

Proposta Interdisciplinar para o Ensino de Química no Ensino Médio: Controle Biológico de Inseto Praga

Interdisciplinary Proposal for Teaching Chemistry in High School: Biological Control of Insect Pests

Igor Oliveira de Almeida,^{a, } Luís Felipe Costa Ramos,^{a, } Cristiane Dinis AnoBom,^{a, } Danielle Maria Perpétua de Oliveira^{a,* }

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Ilha do Fundão, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Química, Departamento de Bioquímica, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

*E-mail: danioliveira@iq.ufrj.br

Submissão: 14 de Setembro de 2025 – Aceite: 4 de Março de 2026 – Publicado online: 13 de Março de 2026

This study presents an interdisciplinary strategy to contextualize chemistry education by integrating biology and environmental sciences, using chemical and biological pesticides as a unifying theme. The workshop was developed in response to the persistent difficulty students face in learning chemical solution concepts when taught without connection to their reality. Conducted in a private school in Duque de Caxias (RJ), it introduced the pest *Anticarsia gemmatalis*, its biological control by *Bacillus thuringiensis* (Bt), and a simplified bioassay that allowed students to compare biological and chemical control while applying concepts such as solution preparation and dilutions. The activity generated clear evidence of learning and engagement, including improved performance on questions about chemical solutions, active participation in discussions, and increased interest in scientific inquiry, which extended to producing digital content about the experiment. The results demonstrate the innovative character of the proposal, which combines authentic biological data with hands-on chemistry activities to create a meaningful, contextualized learning experience connected to socioscientific issues relevant to students' lives.

Keywords: Chemistry teaching; chemical solutions; interdisciplinarity; pesticides; agricultural pest; biological control.

1. Introdução

A educação no Brasil é um tema de grande importância e vem sendo alvo de debates e discussões há muitos anos, mas não é de hoje que ela apresenta muitos problemas.¹ Em especial, a situação do ensino médio no país é um grande desafio a ser enfrentado, como apresenta o estudo anual feito pela Organização Todos pela Educação que reuniu dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) de 2019, que mostram que apenas 68,5% dos jovens brasileiros de 15 a 17 anos estão matriculados no ensino médio, e somente 51,7% dos jovens concluem essa etapa escolar no tempo previsto.²

Dentre os possíveis motivos apontados para o baixo desempenho e alta evasão escolar no ensino médio há um problema de ordem curricular, em que se destaca a fragmentação das cargas horárias e das disciplinas, que dificilmente dialogam entre si, além do baixo incentivo ao protagonismo juvenil, decorrente da pouca conexão com os interesses dos adolescentes. No caso do ensino médio propedêutico, há ainda o fato de assumir, predominantemente,

função de preparação para o ensino superior, que nem sempre é o desejo final de um jovem.³

No caso específico da Química, uma das principais dificuldades enfrentadas no ensino dessa ciência refere-se à aprendizagem dos conceitos químicos, frequentemente apontada pelos estudantes como desafiadora.⁴ Tal dificuldade é consequência de vários fatores como a ausência de diálogo entre as ciências da área na sala de aula e, principalmente, o afastamento promovido entre Química e o dia a dia do aluno.⁵ Além do exposto, o alto grau de abstração exigido em determinados conteúdos como soluções químicas e diluição, que comumente são ensinados dando enfoque nos aspectos quantitativos, dissociando do qualitativo, o que aumenta o grau de abstração do tema e distancia os discentes da compreensão.⁴

Neste cenário, é preciso que o ensino dos conceitos de soluções e diluição sejam de tal forma que o estudante consiga perceber que esses estão presentes em muitas situações do seu cotidiano, tais como na produção de medicamentos, no desenvolvimento de novas tecnologias, em problemas ambientais, no uso de agrotóxicos para o controle de pragas,

entre outros.⁶ Essa abordagem é chamada movimento CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), que corresponde ao estudo das interrelações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, com enfoque no entendimento dos aspectos sociais do desenvolvimento técnico-científico.^{7,8}

Quando aplicada ao contexto dos pesticidas, tanto biológicos quanto químicos, a abordagem CTS oferece uma visão abrangente das implicações científicas, tecnológicas e sociais desses produtos.⁹ Pesticidas químicos envolvem a síntese e aplicação de compostos químicos específicos para eliminar pragas.³ Pesticidas biológicos, por outro lado, empregam organismos vivos como bactérias, vírus e parasitoides para controlar as pragas.¹⁰ Isso requer um entendimento profundo da química envolvida, bem como da toxicologia para avaliar os efeitos nos seres humanos, animais e no meio ambiente.

Diante de todo o exposto, o presente trabalho ofereceu uma oficina que trabalha os conteúdos de soluções químicas e diluição utilizando como tema gerador “pesticidas químicos e biológicos” em uma abordagem CTS. Essa proposta está de acordo com o que propõe David Ausubel, que descreve a importância de descobrir o que os estudantes já conhecem sobre um tema, para, a partir daí, construir e/ou reconfigurar novos conhecimentos.¹¹

Assim, foi confeccionado um material didático para realização de aulas teóricas interativas e experimentais com os estudantes tendo como escopo a relação química-biologia. Para isto, desenvolveu-se o cultivo da lagarta da espécie *Anticarsia gemmatalis*, a lagarta específica da soja, no laboratório de Bioquímica Estrutural de Proteínas (LABEP) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e a montagem e execução na escola de um bioensaio de exposição das lagartas a diferentes concentrações da proteína Bt, toxina produzida pelo *Bacillus thuringiensis*, além de um pesticida químico comercial e de um biopesticida comercial, para acompanhar e comparar seus efeitos tóxicos.

2. Experimental

2.1. Local da pesquisa e público-alvo

A pesquisa foi realizada em um colégio da rede particular, situado no município de Duque de Caxias, no Rio de Janeiro. Os encontros teóricos foram realizados no auditório da escola, enquanto o encontro experimental foi realizado no laboratório multidisciplinar localizado no próprio espaço escolar. Todos os encontros da pesquisa foram realizados no contraturno das aulas regulares (turno vespertino), com a participação voluntária dos estudantes, contando com 50 estudantes participantes. O trabalho foi desenvolvido com alunos de faixa etária de 15 a 18 anos da segunda série do ensino médio. Os alunos residiam em diferentes bairros adjacentes à escola.

2.2. Aspectos éticos

Para garantir a legalidade e a ética da pesquisa, foram obtidas autorizações institucionais, termos de consentimento e assentimento, além de autorizações para uso de imagem e voz. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CEP-UFRJ), sob o número de parecer 42358421.0.0000.5257, assegurando a conformidade com as normas éticas nacionais. Somente após essa aprovação e a coleta de toda a documentação necessária, a oficina foi iniciada.

2.3. Etapas de intervenção pedagógica

A metodologia de ensino foi planejada para uma carga horária de 5 encontros, sendo 4 encontros de 50 minutos e um encontro experimental de 90 minutos, totalizando 290 minutos. As atividades foram realizadas no contraturno das turmas. A organização do planejamento da pesquisa e a distribuição da carga horária estão detalhadas no Quadro 1.

Para avaliar o impacto da oficina sobre a aprendizagem, foi aplicado um questionário diagnóstico de forma anônima, tanto no início quanto ao final das atividades. Os questionários utilizados encontram-se disponíveis nas Informações Suplementares. As respostas foram analisadas qualitativamente, permitindo identificar o conhecimento prévio dos estudantes, as mudanças observadas após a oficina e realizar uma comparação entre as respostas pré- e pós-intervenção, com o objetivo de avaliar a evolução do entendimento sobre os conceitos abordados.

A fim de examinar os mapas conceituais produzidos pelos estudantes, foi utilizado o Quadro 2, construído a partir da adaptação do protocolo de avaliação proposto por Pacheco e Damásio (2009).¹² A investigação envolveu uma abordagem quantitativa das pontuações, na qual foram contabilizados o número de conceitos empregados, as conexões estabelecidas entre eles e a organização hierárquica apresentada em cada mapa. Nessa perspectiva, o desempenho dos estudantes na elaboração dos mapas foi avaliado segundo a seguinte escala: (a) 2,5 pontos; (b) 1,5 ponto; e (c) sem pontuação.

2.4. Materiais e métodos

A metodologia adotada teve uma abordagem qualitativa de natureza exploratória, pois objetivou explorar o problema, com um caráter de contextualizar o conhecimento e a experimentação.¹³ A atividade foi conduzida como um estudo quase-experimental, com delineamento pré-teste/pós-teste, visando integrar conceitos de Química e Biologia por meio de um bioensaio investigativo com lagartas. O experimento utilizou *A. gemmatalis* (4^o/5^o instar), provenientes de colônia mantida em condições controladas (25 ± 3 °C; 70 ± 10 % UR;

Quadro 1. Divisão do planejamento da sequência de aulas e seus respectivos objetivos gerais

Aulas	Atividades Propostas	Objetivo
1	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da oficina. • Aula expositiva sobre a definição de mapa conceitual. • Construção do mapa conceitual sobre a relação dos pesticidas com o conceito de soluções e diluições. • Sugestão de um vídeo para assistir em casa. 	Estimular a participação dos estudantes na oficina, evidenciando sua relevância para o processo de construção do conhecimento. Além disso, esse encontro tem como finalidade apresentar a sequência de aulas proposta e verificar os conhecimentos prévios dos participantes.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão com os estudantes sobre o conteúdo previamente assistido em casa, de acordo com a proposta lançada no primeiro encontro. 	Promover debates em grupo sobre o uso de pesticidas, articulando esse tema aos conceitos de concentração e diluição de soluções.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva sobre os conceitos de pesticidas químicos e biológicos, e os conceitos de soluções e diluição. • Apresentação do bioensaio a ser realizado no próximo encontro, e divisão dos grupos de estudantes. 	Apresentar de maneira dinâmica os conceitos essenciais que fundamentam a oficina — incluindo pesticidas químicos e biológicos, soluções e suas concentrações — destacando como esses princípios influenciam a eficácia no controle de pragas.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Bioensaio utilizando um inseto-praga, como a lagarta da espécie <i>Anticarsia gemmatilis</i>, exposto a tipos de pesticidas diferentes, em concentrações variadas, em desafio alimentar. 	Proporcionar condições para que os conceitos de soluções e diluições em Química sejam trabalhados de forma interdisciplinar, contextualizada e experimental, contribuindo para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão dos resultados experimentais com os estudantes. • Auxílio na confecção de material para a divulgação dos resultados da oficina. • Construção do mapa conceitual sobre a relação dos pesticidas com o conceito de soluções e diluições. 	Promover um ambiente de debate sobre os resultados obtidos na atividade experimental, favorecendo a troca de experiências entre os estudantes e oferecendo ao professor um instrumento adicional para avaliar as atividades desenvolvidas até então.

Quadro 2. Protocolo de avaliação do discente na elaboração do mapa conceitual. Adaptado de Pacheco e Damásio¹²

Avaliação	
Critério	Desempenho
1. Em relação aos conceitos	(a) São identificados os conceitos de soluções químicas e pesticidas e estão de acordo com o tema do mapa proposto.
	(b) São identificados os conceitos de soluções químicas e pesticidas, mas não se relacionam necessariamente ao tema do mapa proposto.
	(c) Nenhum conceito pertinente ao tema foi reconhecido.
2. Em relação à hierarquia do mapa	(a) É possível identificar com clareza os conceitos mais gerais e os mais específicos.
	(b) É possível identificar os conceitos gerais e específicos, mas o mapa deixa dúvida sobre quais dos conceitos são mais gerais e quais são os mais específicos.
	(c) Não é possível diferenciar entre conceitos mais gerais e específicos.
3. Sobre a relação entre conceitos	(a) Existe ligação entre os conceitos gerais e específicos e entre os conceitos específicos.
	(b) A ligação entre os conceitos mais gerais e os específicos é pobre e existe fraca ligação entre os conceitos específicos.
	(c) Não existe ligação entre os conceitos mais gerais e os mais específicos.
4. Clareza e organização do mapa	(a) O mapa apresenta clareza textual e organização adequada.
	(b) Existe alguma clareza e organização no mapa construído.
	(c) Não existe clareza e organização no mapa construído.

fotoperíodo 14:10 h L:E), a partir de ovos fornecidos pela EMBRAPA SOJA. A criação dos insetos seguiu o protocolo padrão do LABEP/IQ-UFRJ, cujo “Roteiro de Manutenção dos Insetos no Laboratório de Pesquisa” encontra-se nas Informações Suplementares. As lagartas foram alimentadas com dieta artificial conforme Hoffmann-Campo *et al.* (1985).¹⁴

Dimy refere-se ao biopesticida comercial Dimypel®; Bt ao biopesticida produzido previamente no LABEP/IQ-UFRJ a partir do cultivo de *B. thuringiensis*, cujo procedimento detalhado está descrito nas Informações Suplementares (“Diagnóstico e estoque de toxinas Bt e *B. thuringiensis* a partir de células liofilizadas em papel”); e *Delta* corresponde à deltametrina do produto comercial Forth®. Os pesticidas comerciais foram adquiridos em loja de jardinagem.

Ao todo, 50 estudantes foram organizados em 13 grupos (12 grupos com quatro estudantes e um com dois estudantes). Cada grupo recebeu um tratamento específico: Dimy1A (10 mg mL⁻¹), Dimy1B (10 mg mL⁻¹), Dimy2 (2 mg mL⁻¹), Dimy3 (0,5 mg mL⁻¹), Dimy4 (0,2 mg mL⁻¹), Bt1 (2 mg mL⁻¹), Bt2 (0,5 mg mL⁻¹), Bt3 (0,2 mg mL⁻¹), Delta1 (0,25 mg mL⁻¹), Delta2 (0,0625 mg mL⁻¹) e Delta3 (0,025 mg mL⁻¹).

Cada grupo pesou cinco lagartas usando balança analítica, acondicionando-as em potes plásticos perfurados. Em seguida, homogeneizou-se a solução do pesticida (ou água, no grupo controle) em 5 g de dieta artificial previamente pesada, que foi oferecida às lagartas. A sobrevivência foi monitorada por 72 h, com registros diários de mortalidade, pesagem do *pool* de sobreviventes e observações fenotípicas. Procedimentos detalhados estão descritos no “Roteiro para Experimento de Sobrevivência de Lagartas frente ao Desafio Alimentar”, disponível nas Informações Suplementares.

2.5. Análise de dados

A análise dos dados obtidos foi realizada utilizando o software GraphPad Prism 8.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA), empregado para a construção dos gráficos e análise estatística. As comparações entre os grupos foram feitas por meio de teste *t* de *Student*, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

3. Resultados e Discussão

3.1. Abordagem inicial

No início do primeiro encontro, foi aplicado um questionário diagnóstico com o objetivo de investigar as percepções dos estudantes sobre a Química e seu aprendizado, bem como identificar os conhecimentos prévios que possuíam sobre os pesticidas e soluções. Algumas perguntas também buscaram traçar o perfil dos estudantes em relação ao processo de aprendizagem dos conteúdos de Química. A Figura 1 mostra o panorama dessas respostas.

O que se observa na Figura 1A é que a maioria dos estudantes apresenta dificuldades em aprender conceitos químicos, possivelmente em decorrência da falta de percepção de relação entre os conteúdos e o cotidiano (Figura 1B), o que sugere baixa motivação no estudo dessa disciplina (Figura 1C). Nessa mesma direção, aulas puramente teóricas dissociadas da prática, podem levar ao baixo rendimento na aprendizagem desses conteúdos (Figura 1D).

Esses achados ecoam estudos pré-existentes sobre as

barreiras no ensino de Química. Por exemplo, Souza e Adorni (2024) relataram, em uma amostra de 28 estudantes do ensino médio, que muitos consideravam a Química difícil justamente pela falta de contextualização e pela predominância de métodos passivos de ensino — e enfatizaram a necessidade de recursos práticos e diversificados para tornar a disciplina mais significativa.¹³ Nesse estudo, mais da metade dos participantes relatou não apenas dificuldades conceituais, mas também falta de conexão entre o que aprendem na escola e seu cotidiano, aspecto que reforça diretamente as críticas apontadas pelos alunos entrevistados por Souza e Adorni.¹³

As habilidades ligadas ao processo científico, como a capacidade de observação, a formulação de hipóteses, a interpretação de dados e a redação científica, podem ser desenvolvidas por meio de aulas experimentais contextualizadas, contribuindo para o ensino-aprendizado em diferentes áreas do ensino, especialmente nas ciências exatas e da natureza.^{11,15,16}

De acordo com as respostas analisadas, observa-se que o ensino de Química, provavelmente, não tem oferecido condições suficientes para que os alunos compreendam a disciplina, tanto em relação aos conceitos quanto às suas aplicações no dia a dia. Esse cenário pode contribuir para o distanciamento dos alunos em relação à Química, levando-os a considerá-la excessivamente complexa e, conseqüentemente, aumentando o grau de rejeição à disciplina.¹⁷

Quando estreitada a discussão à aprendizagem do tema “soluções químicas” no ensino médio, o cenário não foi diferente. Ao perguntar sobre o conhecimento desse assunto, observou-se que na sua grande maioria, os estudantes

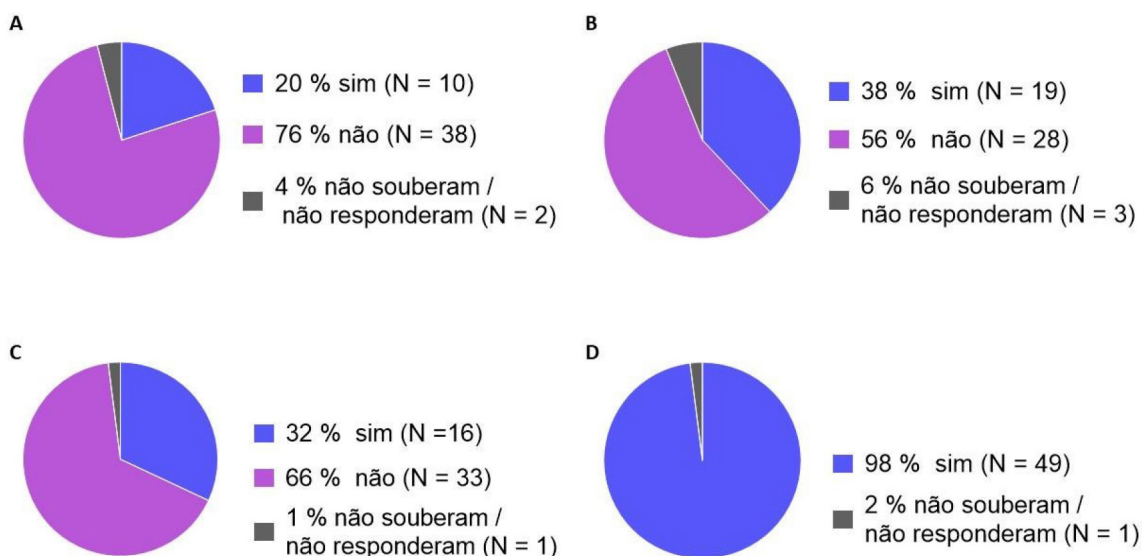


Figura 1. Relação dos estudantes com a aprendizagem de conteúdos de Química. Conjunto de gráficos que apresenta a distribuição das respostas dos participantes em quatro questões relativas à percepção e ao engajamento com a disciplina: (A) facilidade percebida para aprender Química; (B) capacidade de relacionar os conteúdos estudados com situações do cotidiano; (C) nível de estímulo para estudar a disciplina; e (D) percepção de que o aprendizado em Química poderia ser favorecido por aulas experimentais. A cor azul indica respostas positivas, a cor lilás corresponde a respostas negativas e a cor cinza representa os estudantes que não souberam ou não responderam. Todas as questões foram respondidas por N = 50 estudantes

sentiram dificuldades na sua compreensão. A partir da Figura 2 foi possível observar que 64% dos estudantes relatam ter dificuldades para compreender o conteúdo de soluções. Entre esses, a grande maioria atribui essa dificuldade ao fato de o tema envolver fórmulas e cálculos matemáticos, cuja finalidade e aplicação prática não lhes parecem claras. Esse resultado corrobora os estudos de Niezer *et al.*, no qual estudantes foram convidados a registrar, em uma folha, suas principais dúvidas, dificuldades, curiosidades, e conhecimentos acerca dos conceitos de soluções. Nesse levantamento, foi constatado que 90% das respostas se prenderam em descrever suas dificuldades, o que sugere falha na aprendizagem desse conteúdo. Esses achados reforçam a necessidade de trabalhar melhor os aspectos qualitativos do tema soluções, como forma de possibilitar uma melhor compreensão da parte quantitativa.¹⁷



Figura 2. Distribuição das respostas dos estudantes à pergunta “Você sente dificuldade em compreender o assunto de Soluções Químicas?”. A cor azul indica respostas positivas, a cor lilás corresponde a respostas negativas e a cor cinza representa os estudantes que não souberam ou não responderam. O conjunto de dados analisado contempla N = 50 estudantes, considerando todas as respostas obtidas para essa questão

Ainda em relação às soluções químicas, os dados indicaram que 64% dos alunos afirmam ter dificuldade de compreensão, especialmente por considerarem que o tema “envolve fórmulas e cálculos matemáticos” e por “não entendem bem onde esses cálculos são usados rotineiramente”. Isso dialoga diretamente com os achados de um estudo feito por Berg, no qual aproximadamente 27,6% dos estudantes escolheram uma opção de múltipla escolha que representava a ideia de “partículas desaparecendo” em uma solução — uma concepção errada bem conhecida.¹⁸ No mesmo estudo, 44% dos participantes priorizaram o número de partículas sem considerar o volume quando respondiam questões visuais sobre concentração, evidenciando dificuldades persistentes na compreensão da representação submicroscópica e das variáveis relacionada à concentração.¹⁸ Tais resultados dialogam com os obtidos nesse trabalho, em que 64% dos estudantes relatam dificuldades, sugerindo que enfrentam um nível similar ou até mais intenso de resistência conceitual, o que reforça a necessidade de intervenção didática.

Com o objetivo de melhorar esse cenário, foi realizada uma oficina utilizando os pesticidas químicos e biológicos como tema motivador da aprendizagem dos conteúdos de soluções químicas. Neste sentido, o questionário aplicado aos estudantes incluiu uma pergunta sobre se eles já ouviram

ou leram alguma reportagem sobre a temática agrotóxicos. De forma interessante, observou-se que a maioria (94%) relatou ter tido contato com o tema por meio da televisão, enquanto apenas 4% afirmaram ter ouvido sobre o assunto na escola. Esse percentual reduzido atribuído ao ambiente escolar é preocupante, pois é função da escola discutir temas do cotidiano do estudante, para formar um cidadão crítico e ativo na sociedade.

Assim, foi oferecido a esses estudantes a oficina que desfrutava de momentos de discussão sobre a temática pesticidas químicos e biológicos, além da oportunidade de realização do bioensaio da lagarta da soja frente a diferentes concentrações dos pesticidas biológicos e do pesticida químico.

3.2. Momentos de discussão de pesticidas e soluções químicas

O encontro “vamos desvendar os pesticidas?” durou 50 minutos e teve como objetivo principal a discussão com os estudantes sobre o conteúdo do documentário “o veneno está na mesa 2”, que foi sugerido que assistissem em casa.¹⁹ O vídeo é um recurso pedagógico que traz a oportunidade de apresentar aspectos que juntam imagens e palavras.¹⁸

A mediação docente foi um elemento chave nesse processo. O professor atuou como organizador do debate, estimulando problematizações e ajudando a construir um ambiente de investigação dialógica, condizente com o papel mediador defendido por autores como Freire e Zabala, e mais contemporaneamente por Gomes e Vieira Guerra,^{20,21,22} que mostram que a atuação ativa do professor em discussões investigativas favorece a elaboração conceitual e a autonomia intelectual dos estudantes.^{20,21,22} Nesta aula, esse papel mediador foi especialmente evidente: os estudantes, ao retornarem com anotações autorais, demonstraram que o debate não se limitou à repetição de informações do filme, mas se transformou em um espaço de produção de sentidos.

A atuação pedagógica do professor, observada neste encontro, pode ser interpretada também à luz da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Segundo Santos, a educação CTS deve promover uma visão crítica e cidadã da ciência, relacionando o conhecimento técnico-científico com seus impactos sociais, ambientais e éticos.²³ Em seu legado, Santos e Mortimer defenderam a formação de sujeitos ativos e participantes nas decisões tecnocientíficas, conforme relatado por autores que lhe prestaram homenagem.²³

Auler²⁴ contribuiu para essa articulação ao analisar como a participação dos alunos na construção do conhecimento e no debate de temas socio científicos é essencial para a formação cidadã.²¹ Em seu estudo sobre o enfoque CTS, o autor argumenta que “aprender participando” favorece uma educação mais democrática e inclusiva.

Correa e Bazzo,²⁵ por sua vez, aprofundam a relação entre tecnologia, sociedade e educação ao destacar que o ensino tecnológico precisa exceder a mera instrução técnica e incluir reflexões éticas e sociais. Em sua análise da “equação civilizatória”, Bazzo e Souza²⁶ argumentam que os futuros tecnólogos e engenheiros devem questionar para quem e por que desenvolvem tecnologias.²⁵ Além disso, Bazzo e Souza²⁶ discutem que a educação CTS pode humanizar o trabalho docente, promovendo cooperação e consciência crítica entre professores.²⁶

No contexto da oficina, esse enquadramento CTS se torna evidente: ao debater o documentário sobre agrotóxicos, os estudantes foram levados a refletir sobre implicações sociais, ambientais e econômicas dos pesticidas. A participação ativa dos alunos, estimulada pelo mediador docente, configura exatamente aquilo que Auler preconiza como aprendizagem cidadã. O uso da soja e da lagarta *A. gemmatalis* como contexto para discutir controle biológico por *B. thuringiensis* traduz a visão de Bazzo: tecnologia aplicada (o pesticida biológico) não deve ser desvinculada de sua função social e de seus impactos.²⁶

Assim, tal encontro representou uma prática pedagógica alinhada aos ideais de Santos, Auler e Bazzo:^{23,26} não foi apenas uma transmissão de conteúdo químico, mas uma formação que articula ciência, tecnologia e sociedade, promovendo reflexão crítica e participação.

No encontro seguinte, através de uma aula interativa, foram apresentados os conceitos de pesticidas químicos e biológicos, assim como os conteúdos referentes às concentrações de soluções e às diluições, para que então culminasse na relação do tema pesticidas e as relações com as concentrações. Ao se comparar com dados de estudos similares, por exemplo o de Faria (2021),²⁷ que avaliou metodologias ativas no ensino de Química com a mesma temática dos agrotóxicos, é possível notar paralelos importantes: Faria observou aumento substancial de participação, curiosidade e criticidade; o que também pode-se observar com comportamento dos estudantes durante a oficina pedagógica — trazendo perguntas próprias, fazendo relações com o cotidiano e manifestando interesse explícito — refletindo, assim, padrões muito semelhantes de envolvimento.²⁷

No sentido de cotidianizar a discussão dos pesticidas e suas relações com a agricultura e o meio ambiente, foi utilizada como exemplo a plantação de soja, já que esse grão apresenta grande notoriedade na economia nacional. Segundo estudos da EMBRAPA referentes à safra 2022/23, o Brasil é o maior produtor mundial de soja. No mesmo levantamento, estima-se que são gastos cerca de R\$ 6,2 bilhões com inseticidas, o que corresponde a 52% do uso dos pesticidas em toda a agricultura nacional.²⁸

Dito isso, foi apresentado aos estudantes que o principal desfolhador da soja é a lagarta da soja, da

espécie *A. gemmatalis*, cujas populações são controladas por ingestão de pesticidas químicos e biológicos.²¹ Além disso, foi apresentado aos estudantes um dos controles biológicos utilizados para a contenção dessa praga, que é o *B. thuringiensis* (Bt). Esta espécie de bactéria presente no solo, ao esporular, produz toxinas letais para a lagarta, levando o inseto à morte.^{29,30} Nessa discussão, esclareceu-se aos estudantes que nem a lagarta da soja nem o Bt são prejudiciais ao ser humano.

Ao final da atividade, estabeleceu-se a relação entre os conceitos de soluções químicas - qualitativos e quantitativos - e as estratégias de controle químico e o biológico de insetos-praga. Isso porque, para que o inseto ingira o pesticida juntamente com sua dieta, é necessário preparar uma solução adequada, além de realizar diluições que permitam alcançar a concentração ideal para a ação pesticida.

3.3. Vivência no laboratório e análise dos resultados obtidos

Após os encontros iniciais de discussão e introdução teórica, desenvolveu-se a etapa experimental da oficina, estruturada conforme princípios do Ensino de Ciências por Investigação (Figura 3). Nessa perspectiva, entende-se que atividades experimentais devem promover habilidades investigativas, como observação sistemática, levantamento e teste de hipóteses, argumentação a partir de evidências e comunicação de resultados, elementos que constituem os Indicadores de Alfabetização Científica descritos por Sasseron e Carvalho.³¹ Esses indicadores foram observados ao longo de todo o processo, conforme discutido a seguir.

Inicialmente, os estudantes receberam o roteiro experimental e foram organizados em grupos, cada qual responsável por trabalhar com um pesticida e concentração específicos (Figura 3A). Essa etapa exigiu que calculassem previamente as diluições necessárias, o que se mostrou desafiador para grande parte da turma. Tal dificuldade já havia sido sinalizada no diagnóstico inicial da oficina, no qual 64% dos estudantes relataram dificuldades com o tema soluções, especialmente na manipulação matemática de concentração e diluição. Esse cenário é coerente com os dados de Niezer *et al.*,³² que identificaram que 90% dos estudantes de ensino médio apresentam dúvidas relacionadas aos conceitos de soluções, sugerindo lacunas estruturais no ensino tradicional desse conteúdo.

Após a realização dos cálculos, os estudantes prepararam suas respectivas diluições. O professor orientou os estudantes quanto ao uso das pipetas automáticas e, então, cada grupo realizou a preparação da diluição com base nos cálculos previamente efetuados. Nesse momento, pode-se perceber o grande interesse e a participação dos estudantes em todo o processo.

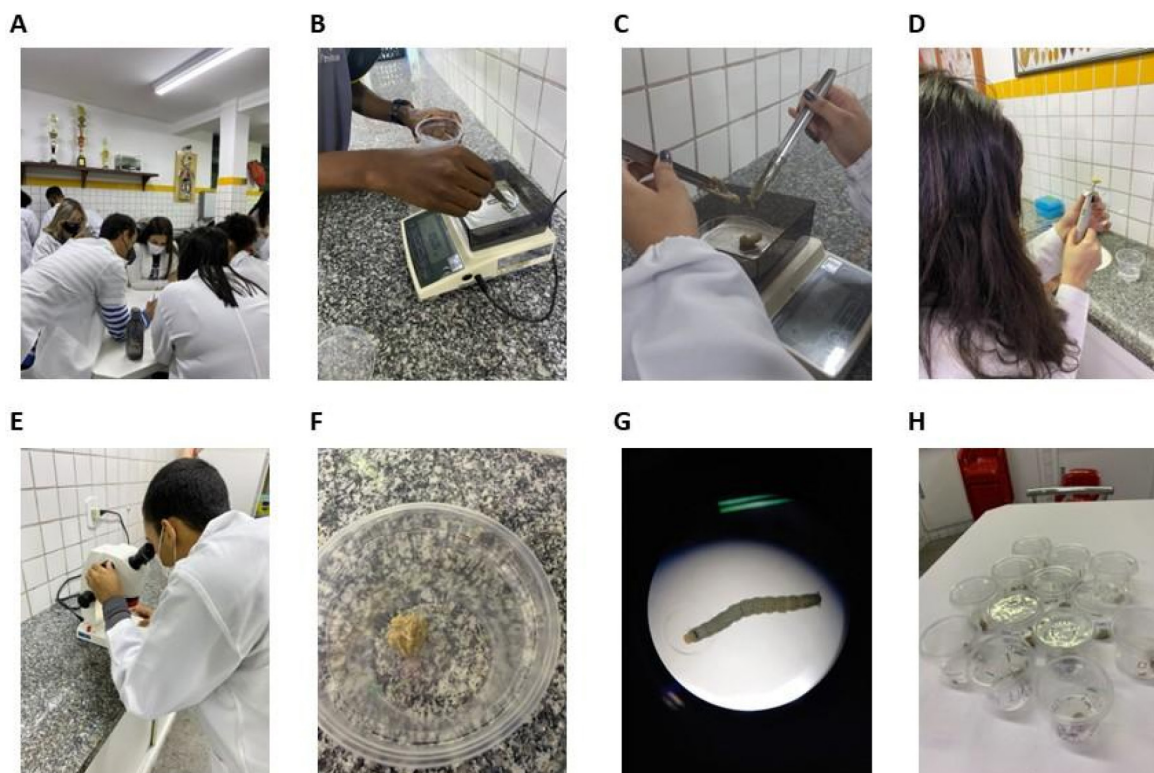


Figura 3. Registro fotográfico da aula experimental realizada no laboratório da escola, referente ao bioensaio de sobrevivência da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*). (A) Estudantes realizando, com apoio do professor, os cálculos necessários para o preparo das diluições dos tratamentos. (B) Aferição da massa do *pool* de cinco lagartas utilizando balança analítica. (C) Pesagem de 5 g da dieta artificial preparada conforme Hoffmann-Campo e colaboradores.¹⁴ (D) Verificação do volume em pipeta volumétrica utilizada para homogeneizar o pesticida na dieta, seguindo os cálculos realizados pelos estudantes. (E) Observação de *A. gemmatalis* em microscópio estereoscópico. (F) *Pool* de cinco lagartas acondicionado em pote plástico contendo a dieta artificial misturada ao pesticida. (G) Imagem da lagarta registrada por um dos estudantes na lupa. (H) Os treze potes experimentais preparados: onze contendo dietas tratadas com pesticidas e dois correspondentes aos grupos controle

Tabela 1. Sobrevivência das lagartas ao longo de 72 horas de experimento

Grupos	24 horas	48 horas	72 horas
Controle 1	5	5	5
Controle 2	5	5	5
Dimy 1A (10 mg mL ⁻¹)	4	4	3
Dimy 1B (10 mg mL ⁻¹)	5	5	5
Dimy 2 (2,0 mg mL ⁻¹)	5	5	5
Dimy 3 (0,5 mg mL ⁻¹)	5	5	5
Dimy 4 (0,2 mg mL ⁻¹)	5	5	5
Bt1 (2 mg mL ⁻¹)	2	0	0
Bt2 (0,5 mg mL ⁻¹)	4	4	4
Bt3 (0,2 mg mL ⁻¹)	5	5	5
Delta1 (0,25 mg mL ⁻¹)	1	0	0
Delta2 (0,0625 mg mL ⁻¹)	1	0	0
Delta3 (0,025 mg mL ⁻¹)	1	0	0

Durante três dias consecutivos, sempre no mesmo horário, os estudantes foram ao laboratório observar o seu experimento de bioensaio e verificar, por pesagem, a massa dos animais que ainda estavam vivos. Os resultados dessas observações estão expostos na Tabela 1. No decorrer dos experimentos, os

estudantes tiveram oportunidades de agir de forma autônoma, investigativa, argumentativa, cooperativa e reflexiva, o que lhes dá condições para que adquiram saber científico, conforme inferências propostas por Sasseron.³³

No grupo Bt1 (2 mg mL⁻¹), observou-se 100% de mortalidade em 48 horas, comportamento compatível com ensaios toxicológicos documentados por Castro *et al.*, que relatam mortalidade completa de *A. gemmatalis* entre 48-72 h para concentrações de Bt entre 1 e 3 mg mL⁻¹.³⁴ Já os grupos tratados com Dimy (pesticida químico) apresentaram mortalidade parcial somente na maior concentração (Dimy 1A, 10 mg mL⁻¹), com redução para 3 indivíduos em 72 horas, enquanto concentrações menores não mostraram efeito significativo. Esse comportamento também é relatado por Bernardi *et al.*,³⁵ que documentam diminuição de eficácia de inseticidas químicos em baixas concentrações para essa mesma espécie de inseto.

Os grupos tratados com o produto Delta exibiram mortalidade rápida (entre 24 e 48 h), padrão coerente com sua ação neurotóxica de efeito imediato, conforme descrito por Dias-Pini *et al.*³⁶ Essas comparações demonstram que os estudantes puderam compreender, a partir de evidências

reais, que diferentes pesticidas apresentam mecanismos de ação distintos; concentrações mais altas tendem a produzir maior efeito biológico; e que o controle biológico com Bt é altamente eficaz contra *A. gemmatilis*.³⁶

Essa articulação entre dados empíricos e conceitos abstratos é coerente com a aprendizagem significativa descrita por Ausubel (2000),¹¹ segundo a qual novos conhecimentos são mais bem integrados quando se conectam a elementos relevantes da estrutura cognitiva prévia.

Os dados de massa média (Tabela 2) revelaram que, nos grupos controle, as lagartas apresentaram crescimento natural entre 0,082 g e 0,086 g. Em contraste, nos grupos tratados com Bt, houve redução significativa no ganho de massa, como observado em Bt2 (0,0403 g) e Bt3 (0,0632 g). Esse padrão é consistente com estudos sobre os efeitos subletais de toxinas Cry em lepidópteros, como o de Castro *et al.*,³⁴ que relatam redução alimentar e inibição do crescimento em exposições a baixas concentrações de Bt.³⁴ Os estudantes conseguiram interpretar essas diferenças e relacioná-las à toxicidade subletal, demonstrando compreensão mais profunda dos mecanismos envolvidos — não apenas da mortalidade direta.

Tais análises mostram o desenvolvimento de competências investigativas, como interpretação crítica de dados, comparação entre tratamentos e inferência causal, competências destacadas por Sasseron (2018) como centrais para a alfabetização científica.³³

No último encontro, os estudantes organizaram e discutiram conjuntamente as Tabelas 1 e 2, guiados pelo professor. A sistematização de resultados em tabelas e a elaboração de explicações coletivas configuraram um momento-chave de consolidação conceitual. Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) apontam que a argumentação científica — entendida como justificar conclusões com

base em evidências — representa uma das habilidades mais desejáveis no Ensino de Ciências contemporâneo.³⁷ Essa habilidade foi observada nos estudantes, que buscaram compreender discrepâncias, explicar resultados inesperados e comparar grupos experimentais.

A etapa final consistiu na produção digital de materiais de divulgação científica, incluindo uma página no Instagram, um site e vídeos em plataformas digitais. Foram obtidos vários meios de divulgação dos resultados. A Figura 4 mostra alguns exemplos de trabalhos de divulgação criados pelos estudantes. Pode-se observar que um grupo criou uma página no Instagram, na qual os estudantes foram alimentando a página desde o primeiro encontro com podcasts, vídeos, postagens sobre o tema pesticidas e toda a vivência do grupo no projeto. Essa página encontra-se aberta no aplicativo Instagram, e é encontrada pelo nome: *_quimicamente_*.

Outro grupo criou um site na web, no qual os estudantes foram alimentando ao longo de toda a oficina, a sua vivência e seus resultados e discussões. Essa página era encontrada pelo endereço: <http://lagarta.epizy.com/?i=1>, entretanto, tal página não está mais disponível *on line*.

Os demais grupos fizeram vídeos curtos em plataformas digitais, como o *Tiktok*. Esses vídeos foram postados na página do Instagram da escola e nas páginas pessoais dos estudantes, com o intuito de divulgar toda essa discussão proposta pela oficina.

A socialização científica, segundo Sasseron (2021), constitui componente essencial da alfabetização científica ampliada, pois envolve comunicar resultados, justificar conclusões e dialogar com a comunidade.³⁹ Assim, essa etapa foi também formativa, contribuindo para a consolidação e ampliação das aprendizagens construídas durante a oficina. Assim, a oficina promoveu não apenas o entendimento dos conceitos de soluções químicas, mas também desenvolveu

Tabela 2. Massa das lagartas utilizadas no experimento

Grupos	Início		Final	
	Massa (5)	Média/lagarta	Massa	Média/lagarta
Controle 1	0,105 g	0,0210 g	0,412 g	0,0824 g
Controle 2	0,102 g	0,0204 g	0,429 g	0,0858 g
Dimy 1A (10 mg mL ⁻¹)	0,110 g	0,0220 g	0,266 g	0,0886 g
Dimy 1B (10 mg mL ⁻¹)	0,150 g	0,0300 g	0,385 g	0,0770 g
Dimy 2 (2,0 mg mL ⁻¹)	0,113 g	0,0226 g	0,540 g	0,1080 g
Dimy 3 (0,5 mg mL ⁻¹)	0,177 g	0,0354 g	0,458 g	0,0916 g
Dimy 4 (0,2 mg mL ⁻¹)	0,144 g	0,0288 g	0,497 g	0,0994 g
Bt1 (2 mg mL ⁻¹)	0,116 g	0,0232 g	xxxxxx	xxxxxx
Bt2 (0,5 mg mL ⁻¹)	0,117 g	0,0234 g	0,161 g	0,0403 g
Bt3 (0,2 mg mL ⁻¹)	0,118 g	0,0236 g	0,316 g	0,0632 g
Delta1 (0,25 mg mL ⁻¹)	0,180 g	0,0360 g	xxxxxx	xxxxxx
Delta2 (0,0625 mg mL ⁻¹)	0,126 g	0,0252 g	xxxxxx	xxxxxx
Delta3 (0,025 mg mL ⁻¹)	0,121 g	0,0242 g	xxxxxx	xxxxxx

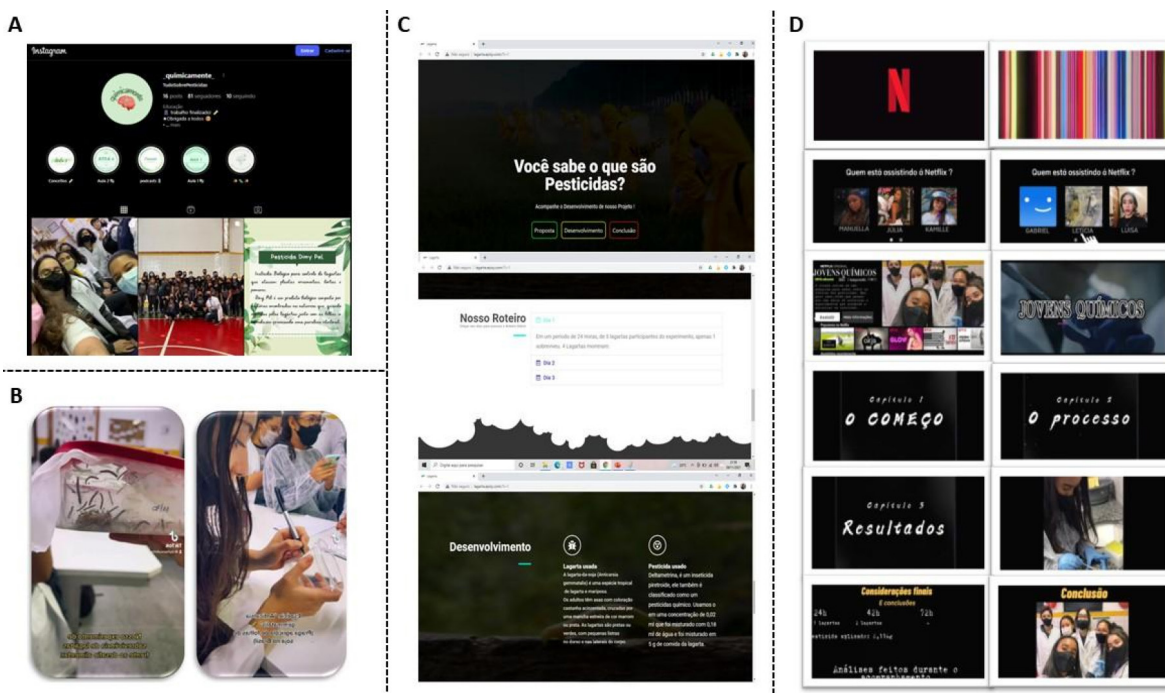


Figura 4. Materiais digitais produzidos pelos estudantes para divulgação das etapas da oficina. (A) Página criada no Instagram pelo grupo, com o objetivo de registrar e divulgar todas as etapas da atividade experimental. (B) Recorte de vídeo produzido na plataforma *TikTok*, apresentando o passo do bioensaio de sobrevivência da lagarta da soja. (C) Captura de tela da página criada na internet por outro grupo, desenvolvida para divulgar o desenvolvimento da oficina (domínio posteriormente desativado). (D) Recortes do vídeo compartilhado pelos estudantes na plataforma *WhatsApp*, descrevendo o procedimento experimental realizado

habilidades científicas essenciais, ampliando a autonomia intelectual dos estudantes e favorecendo sua compreensão crítica sobre o uso de pesticidas químicos e biológicos no contexto agrícola.

3.4. Avaliação de aprendizagem da oficina

A aplicação do questionário final e a elaboração de um segundo mapa conceitual permitiram avaliar a aprendizagem significativa produzida ao longo da oficina. À luz da teoria de David Ausubel, sabe-se que a aprendizagem só ocorre de

forma substantiva quando o novo conhecimento se ancora em conceitos preexistentes — os chamados subsunçores.¹¹ Estudos recentes demonstram empiricamente esse efeito: estudantes que mobilizam conhecimentos prévios durante intervenções didáticas apresentam ganhos de aprendizagem entre 30 e 50% em tarefas conceituais.³⁸ Os dados obtidos nesta oficina dialogam fortemente com essa tendência.

A questão dissertativa sobre soluções, concentrações e diluições revelou um crescimento expressivo na compreensão conceitual ao longo da oficina. No questionário inicial, a maioria das respostas era vaga ou conceitualmente

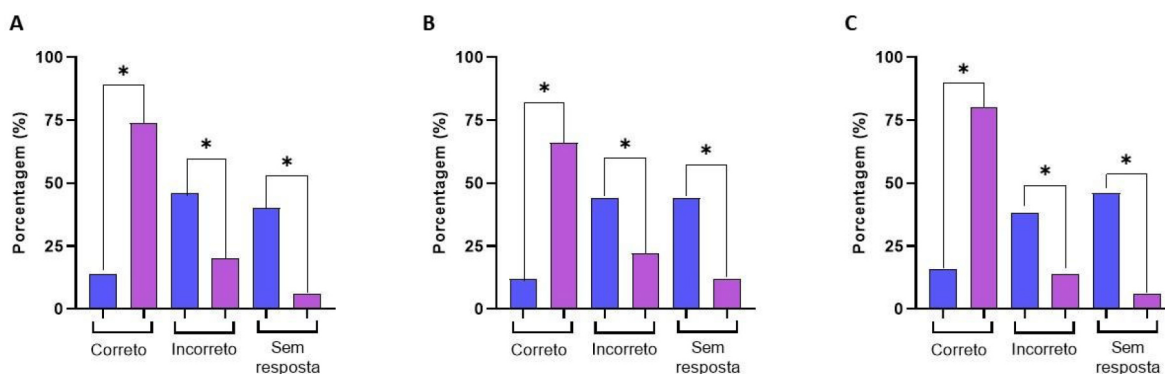


Figura 5. Comparação das respostas dos questionários antes e após a aplicação da oficina. A barra azul indica a porcentagem de acertos no questionário inicial (pré-oficina) e a barra lilás indica a porcentagem de acertos no questionário final (pós-oficina). Em A estão as respostas referentes ao conceito de soluções, em B ao conceito de concentrações de soluções, e em C ao conceito de diluição. A diferença entre os questionários foi avaliada utilizando o teste de diferença de proporções, e os asteriscos indicam diferenças estatisticamente significativas com intervalo de confiança de 95 %: * $p < 0,01$. $N = 50$

incompleta, enquanto no questionário final observou-se um aumento marcante das respostas corretas (Figura 5).

Esse tipo de ganho é semelhante ao reportado por Gouveia *et al.*,⁴⁰ que observaram aumento de 40% para 78% no acerto de perguntas conceituais após uma intervenção baseada em resolução de problemas em Química.⁴⁰ Também se aproxima dos resultados de Liborio e Farias, cujo estudo mostrou ampliação da compreensão de conceitos de soluções após o uso de atividades experimentais contextualizadas.³⁹

Assim, os dados obtidos na oficina em questão reforçam o papel das estratégias ativas e contextualizadas para promover aprendizagem substantiva, conforme prevê Ausubel.¹¹ O ganho conceitual foi particularmente evidente no entendimento da relação entre eficácia dos pesticidas e concentrações, que passou de 74% de não-respostas no início para 87% de respostas satisfatórias no final — uma diferença superior à média observada em intervenções similares.

No questionário final, foram inseridas duas novas perguntas com o objetivo de avaliar a eficácia da oficina. Em uma delas, solicitou-se que os estudantes descrevessem suas impressões sobre os encontros, destacando o que mais os marcou. Muitas respostas positivas foram registradas, e a maioria enfatizou que as aulas experimentais e as discussões dos conceitos de química e biologia foram de grande valia para sua aprendizagem. Esse fato refletiu também nas respostas obtidas em outra pergunta desse mesmo questionário: “você acredita que esses encontros foram válidos para a sua formação acadêmica e como cidadão? Comente.”. Nessa questão, 83% dos estudantes afirmaram considerar os encontros válidos para sua formação, reforçando o impacto positivo da oficina tanto no âmbito conceitual quanto no desenvolvimento crítico e cidadão.

Finalmente, uma última pergunta feita nesse questionário foi: “Os conceitos de soluções e diluições químicas ficaram mais claros agora que você participou desses encontros?”. As respostas obtidas também indicaram avanços no processo de aprendizagem, evidenciando maior compreensão e valorização dos conteúdos trabalhados durante a oficina, conforme mostra a Figura 6.

Essa compreensão autorreferida é coerente com a literatura sobre aprendizagem significativa, que indica que ambientes que articulam contexto social, demanda cognitiva e diálogo mediado tendem a produzir maior retenção e compreensão conceitual.¹¹ Além disso, a oficina segue a defesa de Sasseron e Carvalho de que a aprendizagem conceitual deve ocorrer dentro de contextos que favoreçam a alfabetização científica — isto é, a capacidade de relacionar ciência, tecnologia e sociedade. Estudos como o de Sasseron, mostram que discussões contextualizadas melhoram significativamente a articulação conceitual dos estudantes, o que também se confirma nos resultados desta oficina.³¹

Uma outra ferramenta de avaliação utilizada na oficina



Figura 6. Gráfico que apresenta a proporção de respostas dos participantes quanto ao aumento da compreensão dos conteúdos abordados. A cor azul indica respostas positivas, a cor lilás representa respostas negativas e a cor cinza corresponde aos estudantes que não souberam ou não responderam. Todas as questões foram respondidas por N = 50 estudantes

foi a utilização de mapas conceituais. Entende-se por mapa conceitual como uma forma de organização cognitiva hierárquica organizada em conceitos e suas relações, que foi desenvolvida por Joseph Novak em 1972, tomando como base a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.³⁸

No primeiro e no último encontro foi solicitado aos estudantes que montassem um mapa conceitual que respondesse à pergunta focal: “Qual a relação da eficácia dos pesticidas com as concentrações de soluções?”. O mapa montado no encontro inicial teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema, o que é definido com subsunção de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Já ao final da oficina, no último encontro, foi pedido que os estudantes montassem o mapa conceitual para que fosse verificado se realmente houve uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados ao longo da atividade.

Foi observado que os estudantes, em sua maioria, montaram mapas mentais e não mapas conceituais. No entanto, comparando os mapas iniciais e finais, pode-se observar que a estrutura cognitiva final ganhou um formato mais claro e organizado no que se refere aos conceitos de soluções, diluições e pesticidas. Como no caso do mapa elaborado por um estudante, apresentado na Figura 7, na qual se percebe uma evolução no que se refere a relação da eficácia dos pesticidas com a concentração das soluções. No mapa inicial, o estudante só definiu os pesticidas de acordo com seus conhecimentos prévios; já no segundo mapa, esse mesmo estudante consegue associar as diferentes concentrações à eficácia do pesticida.

Os mapas conceituais produzidos pelos estudantes, foram avaliados a partir do protocolo adaptado de avaliação proposto por Pacheco e Damásio.⁴³ Nessa etapa, não foi considerado o estilo ou a técnica gráfica utilizada, mas sim a evolução do desempenho entre os dois momentos avaliados e as convergências na estrutura conceitual construída por cada estudante, conforme descrita por Ruiz-Primo.⁴²

Com a aplicação desse protocolo, buscou-se compreender como o conhecimento foi organizado na estrutura cognitiva dos estudantes e verificar se houve alguma reestruturação desse saber a partir da construção do segundo mapa. Ressalta-

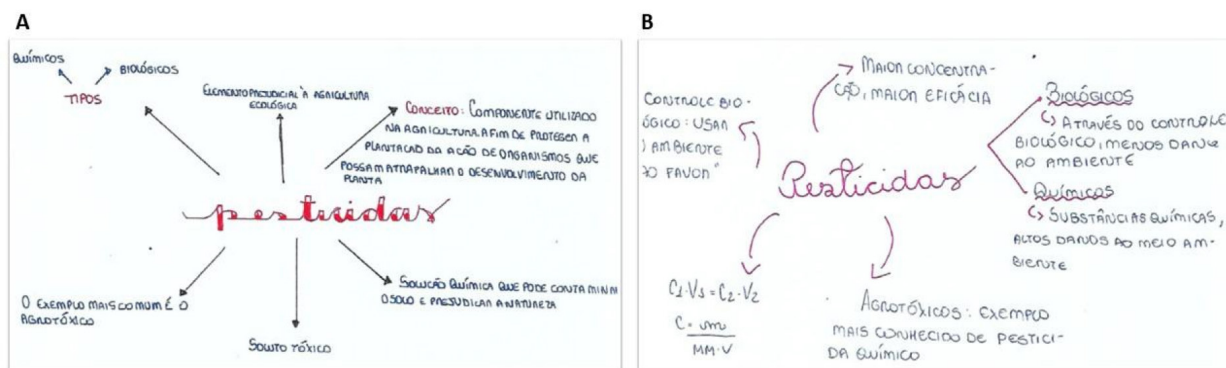


Figura 7. Mapas conceituais produzidos por um estudante no início (A) e ao final (B) da oficina. O mapa conceitual apresentado em (A) representa o conhecimento inicial do estudante sobre o tema. No mapa (B), elaborado ao final da atividade, observa-se a incorporação de novas relações conceituais, incluindo a associação entre as concentrações das soluções e a eficácia dos pesticidas — vínculo conceitual que não havia sido estabelecido no mapa inicial

se que o objetivo principal do protocolo não foi realizar uma avaliação formal do mapa — isto é, do processo de construção em si —, embora essa análise também possa ser efetuada considerando a pontuação de seus itens.

A análise comparativa das pontuações obtidas nos mapas conceituais produzidos no início e ao final da oficina evidenciou melhorias consistentes na qualidade da representação conceitual dos estudantes (Figura 8). A Figura 8A mostra que desempenho aumentou de forma significativa em todos os quesitos avaliados: uso adequado dos conceitos de soluções químicas e pesticidas, organização hierárquica, estabelecimento de relações entre os conceitos e clareza geral do mapa. Esse aumento reflete a alta na nota final obtida pelos estudantes nos mapas (Figura 8B). Esses avanços sugerem que a oficina contribuiu para a ampliação e reorganização da estrutura cognitiva dos alunos, favorecendo a integração de novos conhecimentos ao repertório prévio.

A aplicação do teste *t* pareado, considerando os mesmos participantes nos dois momentos ($N = 50$), demonstrou que as diferenças observadas não ocorreram ao acaso. O crescimento significativo das notas indica que os estudantes não apenas ampliaram o número de conceitos mobilizados, mas também passaram a relacioná-los de maneira mais adequada e estruturalmente mais organizada. Essa mudança aponta para uma compreensão mais profunda dos conteúdos abordados, além de maior capacidade de articulação entre os temas de soluções químicas e pesticidas, os quais serviram como eixo integrador da oficina.

De forma geral, os resultados reforçam a eficácia da metodologia empregada, evidenciando que intervenções didáticas baseadas na elaboração de mapas conceituais e na exploração de temas contextualizados podem promover avanços mensuráveis na aprendizagem e na capacidade de organização do conhecimento científico por parte

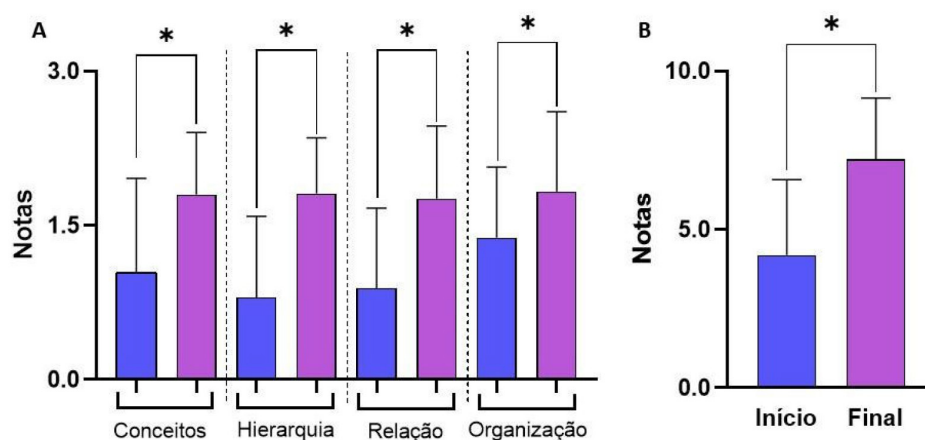


Figura 8. Evolução das pontuações atribuídas aos mapas conceituais construídos pelos estudantes no início e ao final da oficina: A barra azul indica as notas obtidas nos mapas conceituais iniciais (pré-oficina) e a barra lilás indica as notas obtidas nos mapas conceituais finais (pós-oficina). Em A estão as notas dos quesitos avaliados: (i) uso de conceitos relacionados a soluções químicas e pesticidas; (ii) organização hierárquica; (iii) relações entre conceitos de pesticidas e soluções químicas; e (iv) clareza e organização geral. Em B encontra-se o somatório das notas atribuídas aos quesitos. As diferenças entre os momentos pré e pós oficina foram analisadas por meio de teste *t* pareado, revelando aumento estatisticamente significativo em todos os quesitos ($N = 50$)

dos estudantes. Tais achados estão em consonância com Ruiz-Primo, que demonstrou que a evolução da estrutura proposicional dos mapas está diretamente relacionada ao grau de compreensão conceitual.⁴² A mudança observada no mapa final do estudante analisado, portanto, confirma uma aprendizagem significativa, pois revela integração e diferenciação progressiva dos conceitos.

É válido ressaltar que a utilização de uma amostra conveniente ocorreu devido ao fato de a pesquisa ter sido conduzida durante o período da pandemia, contexto que restringiu o acesso a turmas completas e limitou a participação de estudantes. Além disso, a oficina ocorreu no contraturno escolar, de forma voluntária, o que implicou na adesão apenas dos estudantes que se interessaram espontaneamente pela proposta, podendo gerar um viés de seleção. Outro ponto relevante foi a ausência de um grupo de controle. Esta decisão decorreu das mesmas restrições impostas pelo contexto pandêmico e também do fato de que o objetivo central da pesquisa era analisar se os estudantes que participaram da oficina apresentariam ganhos de aprendizagem. Embora essas limitações reduzam a possibilidade de generalização e de estabelecimento de relações causais, elas não descredibilizam os resultados encontrados, uma vez que esses se mostram consistentes com evidências já destacadas na literatura, que apontam dificuldades persistentes na aprendizagem do conteúdo de soluções químicas no ensino médio e reforçam a necessidade de metodologias mais motivadoras, contextualizadas e alinhadas à realidade dos estudantes.

4. Conclusão

Os resultados obtidos ao longo da oficina evidenciam um processo consistente de aprendizagem significativa dos estudantes, conforme os pressupostos de Ausubel e a estrutura metodológica proposta por Novak. Os dados quantitativos, qualitativos e estruturais convergem para demonstrar que os participantes ampliaram de forma substantiva sua compreensão sobre soluções químicas, diluições, concentrações e sua relação direta com a eficácia de pesticidas — tema central da sequência didática.

O questionário inicial indicava que 74% dos estudantes não sabiam ou não conseguiram relacionar corretamente a concentração das soluções à eficácia de pesticidas. Ao final da oficina, esse quadro se transformou significativamente: 87% apresentaram respostas satisfatórias e conceitualmente coerentes, demonstrando domínio do tema. A questão dissertativa também apontou para aprimoramento sólido, com aumento expressivo de respostas corretas e explicações mais completas sobre soluções, concentrações e diluições, reproduzindo tendências registradas em estudos nacionais e internacionais que aplicam metodologias ativas e contextualizadas.

Do ponto de vista qualitativo, a aprendizagem também se manifestou pela postura engajada dos estudantes: anotações espontâneas sobre o documentário, perguntas elaboradas, participação coletiva nas discussões e avaliações muito positivas sobre a relevância da oficina. Destaca-se que 83% dos participantes afirmaram perceber a atividade como formativa tanto academicamente quanto para sua formação cidadã, reforçando que a contextualização com problemas reais (como uso de pesticidas e impactos na agricultura) fortalece a conexão entre o conhecimento científico e a vida cotidiana.

Os mapas conceituais — ainda que muitos estudantes tenham produzido inicialmente mapas mentais — revelaram outra dimensão do aprendizado. A comparação entre os mapas iniciais e finais mostrou uma clara reorganização cognitiva: conceitos antes dispersos e pouco articulados foram posteriormente integrados em estruturas mais hierárquicas, com proposições que expressavam relações explícitas entre concentração, eficácia dos pesticidas e tipos de controle químico e biológico. Esses achados refletem exatamente o que a literatura internacional sugere: intervenções mediadas que favorecem a compreensão relacional produzem evolução mensurável na qualidade estrutural dos mapas criados pelos estudantes.

Em síntese, os múltiplos instrumentos aplicados — questionários, mapas conceituais, discussões orientadas e atividades experimentais — forneceram um conjunto robusto de evidências de aprendizagem significativa, com ganhos mensuráveis e observáveis tanto na dimensão conceitual quanto na dimensão atitudinal.

Entre as limitações, destaca-se que muitos estudantes não possuíam familiaridade prévia com mapas conceituais, o que levou à produção inicial de mapas mentais. Com isso, a comparação entre os mapas do início e do final poderia ser ainda mais precisa se houvesse um momento dedicado exclusivamente à instrução formal sobre a técnica de Novak. Outra limitação reside no fato de que o tempo de 50 minutos para algumas atividades reduziu a profundidade de exploração do tema, o que poderia ser ampliado em versões futuras da oficina.

Como perspectiva, recomenda-se aprofundar o uso de mapas conceituais como ferramenta formativa contínua, realizar análises quantitativas mais detalhadas das proposições produzidas e expandir a sequência didática incorporando estudos de caso, problematizações socioambientais e comparações entre pesticidas naturais e sintéticos. A oficina demonstrou grande potencial: revelou-se uma estratégia eficiente, cientificamente fundamentada e socialmente relevante para promover aprendizagem significativa em Química, reforçando a importância de práticas pedagógicas contextualizadas e interdisciplinares no ensino médio, além de estimular reflexão crítica sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Informações Suplementares

Informações suplementares relacionadas a esta pesquisa estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.s bq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5075-MS>, incluindo detalhes sobre a manutenção dos insetos no Laboratório de Bioquímica Estrutural de Proteínas (LABEP) do Instituto de Química da UFRJ, o protocolo de extração, diagnóstico e armazenamento de toxinas de *Bacillus thuringiensis* a partir de células liofilizadas em papel, os questionários aplicados aos estudantes no início e ao final da pesquisa, bem como o roteiro completo do experimento de sobrevivência de lagartas frente ao desafio alimentar.

Agradecimentos

Agradecimento à direção do colégio por concordar com a apresentação da oficina nas aulas de química e aos estudantes que aceitaram participar da oficina de química apresentada. Agradecimento também aos órgãos de fomento Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001.

Referências Bibliográficas

- Albernaz, Â.; Ferreira, F. H. G.; Franco, C.; Qualidade e equidade no ensino fundamental brasileiro. *Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)* **2002**, 32, 453. [Link]
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Disponível em: <https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/notas_estatisticas_censo_da_educacao_basica_2019.pdf>. Acesso em: 22 janeiro 2026.
- Silva, Á. T.; Silva, S. T.; Panorama da agricultura orgânica no Brasil. *Segurança Alimentar e Nutricional* **2016**, 23, 1031. [Link]
- Echeverría, A. R.; Como os estudantes concebem a formação de soluções. *Química Nova na Escola* **1996**, 15. [Link]
- Andrade, D.; Santos, A. O.; Santos, J. L.; *Resumos do Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade (EDUCON)*, São Cristóvão, Brasil, 2011.
- Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. C. A.; *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*, 1a. ed., Cortez: São Paulo, 2002. [Link]
- Auler, D.; Dalmolin, A. M. T.; Fenalti, V. S.; Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* **2009**, 2, 67. [Link]
- Guerreiro, I. L.; Sampaio, C. G.; Pérez, L. F. M.; *Experiências em Ensino de Ciências e Matemática na Formação de Professores da Pós-Graduação do IFCE*, 1a. ed., Editora da UECE: Fortaleza, 2021.
- Roehrig, S. A. G.; Assis, K. K.; Czelusniaki, S. M.; *Resumos do Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade*, Paraná, Brasil, 2011.
- Debach, P.; *Biological Control of Insect Pests and Weeds*, 1a. ed., Reinhold: New York, 1964.
- Ausubel, D. P.; *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Springer Netherlands: Dordrecht, 2000.
- Pacheco, S. M. V.; Damásio, F.; Mapas conceituais e diagramas V: ferramentas para o ensino, a aprendizagem e a avaliação no ensino técnico. *Ciências & Cognição* **2009**, 14, 166. [Link]
- Souza, J. M. L.; Adorni, D. S.; Em *Estudos Multidisciplinares em Educação*; Almeida, F. A., eds.; Editora Científica: São Paulo, 2024, cap. 4.
- Hoffmann-Campo, C. B.; Moscardi, F.; Corrêa-Ferreira, B. S.; Oliveira, L. J.; Sosa-Gomez, D. R.; Panizzi, A. R.; Corso, I. C.; Gazzoni, D. L.; Oliveira, E. B.; Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Embrapa Soja: Londrina: 2000. (Circular Técnica, 30). [Link]
- Gagné, R. M.; Ausubel, D. P.; *Educational Psychology: A Cognitive View*, 1a. ed., American Educational Research Journal: New York, 1969.
- Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R.; The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, 8, 105. [Crossref]
- Merçon, F.; *Resumos do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, Brasil, 2003. [Link]
- De Berg, K. C.; A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice* **2012**, 13, 8. [Crossref]
- Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fyvoKljtvG4>>. Acesso em: 22 janeiro 2026.
- Oliveira, I. A.; A dialogicidade na educação de Paulo Freire. *Movimento – Revista de Educação* **2017**, 4, 228. [Link]
- Gomes, C. S. F.; Vieira Guerra, M. das G. G.; Educação dialógica: a perspectiva de Paulo Freire para o mundo da educação. *Educação Popular* **2020**, 19, 4. [Crossref]
- Zabala, A.; *A prática educativa*, 1a. ed., Editora Artmed: Porto Alegre, 1998.
- Santos, W.; Mortimer, E.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **2000**, 2, 110. [Crossref]
- 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]
- Correa, L. F.; Bazzo, W. A.; Contribuições da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade para a humanização do trabalho docente. *Revista Contexto & Educação* **2017**, 32, 57. [Crossref]
- Bazzo, W. A.; Souza, A. C. R.; Cruzando os caminhos da educação tecnológica com a equação civilizatória. *Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico* **2022**, 8, 122. [Crossref]

27. Faria, G. A. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. [[Link](#)]
28. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Soja: cultivo. Sistema Embrapa Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja>>. Acesso em: 1 setembro 2025.
29. Jurat-Fuentes, J. L.; Karumbaiah, L.; Krishna Jakka, S. R.; Ning, C.; Liu, C.; Wu, K.; Jackson, J.; Gould, F.; Blanco, C.; Portilla, M.; Perera, O.; Adang, M.; Reduced levels of membrane-bound alkaline phosphatase are common to lepidopteran strains resistant to Cry toxins from *Bacillus thuringiensis*. *PLoS ONE* **2011**, *6*, 3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Fang, Y.; Zhaolong, L.; Jiuchenf, L.; Changlong, S.; Wang, X.; Zhang, X.; Xiaoguang, U.; Zhao, D.; Guiming, L.; Songnian, H.; Zhang, J.; Al-Mssallem, I.; Yu, J.; A pangenomic study of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Genetics and Genomics* **2011**, *38*, 567. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Sasseron, L. H.; Carvalho, A. M. P.; Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação* **2011**, *17*, 97. [[Crossref](#)]
32. Niezer, T. M.; Silveira, R. M. C. F.; Sauer, E.; Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2016**, *15*, 428. [[Link](#)]
33. Sasseron, L. H.; Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2018**, *18*, 1061. [[Crossref](#)]
34. Castro, B. M. C.; Martínez, L. C.; Barbosa, S. G.; Serrão, J. E.; Wilcken, C. F.; Soares, M. A.; Silva, A. A.; Carvalho, A. G.; Zanoncio, J. C.; Toxicity and cytopathology mediated by *Bacillus thuringiensis* in the midgut of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Scientific Reports* **2019**, *9*, 6667. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Bernardi, O.; Malvestiti, G. S.; Dourado, P. M.; Oliveira, W. S.; Martinelli, S.; Berger, G. U.; Head, G. P.; Omoto, C.; Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 × MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Pest Management Science* **2012**, *68*, 1083. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agroindústria Tropical. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1093253>>. Acesso em: 24 novembro 2025.
37. Jiménez-Aleixandre, M. P.; Brocos, P.; Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **2015**, *17*, 139. [[Crossref](#)]
38. Moreira, M. A.; *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula*, 1a. ed., Editora Universidade de Brasília: Brasília, 2006.
39. Silva, M. B. E.; Sasseron, L. H.; Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **2021**, *23*, 34674. [[Crossref](#)]
40. Gouveia, F. C.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, 2019. [[Link](#)]
41. Liborio, R.; Farias, S. A. de; Temática ‘Soluções’ nas aulas de Química: refletindo sobre estratégias e competências. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* **2023**, *19*, 2. [[Crossref](#)]
42. Ruíz-Primo, M. A.; On the use of concept maps as an assessment tool in science: what we have learned so far. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* **2000**, *2*, 30. [[Link](#)]