico amplamente usado (figura 9 b). Como se trata de alunos de segunda série do ensino médio, ainda lhes fez falta conhecimento sobre química orgânica e suas estruturas, de modo que a representação não está correta. Note-se que as cores das esferas que representam os átomos não estão adequadas para o mesmo elemento e as hidroxilas estão representadas com uma esfera cada uma. A fotografia da figura 9(c) mostra alguns resultados das pesquisas realizadas com a população local, especialmente com os estudantes do colégio, professores, familiares e seus vizinhos, sobre hábitos alimentares, conhecimento sobre agroquímicos, forma de utilização nas lavouras, entre outras informações. Os estudantes compilaram os dados em gráficos e apresentaram dados sobre os agroquímicos na região e no país. Algumas informações sobre a legislação atual sobre agroquímicos e suas possíveis reformas em trâmite no congresso nacional foram também apresentadas para conhecimento da população. Uma delas foi o projeto de lei n.º 6.299, de 2002, também chamada de PL do veneno, que

ainda é alvo de muitas discussões.²³ A figura 9(d) mostra um cartaz produzido para mostrar à comunidade a classificação dos agroquímicos e como identificá-la pela cor presente nos rótulos dos produtos. Essa identificação deve aparecer em qualquer produto tóxico, mesmo os de uso doméstico como os inseticidas, por exemplo.

Na Figura 10(a), aparecem fotos dos estudantes fazendo explicações dos equipamentos para os visitantes. As fotografias das Figuras 10(b) e 10(c) mostram grupos apresentando dados sobre o uso de agroquímicos e intoxicação na região. Aparecem também estudantes do ensino fundamental de outros colégios visitando à Feira e prestigiando a apresentação dos ativistas da segunda série A. Finalmente, na figura 10(d), aparecem os estudantes apresentando e explicando as diferenças entre as sementes tratadas e não tratadas, bem como frutos com e sem tratamento de agroquímicos.

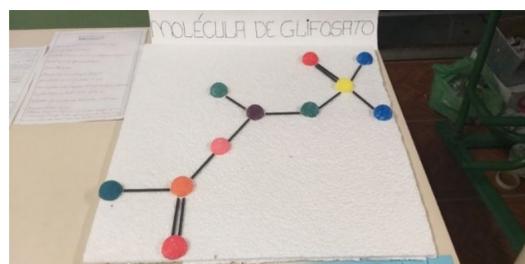
No decorrer do desenvolvimento da sequência didática, os estudantes se depararam com situações novas – e difíceis – para se mobilizarem e construir conhecimentos que vão além dos conteúdos químicos. O processo de pesquisa em grupos não foi tão simples e fácil como talvez previssem, e as atividades nas aulas lhes exigiram raciocínio mais amplo e interface com outros conhecimentos. Eles fizeram Ciência e aprenderam Química. Certamente não foi possível atingir a todos os estudantes com a profundidade de conhecimentos e clareza de conceitos de forma adequada e ideal, mas foram notórios o interesse e empenho deles na execução das atividades e sua participação nas discussões.

4. Considerações Finais

Este trabalho apresenta um relato bem sucedido de experiência pedagógica desenvolvida na perspectiva CTS com estudantes de segunda série do Ensino Médio no



(a)



(b)



(c)

CLASSES	GRUPOS	COR DA FAIXA
I	Extremamente tóxicos	Rede
II	Altamente tóxicos	Amarela
III	Mediamente tóxicos	Verde
IV	Pouco tóxicos	Verde

(d)

Figura 9. Trabalhos apresentados pelos estudantes da Turma A na Feira das Ciências



Figura 10. Estudantes da Turma A apresentando trabalhos à comunidade escolar durante a Feira das Ciências

Município de Rio Azul/PR, onde foi utilizado a temática dos agroquímicos como controvérsia sociocientífica e propulsora do ativismo sociocientífico de estudantes. Foi aplicada uma sequência didática abordando soluções químicas para correlacionar com a temática. Foram acompanhadas 4 turmas, totalizando 78 alunos, sendo que a sequência didática foi aplicada apenas numa turma (Turma A) com 25 alunos.

Durante o desenvolvimento da sequência didática os estudantes mostraram interesse e engajamento. Foi na apresentação dos trabalhos para o público na Feira das Ciências do colégio que os estudantes puderam dar o melhor de si, compartilhar conhecimento, informar as pessoas e receber *feedback* positivo por terem aprendido com eles. Nesses momentos em que tiveram a oportunidade de agir e disseminar conhecimentos puderam perceber a importância do potencial que têm. Cabe ao professor de Química, nessa perspectiva de formação cidadã, não perder de vista o objetivo intrínseco à sua essência: promover aprendizagens de Química.

É factível atrelar ensino de Química à perspectiva CTS promovendo o ativismo sociocientífico de estudantes, visto que a educação de qualidade e cidadania são os frutos desse empenho. Acredita-se que seja papel da escola incentivar e construir um currículo pensando nos estudantes como cidadãos de fato, que possam refletir e intervir na sua realidade desde a escola. É preciso que a aprendizagem faça sentido para o estudante. Há que se proporcionar oportunidades de crescimento e formação para a cidadania com base nas realidades sociais, políticas e culturais que ele vivencia.

Ficou evidenciada que as habilidades cognitivas em relação à temática dos agrotóxicos e suas relações CTS se apresentaram suficientemente adequadas, sendo que 60% da turma A mostrou compreender o conceito de agroquímicos e suas relações CTS satisfatoriamente após o desenvolvimento

da sequência didática. Foi possível identificar que a maioria dos estudantes compreende diferentes fatores que constituem a problemática dos agroquímicos e as relações CTS, assim como a aprendizagem dos conceitos e conteúdos sobre soluções químicas foi muito significativa. As competências de ativismo dos estudantes frente à temática dos agroquímicos se mostraram promissoras, sendo que 83,7% deles apresentaram algum nível de pré-disposição ao ativismo sociocientífico. Conclui-se que a promoção da ação sociopolítica pode ser uma ferramenta importante para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e aprendizagens em Química, uma vez que para agirem, os estudantes precisam se preparar com conceitos, conhecimentos e argumentos. Sendo assim, é possível afirmar que o estudo das soluções químicas tendo os agroquímicos como tema de base e a promoção do ativismo como fomento de conhecimentos foi muito relevante para o processo ensino-aprendizagem da Química e disseminação de conceitos de sustentabilidade na comunidade escolar.

Por fim, muitos objetivos para o desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU encontram-se nesse relato pois envolve a melhoria da educação (meta 4 da ODS) e a apropriação da temática dos agroquímicos e suas consequências que tem potencial para resolver problemas como fome, agricultura mais segura/sustentável (meta 2 da ODS), alimentos mais seguros, saúde e bem-estar (meta 3 da ODS) e garantir maior segurança ambiental (meta 15 da ODS).

Referências Bibliográficas

1. Organização das Nações Unidas. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Meta 4. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals>. Acesso em: 20 setembro 2021.

2. Sítio de Secretaria da Saúde do Paraná. *Plano de Vigilância e Atenção à Saúde de Populações Expostas aos Agrotóxicos do Estado do Paraná 2017 a 2019*. Curitiba: SESA, 2017. Disponível em: <https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/pevaspea.pdf>. Acesso em: 20 setembro 2021.
3. Krupczak, C.; Aires, J. A.; Controvérsias sociocientíficas: uma análise da produção acadêmica brasileira. *Vidya* **2019**, *39*, 277. [[Link](#)]
4. Auler, D.; Articulação Entre Pressupostos do Educador Paulo Freire e do Movimento CTS: Novos Caminhos Para a Educação em Ciências. *Revista Contexto & Educação* **2007**, *22*, 167. [[Crossref](#)]
5. Sasseron, L. H.; Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **2015**, *17*, 49. [[Crossref](#)]
6. Reis, P. A. Em *Tecendo diálogos sobre direitos humanos na educação em ciências*, Oliveira, R. V. L. De; Queiroz, G. R. P. C. (Orgs.), Editora Livraria da Física: São Paulo, 2016. Capítulo: *Educação em Direitos Humanos através da discussão e ação sociopolítica sobre controvérsias sociocientíficas e socioambientais*.
7. Marques, A. R.; Reis, P.; Ativismo coletivo fundamentado em investigação através da produção e divulgação de vodcasts sobre poluição ambiental no 8.º ano de escolaridade. *Da Investigação às Práticas* **2017**, *17*, 5. [[Crossref](#)]
8. Zabala, A.; *A prática educativa: como ensinar*. Artmed: Porto Alegre, 1998.
9. De Pádua, E. M. M.; *Metodologia da Pesquisa: Abordagem teórico-prática*. 18. ed. Campinas: Papyrus, 2016.
10. Damiani, M. F., Rochefort, R.S. de Castro, R.F., Dariz, M. R., Pinheiro, S. S.; Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de educação* **2013**, *45*, 57. [[Link](#)]
11. Richardson, R. J., Peres, J. A., Wanderley, J. C. V.; *Pesquisa social: métodos e técnicas*. Atlas: São Paulo, 1989.
12. Dalfovo, M. S.; Lana, R. A.; Silveira, A.; Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada* **2008**, *2*, 1. [[Link](#)]
13. Brandão, C. R., Borges, M. C.; Pesquisa participante: um momento da educação popular. *Revista de Educação Popular* **2007**, *6*, 51. [[Link](#)]
14. Ramos, E. E.; Reis, P.; *Resumo do X Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias*, Sevilla, Espanha, 2017.
15. Reis, P.; Acción Socio-Política sobre Cuestiones Socio-Científicas: Reconstruindo la Formación Docente y el Currículo. *Uni-pluriversidade* **2014**, *14*, 16. [[Link](#)]
16. Reis, P.; Ciência e Controvérsia. *Revista de estudos universitários* **2009**, *35*, 9. [[Link](#)]
17. Reis, P.; Marques, A. R. *Resumos de 27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Badajoz, Espanha, 2016.
18. Reis, P.; Tinoca, L. A. F.; A avaliação do impacto do projeto “We Act” nas percepções dos alunos acerca de suas competências de ação sociopolítica. *Revista Brasileira do Ensino de Ciência e Tecnologia* **2018**, *11*, 214. [[Link](#)]
19. Dalmoro, M.; Vieira, K. M.; Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão Organizacional* **2013**, *6*, 161. [[Link](#)]
20. Fialho, F. A.; Dias, I. M. A. V.; Rego, M. P. Da C. E M. A.; Instrumento de coleta de dados quantitativos em pesquisas de bioética realizadas com crianças. *Tempus, actas de saúde coletiva* **2015**, *9*, 179. [[Crossref](#)]
21. Bardin, L.; *Análise de conteúdo*. Edições 70: Lisboa, 1977.
22. Sítio do Ministério da Saúde do Brasil. Resolução n° 510 de 7 de abril de 2016, Diário oficial da União, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html>. Acesso em: 20 setembro 2021.
23. Sítio da Câmara de Deputados de Brasília. Projeto de Lei n.º 6.269 de 13 de março de 2002. Autor: Blairo Maggi. Câmara dos Deputados. Brasília, DF, 13 mar. 2002. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=46249>>. Acesso em 05 junho 2019.