

AGROTÓXICOS COMO TEMA GERADOR PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO

PESTICIDES AS A GENERATING THEME FOR TEACHING-LEARNING OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF ORGANIC COMPOUNDS: A PROPOSAL FOR HIGH SCHOOL

Dandara de Paula Candido  

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

✉ dandaracandido@ufrrj.br

Marcelo Hawrylak Herbst  

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

✉ herbst@ufrrj.br

RESUMO: É notória a dificuldade dos alunos do Ensino Médio em reconhecer os fenômenos químicos em sua rotina. Um dos fatores geralmente apontados para isso é a falta ou a deficiência da associação do conteúdo de química com seus contextos sociais. A contextualização por meio de temas sociais – conhecidos como “Temas Geradores” ou “Temas Químicos Sociais” – é de grande importância, proporcionando uma aprendizagem com maior significado, pois permite a problematização e a análise de fenômenos da realidade com base nos conceitos químicos, podendo relacionar-se com outras disciplinas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de ensino de propriedades físico-químicas de compostos orgânicos para o terceiro ano do Ensino Médio, com base na química dos agrotóxicos e, assim, estimular o pensamento crítico dos alunos em relação aos usos, riscos e benefícios desses produtos. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2019, numa escola pública localizada em Seropédica/RJ, e utilizou como intervenções didáticas questionários, roda de conversa e aula teórica, todos voltados para a verificação dos conhecimentos prévios e/ou adquiridos ou reformulados a partir da metodologia aplicada. Os resultados obtidos na pesquisa apontam que os alunos têm dificuldade em reconhecer, na química, uma ferramenta para entender e explicar fenômenos do cotidiano. As intervenções se mostraram relevantes porque apresentaram informações até então desconhecidas ou incompletas para os alunos, como o uso urbano dos agrotóxicos, e possibilitaram a compreensão dos usos e riscos desses produtos a partir de um ponto de vista das propriedades dos compostos orgânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química. Ensino Médio. Contextualização. Agrotóxicos.

ABSTRACT: The difficulty of high school students in recognizing chemical phenomena in their routine is notorious. One of the factors generally pointed out for this is the lack or deficiency of the association of chemistry contents with their social contexts. The contextualization through social themes – known as “Generating Themes” or “Social Chemical Themes” – is of great importance, providing a more meaningful learning, as it allows the questioning and analysis of phenomena of reality based on chemical concepts, being able to relate with other disciplines. Thus, the objective of this work is to propose a methodology for teaching the physical-chemical properties of organic compounds for the third year of high school, based on the chemistry of pesticides and, thus, stimulate students' critical thinking in relation to their uses, risks and benefits of these products. The research was carried out in the second half of 2019, in a public school located in Seropédica/RJ, and used theoretical classes, conversation circles and theoretical classes as didactic interventions, all aimed at verifying prior knowledge and/or acquired or reformulated from of the applied methodology. The results obtained in the research indicate that students have difficulty recognizing, in chemistry, a tool to understand and explain everyday phenomena. Threats were identified because they identified information hitherto unknown or incomplete for students, such as the urban use

of pesticides, and made it possible to understand the uses and risks of these products from the point of view of the properties of organic compounds.

KEY WORDS: Chemistry teaching. High Scholl. Contextualization. Pesticides.

Ensino de Química

De acordo com os incisos II, III e IV do artigo 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) - **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**, o Ensino Médio tem por finalidade preparar o educando para exercício do trabalho e da cidadania e aprimorá-lo como pessoa humana, incluindo sua formação ética e o desenvolvimento de seu pensamento intelectual crítico, proporcionar a compreensão da ciência e tecnologia dos processos e dar um suporte para a continuação de seu aprendizado. Da mesma maneira, a Constituição Brasileira dispõe que a educação para a cidadania é a principal função da Educação Básica nacional.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Art. 36), atualizada em 2017, estabelece que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) deve definir os direitos e objetivos da aprendizagem no Ensino Médio. Dessa forma, a BNCC atualizada propõe que, no Ensino Médio, o professor deve “[...] contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas” (2018, p. 16).

Para área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC (Brasil, 2018, p. 537) afirma que deve contribuir para “[...] construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas [...]”.

No Ensino Médio, a área [das Ciências da Natureza e suas Tecnologias] deve [...] se comprometer, [...] com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema. Ao mesmo tempo, considerar a contemporaneidade demanda que a área esteja sintonizada às demandas e necessidades das múltiplas juventudes, reconhecendo sua diversidade de expressões. (Brasil, 2018, p. 537).

A química, conhecida como a ciência central, é responsável pelo estudo da natureza da matéria, suas propriedades e transformações e, dessa forma, está presente no cotidiano em todos os materiais, no meio ambiente e nos seres vivos. Sendo, portanto, importante para a formação social do indivíduo, de maneira que este torne-se capaz de compreender os fenômenos observados e, assim, participe ativamente da sociedade em que está inserido. Apesar de a química estar presente em tudo, é notória a dificuldade dos alunos em reconhecê-la em suas rotinas e um dos fatores responsáveis por isso é a falta ou a deficiência na contextualização do conteúdo: “por exemplo, estuda-se o ciclo aromático, mas o aluno dificilmente consegue relacioná-lo com o seu cotidiano, porque muitas vezes o professor não apresenta exemplos de onde encontrá-lo” (Sá, 2017; Santos *et al.*, 2011, p. 1).

O ensino de química nas escolas, em sua maioria, se dá por meio da memorização de fórmulas, leis, conceitos e nomenclaturas. Somado a isso, a quantidade excessiva de assuntos tratados pela disciplina – em muitos casos, com uma linguagem complexa do ponto de vista dos alunos, e sem a devida correlação com a realidade – faz com que ela se torne desinteressante, levando os estudantes a não conseguirem enxergar a aplicação prática da teoria ensinada.

Conseqüentemente observa-se uma grande dificuldade por parte dos alunos em interpretar, analisar e solucionar as questões discutidas tanto nas aulas quanto nas avaliações (Finger & Bedin, 2019; Santos *et al.*, 2021).

De acordo com Paulo Freire, o uso de temas geradores no processo de ensino deve cercar a realidade do educador e do educando, de modo que estes temas sejam não só aprendidos, mas compreendidos, refletidos e conseqüentemente promovam uma tomada de decisão. Assim, a contextualização por meio de temas sociais de grande importância, conhecidos como “Tema Geradores” (Freire, 1975) ou “Temas Químicos Sociais”, proporciona uma aprendizagem significativa, pois permitem a problematização e a análise da realidade com base nos conceitos químicos, além de apresentar a possibilidade de uma abordagem interdisciplinar. Entretanto, o professor, ao selecionar o tema gerador a ser discutido em sala de aula, deve tomar o cuidado de relacioná-lo ao conteúdo químico ministrado, para que a contextualização não se torne apenas uma curiosidade, ou seja, que o aluno tome o conhecimento sobre determinado problema e continue sem saber como solucioná-lo ou avaliá-lo de forma crítica, limitando-se a uma memorização passageira (De Moraes Costa & Pinheiro, 2013; Santos *et al.*, 2021).

Associado a isso está a importância do uso da investigação no processo ensino-aprendizagem, que permite ao aluno participar ativamente das aulas, tendo a sua evolução avaliada pelo professor. Nesse tipo de metodologia, o docente deixa de ser o emissor do conhecimento para se tornar o mediador, criando “situações que estimulem o aprendizado e pensamento crítico do aluno”. Assim, esse profissional identifica as dificuldades do indivíduo e propõe meios para solucioná-las (Veiga, Quenehenn & Cargnin, 2012, p. 195). De outra forma, concordando com Paulo Freire, “o ensino não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (Freire, 1996, p. 47).

Nesse sentido, este trabalho sugere a abordagem do tema agrotóxicos como ferramenta de contextualização. Essa temática permite a investigação e a discussão dos impactos gerados, estimulando, assim, o desenvolvimento do perfil crítico e pesquisador do aluno. Os problemas relacionados ao uso desses produtos afetam, mundialmente, a sociedade e não se restringe somente aos campos agrícolas, pois abrange o meio ambiente como um todo, tal como a população que, diariamente, consome os alimentos convencionais (ou não orgânicos) que, possivelmente, apresentariam resíduos tóxicos em sua composição (Cavalcanti *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2021).

Agrotóxicos

Segundo o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, os agrotóxicos são definidos como:

produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (p. 1).

Dentre as várias denominações, além de agrotóxicos, encontram-se: defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de planta ou veneno e agroquímicos. O termo “agrotóxico”, originado do grego *ágrōs* e *toxikón*, respectivamente campo e veneno, criado em 1977 por Adilson Paschoal, professor da Universidade de São Paulo (USP) e autor do livro “Pragas, Praguicidas e a Crise Ambiental: problemas e soluções”, é utilizado, em todos os casos, substituindo as demais denominações (Vasconcelos, 2018).

Os agrotóxicos são constituídos, basicamente, por compostos de origem química ou biológica, conhecidos como princípio ativo – substância responsável pela atividade biológica desejada no organismo-alvo, apresentados na forma sólida ou líquida. Além desse, há também, na composição, aditivos como: surfactantes, solventes, coadjuvantes, excipientes e impurezas, que poderão ser tão ou mais tóxicos que o composto principal. Um mesmo ingrediente ativo pode ser comercializado sob diferentes formulações e nomes comerciais. A exemplo, tem-se o **glifosato** – herbicida mais utilizado mundialmente – com mais de 150 marcas comerciais, sendo a **Roundup®**, produzida pela Bayer AG, a mais conhecida. O nome científico de um princípio ativo segue as regras de nomenclatura para compostos orgânicos estabelecidos pela International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ou pelo Chemical Abstracts (CA). “Os princípios para atribuição de nomes comuns aos agrotóxicos são descritos na norma 257 da ISO (1988), alterada em 2004” (Rodrigues, 2012; SESA/PR, 2018; Moraes & Rossi, 2010; Abakerli *et al.*, 2003, p. 30).

Os agrotóxicos são classificados quanto a sua finalidade ou organismo-alvo: inseticidas (combatem insetos em geral); larvicidas (combatem larvas de insetos); formicidas (combatem formigas); acaricidas (combatem ácaros de plantas); carrapaticidas (combatem carrapatos de animais); nematocidas (combatem nematoides parasitas de plantas); moluscicidas (combatem moluscos); rodenticidas (combatem roedores); raticidas (combatem ratos); avicidas (controlam algumas aves comedoras de sementes); fungicidas (combatem fungos); herbicidas (combatem ervas daninhas e outros vegetais indesejáveis, mesmo do porte de arbustos ou árvores); algicidas (combatem algas); além de reguladores de crescimento, desfolhantes (induzem a queda prematura das folhas) e dessecantes (absorvem ou adsorvem a água) (Almeida *et al.*, 1985; Abubakar *et al.*, 2020).

Em relação ao grupo químico ou biológico a que pertencem, classificam-se em: orgânicos, que incluem os carbamatos (derivados do ácido carbâmico); os organoclorados e os organofosforados (derivados do ácido fosfórico); inorgânicos, quando as substâncias apresentam arsênio, selênio, chumbo, cobre, mercúrio e zinco em sua composição; e botânicos, quando são derivados, por exemplo, da nicotina, piretrina, sabadina e rotenona – “extraídas do timbó ou tingui, planta tóxica usada por índios brasileiros no preparo de arpões para pegar peixes” (Jardim & Andrade, 2009, p. 1000; Abubakar *et al.*, 2020).

A toxicologia estuda os efeitos nocivos das substâncias sintéticas ou naturais sobre os seres vivos. O estudo toxicológico dos agrotóxicos leva em consideração as consequências ambientais associadas ao uso desses produtos, assim como os efeitos que estes causam à saúde humana. No Brasil, a toxicidade desses produtos é expressa pela **dosagem letal 50% (DL₅₀)**, “que é a quantidade de substância necessária para matar 50% dos animais testados nas condições experimentais utilizadas” (geralmente ratos ou camundongos), “quando administradas pela mesma via, por exemplo, a oral”. Essa dosagem é definida em miligrama da substância tóxica por quilograma da massa viva (m.v.). Os efeitos tóxicos ao organismo podem ser de dois tipos: agudo, quando se manifestam durante ou após o contato imediato com o produto; e crônico, quando surgem dias, semanas, meses ou anos após a exposição à substância e, dessa maneira, tornam-se mais preocupantes (Braibante & Zappe, 2012, p. 14; Jardim & Andrade, 2009, p. 1002).

O Ministério da Saúde divide os agrotóxicos em quatro classes toxicológicas: Classe I (compostos extremamente tóxicos, $DL_{50} \leq 5 \text{ mg Kg}^{-1}$ de m.v.), Classe II (altamente tóxicos, $5 < DL_{50} \leq 50 \text{ mg Kg}^{-1}$ de m.v.), Classe III (medianamente tóxicos, $50 < DL_{50} \leq 500 \text{ mg Kg}^{-1}$ de m.v.) e Classe IV (pouco ou muito pouco tóxicos, $DL_{50} > 500 \text{ mg Kg}^{-1}$ de m.v.) (Jardim & Andrade, 2009, p. 1003; Ministério da Saúde, 1992).

Diante disso, os agrotóxicos são identificados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) quanto a sua toxicidade, em seus rótulos, por meio de faixas coloridas (Quadro 1). Apesar dessa classificação, a toxicidade de uma substância pode variar de acordo com a dose ingerida,

inalada ou absorvida, o período de exposição, bem como o organismo exposto (Anvisa, 2018; Braibante & Zappe, 2012).

Quadro 1 - Classificação toxicológica dos agrotóxicos.

Classe toxicológica	Toxicidade	DL ₅₀ (mg/Kg)	Cor da faixa no rótulo
I	Extremamente tóxico	≤ 5	Vermelha
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	Amarela
III	Mediamente tóxico	Entre 50 e 500	Azul
IV	Pouco tóxico	> 500	Verde

Fonte: Peres & Moreira (2003) *apud* Braibante & Zappe (2012), alterada pelos autores.

O desenvolvimento dos inseticidas de origem orgânica sintética ocorreu entre os séculos XIX e XX. Esses agrotóxicos foram utilizados, em grande escala, na Segunda Guerra Mundial, com a finalidade de proteger os soldados das pragas transmissoras de algumas doenças, como a doença-do-sono e malária, nas regiões tropicais e subtropicais da África e da Ásia. No Brasil, os inseticidas organossintéticos foram introduzidos em 1943, com a chegada das primeiras amostras de Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) (Braibante & Zappe, 2012; Jardim & Andrade, 2009).

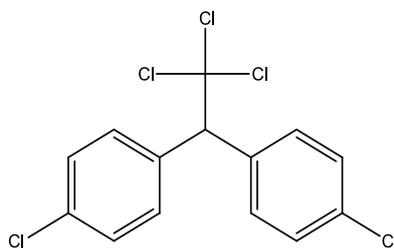
No período pós-Segunda Guerra Mundial, a produção agrícola teve sua base tecnológica estabelecida no uso de agrotóxicos, fertilizantes sintéticos, na mecanização do campo, na irrigação e em técnicas de melhoramento genético de alguns alimentos, visando o aumento da produtividade. A partir da década de 1960, ocorreu a difusão do modelo agrícola em países em desenvolvimento, por meio de um pacote conhecido como Revolução Verde – o México foi o primeiro país subdesenvolvido a adotá-lo. Apesar dos benefícios trazidos por essa revolução, passaram a ser identificados e divulgados na mídia e em publicações científicas, na mesma década, alguns problemas relacionados ao uso de agrotóxicos e fertilizantes, tais como: intoxicação humana e animal; surgimento de pragas mais resistentes em razão da adaptação ou seleção natural; contaminação da água e do solo; erosão; e salinização do solo (Jardim & Andrade, 2009; Albergoni & Pelaez, 2007).

Os **inseticidas organoclorados**, que são substâncias formadas por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e cloro (Cl), foram importantíssimos para a época, em grande parte por causa da alta estabilidade do meio ambiente. Nesse grupo, estão inclusos o DDT, DDD ou TDE, BHC, aldrim, entre outros. Essas substâncias apresentam grande poder residual devido a sua solubilidade em óleos e gorduras e, dessa forma, tendem a se acumular no tecido adiposo dos seres vivos (bioacumulação) quando ingeridos, contaminando toda a cadeia alimentar (biomagnificação), chegando a grandes dosagens nos animais de topo, inclusive os seres humanos. A presença do DDT chegou a ser detectada no leite materno (Mariconi, 1985; Gobbo, 2016; Davis, 2019).

O 1,1,1-tricloro-2,2-di(p-clorofenil) etano conhecido como **DDT**, de fórmula molecular C₁₄H₉Cl₅, utilizado não só na agricultura como também em campanhas de saúde, teve a sua propriedade inseticida descoberta por Paul Müller, em 1939. Em 1962, em virtude dos danos causados à população de algumas aves, como a águia-calva, foi chamado de “elixir da morte” por Rachel Carson, em seu livro “Primavera Silenciosa”. A autora descreveu, em seu estudo, o mecanismo de ação do DDT e os possíveis efeitos ligados ao seu uso, como o câncer e as alterações genéticas. Além disso, foi comprovada a presença do inseticida em áreas polares ou de maior altitude que, teoricamente, estariam livres do produto, já que não eram locais de aplicação dele. Assim, verificou-se na época, por meio de pesquisas, que o composto era volátil, de modo que poderia

se dispersar na atmosfera quando aplicado em áreas mais quentes, ser transportado pelo vento e se precipitar com a chuva ao atingir as regiões mais frias – esse processo ficou conhecido como Efeito Gafanhoto (Gobbo, 2016; Pisa & Bouwman, 2020).

Figura 1 - Estrutura molecular do DDT.



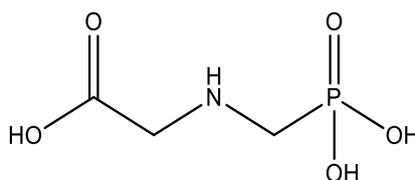
Fonte: Autores, via ChemDraw.

Atualmente o DDT é proibido em pelo menos 86 países. No entanto, ainda continua sendo usado em alguns países em desenvolvimento, no combate à malária e outras doenças tropicais. No Brasil, sua proibição como defensivo agrícola ocorreu em 2 de setembro de 1985, pela Portaria nº 329 do Ministério da Agricultura. Em 1998, proibiu-se o uso em campanhas de saúde pública e, somente em 2009, foram vetadas as atividades como: fabricação, importação exportação, manutenção em estoque, comercialização e uso (Jardim & Andrade, 2009, p. 999; Pereira, 2012 *apud* Gobbo, 2016).

Diante das características observadas dos organoclorados, buscou-se a síntese de novas substâncias químicas capazes de controlar as pragas existentes. Assim, foram produzidos os **organofosforados**, compostos que podem conter, em sua estrutura, átomos de carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), enxofre (S), nitrogênio (N) e fósforo (P) e que provocam efeitos agudos, em maior intensidade, quando comparados aos organoclorados. São menos persistentes no meio ambiente, de forma que é necessário um número maior de aplicações a fim de garantir a mesma eficácia dos organoclorados. Como exemplo dessa classe, tem-se o glifosato, os inseticidas malation, paration e dissufoton (Braibante & Zappe, 2012).

O **glifosato** ou N-(fosfonometil) glicina, de fórmula molecular $C_3H_8NO_5P$, é um herbicida não seletivo, pós-emergente e sistêmico. Pertencente ao grupo químico de aminoácidos fosfonados, apresenta comportamento zwitteriônico em pH neutro: uma carga positiva no grupo amino e uma negativa no grupo fosfonato. Sua formulação, no Brasil, é feita com diferentes sais, como o sal potássico, o sal de isopropilamina e o sal de amônio. “As formulações encontradas no mercado contêm, geralmente, surfactante, cuja finalidade é impedir a formação de gotas e o alcance de áreas além das folhas que são pulverizadas”. Ao ser pulverizado na planta, o produto é geralmente absorvido pelas folhas e transportado por toda extensão desta, inibindo o seu metabolismo. Devido a esse mecanismo de ação, as plantas morrem lentamente, em poucos dias ou semanas, não restando nenhuma parte viva (Coutinho & Mazo, 2005; Rodrigues & Almeida, 2005 *apud* Moraes & Rossi, 2010; Amarante Junior & Santos, 2001, p. 591; Soares *et al.*, 2021).

Figura 2 - Estrutura molecular do glifosato.



Fonte: Autores, via ChemDraw.

Ao ser aplicado diretamente no solo, o herbicida tende a ter baixa atividade, desde que seja adsorvido, devido à degradação pelos microrganismos ali presentes, em produtos não fitotóxicos,

como: CO_2 (dióxido de carbono), PO_4^{3-} (fosfato) e NH_3 (amônia). Por efeito dessa transformação, o glifosato dificilmente é lixiviado, de maneira que a contaminação em águas subterrâneas é pouco provável. O glifosato pode ser absorvido por via oral e dérmica, sendo excretado, principalmente, pela urina. Em relação a sua toxicidade, o composto “é irritante dérmico e ocular, podendo causar danos hepáticos e renais quando ingerido em doses elevadas”. Apesar de ela ser baixa tanto em mamíferos quanto em pássaros, a não seletividade na ação o torna prejudicial a essas espécies, visto que a destruição de ambientes naturais e de fontes de alimento ocasiona a redução das populações (Coutinho & Mazo, 2005; Amarante Junior & Santos, 2001, p. 591).

Em vista do que foi mencionado até aqui, observa-se que o tema é de grande relevância para a sociedade como um todo. Dessa forma, torna-se importante sua discussão nas aulas a fim de contribuir para a formação crítica e consciente do estudante para o exercício da cidadania, visto que “o ensino da química deve ser um facilitador da leitura do mundo. Ensina-se química, então, para permitir que o cidadão possa interagir melhor com o mundo” (Balica *et al.*, 2016; Chassot, 1990, p. 30).

A princípio, a relação entre o ensino de Química e o tema agrotóxicos já se submete pela associação de produtos tóxicos a produtos químicos, no entanto esta relação alcança patamares que vão além desta simples definição. A temática sobre agrotóxicos possibilita o envolvimento de vários conceitos e aplicações da Química: linguagem e formulação dos produtos (Balica *et al.*, 2016, p. 4).

A compreensão de certas propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, como: solubilidade em água, interações intermoleculares, pressão de vapor, pH e meia vida, auxilia no entendimento da dinâmica desses produtos no meio ambiente. Assim, a abordagem da temática nas aulas permite que os alunos tenham a inserção do assunto como ferramenta para a aprendizagem, além de um olhar crítico sobre o benefício ou interferência desses produtos (Tomita e Beyruth, 2002; Balica *et al.*, 2016).

Metodologia

A pesquisa foi realizada no último bimestre, em um colégio estadual localizado em Seropédica – município do estado do Rio de Janeiro. Ao todo, participaram 56 alunos, matriculados no 3º ano do Ensino Médio Regular. O estudo foi caracterizado predominantemente como qualitativa, pois teve o intuito de verificar a percepção do grupo sobre o uso de agrotóxicos e seus impactos no meio ambiente, vinculado ao ensino de Química Orgânica e, assim, estimular o pensamento crítico dos discentes.

Vale destacar que, apesar do município possuir pequenas produções agrícolas, a maioria dos participantes, residentes nas proximidades da escola, não tinham qualquer vínculo com a agricultura, seja ela em escala maior ou familiar.

Antes de iniciar a proposta, foi apresentado e lido aos alunos e professor responsável legal pela turma o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual foi assinado pelo docente. Em seguida, foi esclarecido que se tratava de uma pesquisa de campo para a construção de um Trabalho de Conclusão de Curso e não de algum tipo de avaliação. Em razão do calendário escolar, o trabalho se deu em um único dia, com a duração de dois tempos de aula (totalizando 1h40min). É importante destacar que a pesquisadora e autora deste artigo participava, à época da pesquisa, da primeira edição do programa Residência Pedagógica, da CAPES/MEC.

As etapas realizadas neste estudo estão descritas a seguir:

Levantamento de dados antes e após as atividades

Realizou-se o levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto por, aproximadamente, 15 minutos, com a aplicação do questionário prévio ou inicial. Após o término das atividades, coletou-se mais dados por meio do questionário avaliativo ou final, para a verificação dos conceitos adquiridos e/ou reformulados.

Roda de conversa sobre Agrotóxicos

Em um primeiro momento, questionou-se aos alunos a definição de agrotóxicos, de acordo com a concepção deles. Seguindo as falas dos participantes, apresentou-se a definição de acordo com a legislação brasileira e as principais terminologias utilizadas, bem como as alterações sugeridas (“defensivos agrícolas” ou “defensivos fitossanitários”) pelo Projeto de Lei (PL) 6.299/2002, em documentos oficiais e rótulos dos produtos (Vasconcelos, 2018).

Em seguida, deu-se a classificação dos agrotóxicos com base no organismo-alvo, assim como os locais de aplicação do produto. Posteriormente, discutiu-se os seguintes impactos: alteração do ecossistema; possibilidade de contaminação de áreas próximas à aplicação – como ambientes aquáticos superficiais e profundos, solo e ar; presença de resíduos em alimentos – quando a aplicação se dá de forma incorreta; riscos ocupacionais em decorrência da exposição durante o manuseio.

Além disso, foi exposto à turma uma reportagem impressa, a qual relatava um caso ocorrido em Mata/RS a respeito da morte de cerca de 500 milhões de abelhas melíferas, em consequência da pulverização de um coquetel de cinco princípios ativos diferentes em fazendas de soja próximas à criação desses insetos. A partir desse texto, debateu-se a importância das abelhas para a produção agrícola (Sperb, 2019; Marques, 2015; Lima, 2019).

Por fim, apresentou-se, por meio de outra matéria jornalística, os principais argumentos de agrônomos para a aplicação desses produtos na agricultura brasileira, mesmo diante dos impactos gerados. Entre os principais pontos defendidos estavam: o modelo de produção agrícola no país, ou seja, a dimensão da área cultivada e a produção em escala maior que levam à dependência desses compostos químicos; o clima tropical, que favorece o desenvolvimento das pragas; e a dificuldade de encontrar um processo substituto. Depois, apresentou-se o modelo de cultivo orgânico e discutiu-se se este poderia ser um modo sustentável de produção e se chegaria a substituir o formato convencional (Tooge, 2019; Menezes, 2003).

Aula teórica

Esta etapa teve como principal objetivo mostrar de que maneira a química explicaria os comportamentos já observados cientificamente tanto do DDT quanto do glifosato. Cabe ressaltar que os assuntos aqui apresentados já haviam sido abordados pelo professor e, portanto, os alunos não os viram pela primeira vez durante a pesquisa. Os tópicos foram (Brown, 2005; Solomons, 2012; Peruzzo & Canto, 2006; Martins, Lopes & Andrade, 2013):

- ✓ Polaridade das moléculas com base na diferença de eletronegatividade e geometria;
- ✓ Interações intermoleculares;
- ✓ A relação entre o tipo de interação e o ponto de ebulição da substância;
- ✓ Solubilidade em água, a partir de grupos hidrofílicos ou polares e o tamanho da cadeia carbônica.

Tratamento dos resultados obtidos

Os dados coletados por meio dos questionários – inicial e final – e da observação de campo foram analisados e separados em categorias, de acordo com os resultados em comum (Bardin, 2011; Szymanski, Almeida & Prandini, 2010). Estas, por sua vez, foram reagrupadas nos grandes temas a seguir:

- ✓ Definição e classificação de agrotóxicos;
- ✓ Uso de agrotóxicos e impactos gerados;
- ✓ Cultivo orgânico como alternativa;
- ✓ Agrotóxicos na mídia;
- ✓ A química e os agrotóxicos.

Resultados e Discussão

Definição e classificação de agrotóxicos

Em relação ao tema, cerca de 82% dos alunos responderam no questionário que já tinham ouvido falar em agrotóxicos, enquanto alguns afirmaram desconhecer (4%) ou não responderam (4%). Tal resultado demonstrou que, para a maioria dos alunos, o assunto não é novidade, mesmo que eles não tenham o contato com a atividade agrícola, seja na escola ou no cotidiano.

Apesar de uma pequena quantidade de alunos indicar que desconhecia o assunto ou não ter respondido, todos colocaram alguma definição sobre o que seriam esses produtos químicos. As principais definições estão listadas na Tabela 1 e estão relacionadas com a porcentagem de alunos que afirmou tal sentença.

Tabela 1: Definições dadas pelos alunos sobre agrotóxicos.

Questionário I	Produtos químicos utilizados na agricultura	41,1%
	Produtos químicos que aumentam o crescimento de plantas e alimentos, melhorando a qualidade de ambos	19,6%
	Produtos químicos utilizados na agricultura para evitar/controlar/combater às pragas	17,8%
	Substâncias químicas ou tóxicas	5,4%
	Substâncias químicas utilizadas na agricultura e que são prejudiciais à saúde	5,4%
	Produtos que aceleram o crescimento das plantas e as tornam resistentes às pragas	3,6%
	Não souberam ou responderam	7,1%

Fonte: Autores (2019).

Com base nos dados obtidos, é possível afirmar que, na concepção dos alunos, os agrotóxicos são substâncias químicas utilizadas na agricultura com a finalidade de controlar ou combater as pragas prejudiciais ao desenvolvimento das plantas e alimentos, de modo a auxiliar o crescimento de ambos. Assim como no estudo realizado por Balica *et al.* (2016), alguns alunos reconhecem a periculosidade desses produtos químicos para a saúde humana, porém, esse reconhecimento ocorre de forma generalizada, visto que durante a roda de conversa não souberam justificar o motivo dessa conclusão (SESA/PR, 2018).

Com base nas respostas dos alunos para a mesma pergunta no questionário II (Tabela 2), pode-se afirmar que o conceito central sobre o tema não foi alterado, ocorreu apenas uma ampliação de vocabulário em parte do grupo, visto que definiram os agrotóxicos também como pesticidas, inseticidas e remédios para plantas e não somente como produtos químicos. É possível notar que houve uma compreensão pelos alunos de que o princípio ativo poderia ser derivado de plantas. A exemplo, tem-se o piretro ou “pó da Pérsia”, produzido a partir de flores secas de *Chrysanthemum coccineu* – que consiste numa mistura de ésteres tóxicos: piretrina I e II e cinerina I e II (Mariconi, 1985) e está presente nas formulações de inseticidas de uso doméstico, como SBP® e Baygon®. Além disso, os resultados mostram que a porcentagem dos alunos que não souberam ou não responderam foi reduzida entre os questionários I e II, revelando a assimilação em relação à definição básica desses produtos entre os alunos que haviam, anteriormente, demonstrado desconhecimento.

Tabela 2: Definições dadas pelos alunos sobre agrotóxicos.

Questionário II	São componentes/ reagentes/ substâncias/ produtos químicos utilizados no controle e eliminação de pragas	53,6%
	São produtos/ compostos químicos que ajudam no desenvolvimento das plantas e/ou no combate às pragas	17,9%
	São pesticidas/ inseticidas/ remédios para plantas que combatem pragas	8,9%
	São produtos ou substâncias tóxicas	8,9%
	São substâncias químicas ou biológicas que combatem pragas	7,1%
	São produtos usados em lavouras	1,8%
	Não souberam ou responderam	1,8%

Fonte: Autores (2019).

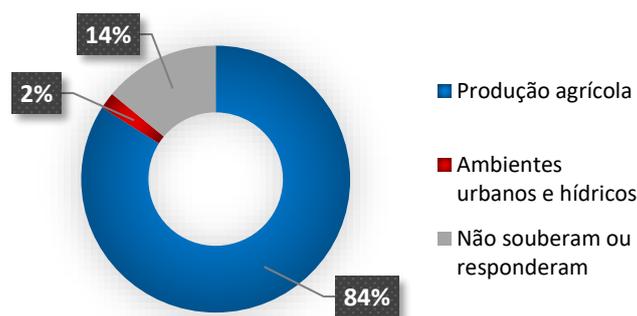
Em relação ao termo “defensivos agrícolas”, perguntado no questionário I, apenas 9% dos alunos afirmaram já ter ouvido falar, enquanto 69% marcaram “não” como resposta, ou seja, disseram que não tinham ouvido falar. Entre o restante da turma, 18% marcaram “mais ou menos” e 4% afirmaram que talvez tivessem escutado falar no termo. Durante a roda de conversa, os alunos demonstraram surpresa quando foi dito que se tratava de um termo similar para agrotóxicos, que é a terminologia mais utilizada pela legislação brasileira.

Uso de agrotóxicos e impactos gerados

Na questão sobre o local de uso dos agrotóxicos, a maioria do grupo (69%) confirmou que sabia, enquanto 9% desconheciam, 21% marcaram “mais ou menos” como resposta, 5,4% “talvez” e 3,6% não responderam. Como exemplo do local de aplicação (Figura 3), a maior porcentagem dos alunos citou a “produção agrícola”, enquanto a menor indicou os ambientes urbanos e hídricos.

Os inseticidas, por exemplo, também são usados em campanhas de saúde pública. O programa Nacional de Controle da Dengue utiliza produtos à base de lambda-cialotrina e malation para o controle do vetor em espaços abertos (Ministério da Saúde, 2014).

Figura 3: Respostas dos alunos sobre os locais de aplicação dos agrotóxicos

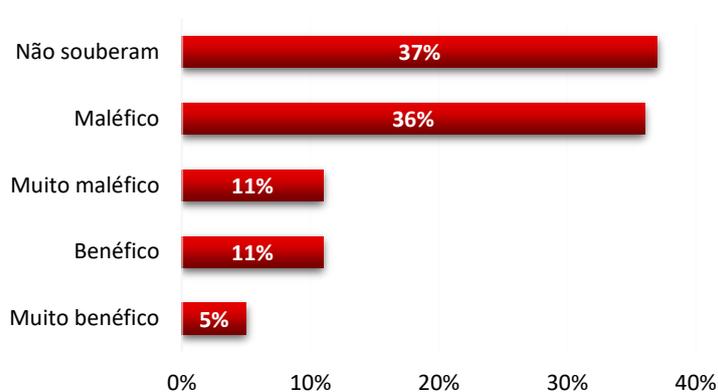


Fonte: Autores (2019).

Sobre o tipo de impacto causado ao meio ambiente (Figura 4), a maioria dos alunos respondeu, no questionário I, que este seria maléfico, enquanto um quantitativo semelhante marcou que não sabia. Esse questionamento foi retomado na roda de conversa e observou-se que os alunos não sabiam justificar o motivo do impacto ser ruim ao meio ambiente.

De acordo com os resultados e com a conclusão apresentada por alguns de que “a toxicidade desses produtos se deve à sua origem química”, percebe-se que os estudantes atribuem à ciência um rótulo de “química do mal”, semelhante ao resultado do estudo realizado por Balica *et al.* (2016).

Figura 4: Respostas dos alunos sobre os tipos de impactos ao meio ambiente



Fonte: Autores (2019).

Na opinião da maioria dos alunos, no questionário II (Tabela 3), os agricultores aplicam os agrotóxicos nas plantações para preveni-las das pragas, garantindo a conservação e a boa aparência dos alimentos, aumentando, assim, a produção agrícola, tal como a obtenção de lucros.

O emprego em larga escala dos agrotóxicos se deve a diversos fatores, entre os quais estão: o clima tropical do Brasil, que favorece o desenvolvimento das pragas, ao contrário dos países de clima temperado, que contam com o período de inverno para interferir no ciclo de vida desses organismos; e a extensa área de cultivo, como as lavouras de soja e milho que juntas corresponderam, em 2018, a aproximadamente, 70% do total da área semeada, “estimada pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) em 61,7 milhões de hectares” (Vasconcelos, 2018, p. 24).

Tabela 3: Respostas dos alunos sobre o que motiva o uso de agrotóxicos entre os agricultores.

Para aumentar a produção agrícola, garantir a boa aparência e a conservação dos produtos	44,6%
Para prevenir ou controlar as pragas nas plantações	32,1%
Para aumentar a produção e gerar mais lucros	9%
Para ajudar no crescimento dos alimentos, deixá-los com boa aparência e preveni-los das pragas	3,6%
Para aumentar a produção e a resistência das plantas	3,6%
Não souberam ou responderam	7,1%

Fonte: Autores (2019).

Cultivo orgânico como alternativa

Para 39,3% dos alunos (Tabela 4), alimentos orgânicos são aqueles cultivados sem o uso de agrotóxicos sendo, portanto, considerados naturais e saudáveis. No decorrer da roda de conversa, os alunos debateram, entre si, se haveria a possibilidade de substituição do modelo de agricultura convencional pelo cultivo orgânico em larga escala. Alguns defenderam que essa seria uma opção viável, porque a produção orgânica não oferece riscos de contaminação ao meio ambiente e às pessoas, por não utilizar aditivos químicos. Ao contrário, outros afirmaram que a agroecologia poderia apresentar falhas no atendimento da demanda por alimentos, por não utilizar os agrotóxicos no combate ou controle das pragas.

Alguns especialistas afirmam que esse tipo de produção agrícola conseguiria abastecer o mercado, mas sem a mesma variedade que o método convencional, visto que o modelo trabalha com o ambiente ideal para a cultura. Para outros, porém, essa alternativa causaria a degradação de florestas, pois, para produzir a mesma quantidade que o método tradicional, seria necessário aumentar a área de cultivo (Tooge, 2019; Vasconcelos, 2018). Considerando a controvérsia entre os especialistas, não foi esclarecido aos alunos, durante a roda de conversa, se realmente esse modelo de produção ecológica seria ou não viável em escala maior.

Tabela 4: Definições dadas pelos alunos sobre alimentos orgânicos

São alimentos cultivados sem o uso de agrotóxicos	39,3%
São alimentos naturais e/ou saudáveis	25%
Citaram exemplos como: alface, tomate, agrião, batata, banana	5,4%
São alimentos modificados geneticamente ou pela química	3,6%
São alimentos cultivados ou conservados	3,6%
São alimentos que utilizam agrotóxicos	1,7%
Não souberam ou responderam	21,4%

Fonte: Autores (2019).

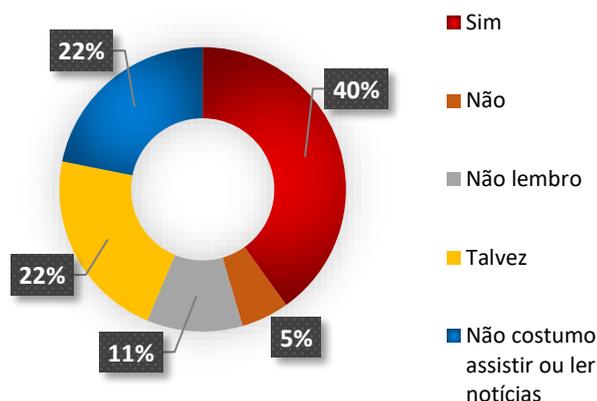
Agrotóxicos na mídia

Apesar de 66% dos alunos afirmarem ter ouvido ou lido alguma notícia sobre o uso de agrotóxicos, no ano de 2019 (Figura 5), todos demonstraram desconhecer o Projeto de Lei (PL) 6.299/2002, que propõe mudanças em diversos pontos, como nomenclatura, fiscalização e

rotulagem dos produtos; e também a liberação massiva, ocorrida no início do ano, e a morte das abelhas, em consequência do uso abusivo dessas substâncias.

Verifica-se, nesse caso, a importância da abordagem de temas sociais, que estejam em evidência na mídia, também no sentido de informação dos problemas relacionados ao cotidiano e, dessa maneira, trabalhar a relação entre o conteúdo aplicado e o contexto social do aluno além dos livros didáticos, a fim de que se possibilite a compreensão do caráter social do ensino (Lobato, 2007 *apud* Veiga, Quenehenn & Cargnin, 2012; Santos & Schnetzler, 2003).

Figura 5: Respostas dos alunos sobre ter lido alguma notícia relacionada a agrotóxicos

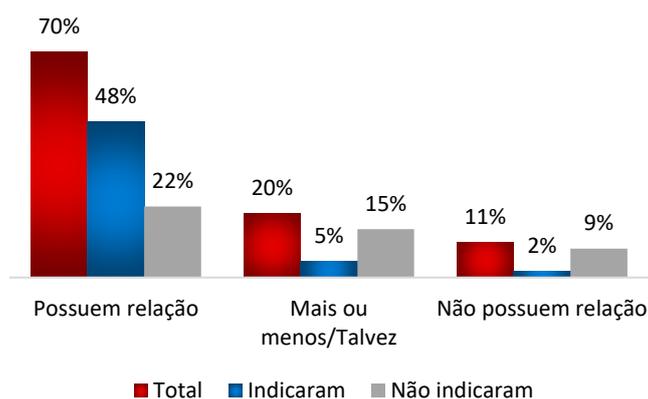


Fonte: Autores (2019).

A Química e os Agrotóxicos

Cerca de 70% dos alunos afirmaram, no questionário I (Figura 6), que existe alguma relação entre a química e os agrotóxicos; os que apresentaram dúvida ao marcarem “mais ou menos” ou “talvez” somaram 19,7%, enquanto que 10,7% não veem nenhum tipo de associação.

Figura 6: Respostas dos alunos sobre a relação entre a química e os agrotóxicos



Fonte: Autores (2019).

Entre os que indicaram um tipo de relação (Tabela 5), cerca de 53,6% dos alunos associaram à composição – visto que os agrotóxicos são classificados como “produtos químicos” – e à produção, pois, de acordo com a fala de um deles, “sem a química não seria possível fazê-los”, tipo de conexão indicada também entre os que responderam “talvez”. Para os que marcaram “não”, os agrotóxicos se relacionam com a biologia. Nesse caso, acredita-se que essa concepção provavelmente esteja ligada ao fato desses produtos serem aplicados em plantações.

Apesar de a maioria visualizar uma associação entre o tema e a disciplina, ainda assim esta ocorre de forma impulsiva e automática na correlação dos agrotóxicos como produtos químicos, em sua definição básica e, não no sentido do contexto, semelhante ao que foi observado por Balica *et al.* (2016) em sua pesquisa.

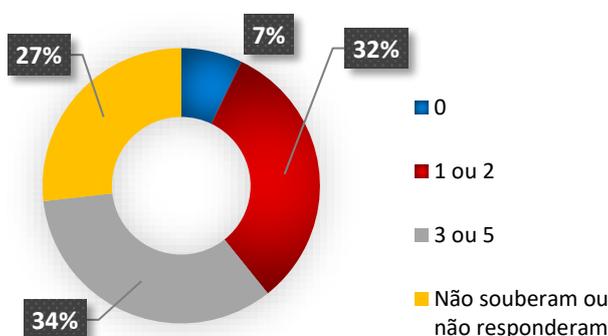
Tabela 5: Resposta dos alunos sobre o tipo de relação existente.

Sim	Na composição	16,1%
	Na produção	16,1%
	Porque são reagentes/ soluções/ produtos químicos	10,7%
	Porque alteram a molécula ou gene das plantas	3,5%
	Porque não são naturais	1,8%
Não	Agrotóxicos tem relação com a Biologia	1,8%
Talvez	Porque são produtos químicos	3,6%

Fonte: Autores (2019).

Ao longo da aula teórica, observou-se que os alunos tiveram dificuldade para compreender como ocorriam as interações intermoleculares, principalmente a do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido, devido à distorção da nuvem eletrônica. Fazê-los “visualizar” esse processo sem o apoio de um recurso digital tornou-se mais complicado. Além disso, considera-se que o tempo destinado à atividade pode não ter sido suficiente para esclarecer totalmente as dúvidas restantes. Dessa forma, justifica-se o motivo da porcentagem dos que “não souberam ou não responderam” (Figura 7) ser próxima dos que acertaram alguma(s) alternativa(s).

Figura 7: Quantidade de acertos da questão 3 do questionário II



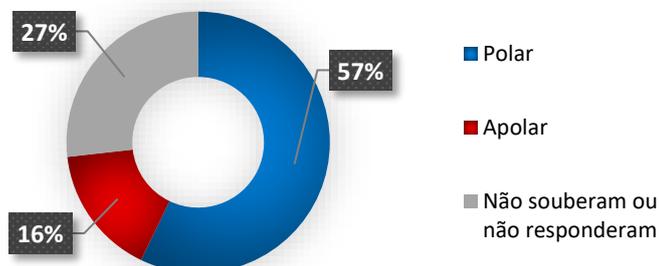
Fonte: Autores (2019).

No questionário final, foi pedido aos alunos que analisassem a polaridade e o tipo de interação intermolecular para a molécula do ingrediente ativo Aldicarbe. Durante a atividade, alguns demonstraram surpresa ao ler no enunciado da questão que o composto foi proibido em 2012, em consequência do alto índice de envenenamento em animais e humanos, pois nas ruas continua sendo vendido como raticida doméstico (chumbinho), atividade ilegal que motivou sua suspensão.

Nota-se, nos resultados a seguir (Figura 8), que houve assimilação pela maioria dos estudantes na associação da presença de grupos hidrofílicos (ou polares) na estrutura da molécula, com o

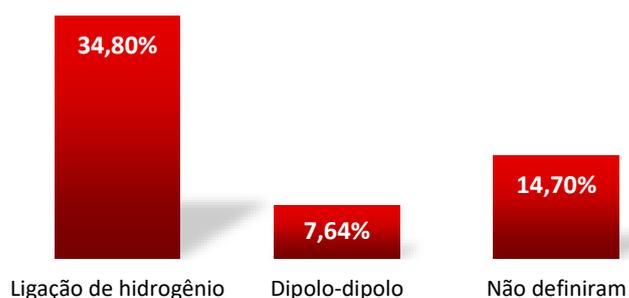
aumento da polaridade, e com o tipo de interação intermolecular presente na substância (Figura 9).

Figura 8: Polaridade da molécula de Aldicarbe indicada pelos alunos



Fonte: Autores (2019).

Figura 9: Respostas dos alunos que indicaram que a molécula é polar



Fonte: Autores (2019).

A maioria dos participantes da pesquisa acredita que o tema “agrotóxico” deva ser abordado nas aulas de química a fim de se compreender mais sobre o assunto (Tabela 6), visto que não é muito conhecido pelas pessoas:

“Sim, pois faz mal ao ser humano e nem todos sabem” - **aluno 1**

“Sim, para o conhecimento, pois antes dessa aula eu não tinha esse conhecimento” - **aluno 2**

Da mesma forma, a segunda maior parcela da turma (12,5%) justifica que pela importância do assunto, além da relação que ele tem com a disciplina, sua abordagem nas aulas trará maior conscientização às pessoas quanto ao uso dos agrotóxicos:

“Sim, pois as pessoas precisam ter um conhecimento do que é e de como usar da maneira devida” - **aluno 3**

Para cerca de 11% dos alunos, a abordagem é importante para se conhecer as substâncias que possivelmente estariam presentes, como resíduos, nos alimentos:

“Sim, porque é importante saber o que comemos e quais as substâncias químicas que existem neles” - **aluno 4**

Contudo, aproximadamente 2% da turma, justificou que o assunto não deve ser abordado, pois na escola não há atividades agrícolas. Esse caso evidencia a importância da seleção do tema

gerador a ser discutido nas aulas, de maneira que se dê preferência àqueles que são diretamente ligados ao cotidiano do aluno (Santos & Schenetzler, 1996).

Cabe destacar, porém, que a escolha do tema gerador se deu justamente em virtude da localização geográfica da escola, de modo que, por hipótese, o tema poderia trazer contextualização à aula. Tendo em vista o pequeno percentual de alunos que discordaram da pertinência do tema, acredita-se que esse não tenha sido um problema estrutural da pesquisa.

Tabela 6: Justificativas dos alunos sobre a aplicação do tema nas aulas de química.

Sim	Porque muitos não têm o conhecimento sobre o assunto	35,7%
	Porque é importante	12,5%
	Para a conscientização das pessoas	12,5%
	Porque é algo sobre química	12,5%
	Porque é importante saber o que está nos alimentos	10,7%
	Por causa dos impactos gerados	8,9%
Não	Porque não há atividades agrícolas na escola	1,8%
Talvez	Não justificaram	5,4%

Fonte: Autores (2019).

Conclusão

Os resultados obtidos apontam que os alunos têm dificuldade em reconhecer na química uma ferramenta para entender e explicar os fenômenos do cotidiano, de forma que tanto o seu aprendizado quanto o enriquecimento de suas habilidades para o exercício da cidadania são comprometidos. Durante a pesquisa, foi verificado que a abertura de espaço, na roda de conversa, para os estudantes opinarem sobre o assunto estimulou o debate e, conseqüentemente, o desenvolvimento do pensamento crítico deles, além de ter sido um método importante para a aproximação entre a pesquisadora e os participantes, considerando que foi o primeiro contato entre eles.

Observou-se, também, uma constante preocupação dos alunos em saber se suas respostas, tanto escritas quanto faladas, estariam ou não corretas, demonstrando a insegurança deles ao expor o ponto de vista sobre o tema. Cabe destacar que, a todo o momento, realizou-se as atividades com o objetivo de debater as diferentes visões sobre o assunto e, dessa forma, promover a tomada de decisão dos participantes, a partir de suas próprias conclusões. Assim, torna-se necessário que o professor promova o rompimento da barreira de passividade dos discentes, com o objetivo de permitir que eles visualizem, discutam e, assim, reflitam sobre os problemas sociais que os cercam, podendo, em alguns casos, propor solução(ões).

Apesar de os participantes da pesquisa não terem o contato com a agricultura, mesmo havendo na região pequenas produções agrícolas, a discussão sobre a temática se mostrou relevante, visto que trouxe à luz informações até então desconhecidas ou incompletas para eles, tanto em relação aos impactos causados pelo uso desses produtos quanto pela dinâmica que apresentam no meio ambiente e nos seres humanos, bem como da importância do uso, apesar dos impactos gerados.

Dessa maneira, verifica-se que a abordagem dos temas sociais ou geradores nas aulas possibilita que os estudantes estejam mais integrados corretamente das questões socioambientais que os rodeiam, direta ou indiretamente, considerando o fato de que a maioria dos adolescentes não costuma acompanhar, com frequência, os veículos de notícias, que são uma das ferramentas importantes de informação para o exercício consciente da cidadania.

A utilização do tema no ensino de química demonstra ser uma alternativa viável, tendo em vista que é possível discutir a dinâmica dos agrotóxicos também a partir de outras propriedades que não foram aqui abordadas – pH e tempo de meia vida – assim como de algumas reações orgânicas, mostrando, dessa maneira, para os alunos o caráter social da ciência e a sua importância para a vida.

Os resultados do questionário avaliativo relacionados à compreensão de algumas propriedades moleculares e a interferência delas no comportamento dos compostos orgânicos poderiam ter sido melhores se houvesse maior tempo para trabalhar os conteúdos. Porém, em virtude da realização de diferentes projetos na instituição, envolvendo toda a comunidade escolar, não foi possível desenvolver as atividades em mais de um dia.

Conclui-se que, para uma maior compreensão dos alunos tanto da aula teórica quanto dos assuntos tratados na roda de conversa, as atividades deveriam ter sido divididas em dois ou mais dias, de acordo com a evolução do grupo. Além disso, com o intuito de informar e conscientizar os demais estudantes sobre o assunto, poderia ter sido realizado, ao final das atividades, um projeto com os participantes da pesquisa, envolvendo toda a comunidade escolar, considerando que o tema também é uma proposta interdisciplinar.

Entretanto, embora tenha havido alguns entraves na execução do trabalho, foi observado a importância desse tipo de contextualização e utilização de ferramentas no ensino de química, sendo essa uma disciplina muito abrangente e de entendimento um tanto complexo para os estudantes.

Referências

Abakerli, Rosângela Blotta, Fay, Elisabeth Francisconi, Rembischevski, Peter, Vekic, Ana Maria, Godoy, Kenia, Maximiliano, Adriana de Araújo, & Bonifácio, Arlindo (2003). Regras para nomenclatura dos nomes comuns dos agrotóxicos. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*. Curitiba, v. 13, p. 29-36. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/15508>.

Albergoni, Leide, & Pelaez, Victor (2007). Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? *Revista de Economia*, v. 33, n. 1, p. 38-39. <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/8546>.

Abubakar, Yusuf, Tijjani, Habibu, Egbuna, Chukwuebuka, Adetunji, Charles Oluwaseun, Kala, Smriti, Kryeziu, Toskë L., Ifemeje, Jonathan C., & Patrick-Iwuanyanwu, Kingsley C., (2020) Pesticides, history, and classification. In: *Natural Remedies for pest, Disease and Weed Control*. Academic Press. p. 29-42. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128193044000038>.

Almeida, Waldemar, Fiúza, José, Magalhães, Cláudio, & Junger, Celso Merola (1985). Agrotóxicos. *Cadernos de saúde pública*. ISSN 1678-4464 versão online. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1985000200008.

Amarante Júnior, Ozelito Possidônio, & Santos, Teresa Cristina Rodrigues dos. (2001). Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*, v. 25, n. 4, p. 589-593. <https://www.scielo.br/j/qn/a/Z9DJG6fy8ZQR79ch8cdxwVP/?lang=pt>.

Balica, Maria Elba de Paula, Silva, Misserlândia Mota da., Silva, Jussara Moraes, Silva Andrade, Lúcia Betânia, & Silva Julião, Murilo Sérgio (2016). Agrotóxicos: uma proposta de abordagem para o ensino aprendizagem de química no ensino médio. *III Congresso Nacional de Educação*, v. 1. <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/20175>.

Bardin, Laurence. (2011). Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70. p. 147-157.

Braibante, Mara Elisa. Fortes., & Zappe, Janessa Aline. (2012). A química dos agrotóxicos. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 1, p. 10-15. http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf.

Brasil. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. (1996). Brasília. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). (2018). Brasil. Guia para elaboração de rótulo e bula de agrotóxicos, afins e preservativos de madeira. <http://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Guia-n-12-2018-Versa%CC%83o-1-Guia-para-Elaborac%CC%A7a%CC%83o-de-Ro%CC%81tulo-e-Bula-de-Agroto%CC%81xicos-Afins-e-Preservativos-de-Madeira.pdf>.

Brasil. Ministério da Saúde (MS). (2014). Brasil. Aplicação espacial de inseticidas. <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/control-de-vetores-inseticidas-e-larvicidas/aplicacao-espacial-de-inseticidas>.

Brasil. Ministério da Saúde (MS). (1992). Brasil. Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992. https://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudeflegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html#:~:text=Classe%20I%20%2D%20Produtos%20Extremamente%20T%C3%B3xicos,Classe%20IV%20%2D%20Produtos%20Pouco%20T%C3%B3xicos.

Brasil. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

Brasil. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. (2002). Brasília. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm.

Brown, Theodore Lawrence (2005). Química, a ciência central. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. p. 375-385.

Cavalcanti, Jaciene Alves, Freitas, Juliano Carlo Rufino, Melo, Adriana Cristina Nascimento, & Freitas Filho, João R. (2010). Agrotóxicos: uma temática para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 31-36. http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_1/07-RSA-0309.pdf.

Chassot, Attico. (1990). A Educação no Ensino de Química. Ijuí: Unijuí. p.31.

Costa, Jaqueline M., & Pinheiro, Nilcéia Aparecida Maciel. O ensino por meio de temas-geradores: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. *Imagens da Educação* ISSN 2179-8427, v. 3, n. 2, p. 37-44, 2013. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/20265>.

Coutinho, Cláudia Flavia Breda & Mazo, Luiz Henrique. (2005). Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1038-1045. <https://www.scielo.br/j/qn/a/yNyGrTWjHPzFMhRxSYFwtSz/?lang=pt>.

Davis, Frederick Rowe. (2019). Pesticides and the perils of synecdoche in the history of science and environmental history. *History of Science*, v. 57, n. 4, p. 469-492.

Freire, Paulo. (1975) *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Freire, Paulo (1996) *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, (Coleção Leitura). p. 47.

Finger, Isadora, & Bedin, Everton. (2019). A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 2, n. 1, p. 8-24. <http://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/9732>.

Gobbo, Silvia Regina. (2016). Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana. Ministério Público Federal. <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da>

[atuacao/projetos/qualidade-da-agua/boletim-das-aguas/artigos-cientificos/uso-do-ddt-um-perigo-eminente-para-a-saude-humana.](#)

Jardim, Isabel Cristina Sales Fontes, Andrade, Juliano de Almeida, & Queiroz, Sonia Claudia do Nascimento de (2009). Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - um enfoque às maçãs. *Química Nova*, v. 32, n. 4, p. 996-1012. <https://www.scielo.br/j/qn/a/j5MZFXpYTWKhQ3GijgKpW6h/abstract/?lang=en&format=html>.

Lima, Ana Laura. (2019). Relatório aponta a importância da polinização para a agricultura brasileira. *Embrapa*. Brasil, 07 fev. News. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/41144724/relatorio-aponta-a-importancia-da-polinizacao-para-a-agricultura-brasileira>.

Mariconi, Francisco de Assis Menezes (1985). Inseticidas e seu emprego no combate às pragas: com uma introdução sobre o estudo dos insetos. 7ª ed. São Paulo: Nobel S.A. v. 1, p. 123-130.

Marques, Marcelita França, Menezes, Giselle Braga, Deprá, Mariana Scaramussa, Delaqua, Geovana Carla Girondi, Hautequestt, Anna Pazini, & Moraes, Maira Coelho Moura de. (2015). Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas. Rio de Janeiro: Funbio. p. 06-12.

Martins, Cláudia Rocha, Lopes, Wilson Araújo, & Andrade, Jailson Bittencourt de. (2013). Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1248-1255. <https://www.scielo.br/j/qn/a/9q5g6jWWTM987mDqVFjnSDp/?lang=pt>.

Menezes, Elen de Lima Aguiar. (2003). Controle biológico de pragas: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas. Seropédica: *Embrapa Agrobiologia*, p. 07-12. ISSN 1517-8498 versão online. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86811/1/doc164.pdf>.

Moraes, Pedro Valério Dutra de, & Rossi, Patrícia (2010). Comportamento ambiental do glifosato. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 9, n. 3, p. 22-35, 2000. <https://e- revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5258>.

Paraná. Secretaria da Saúde do Estado do Paraná (SESA/PR). (2018). Brasil. Intoxicações agudas por agrotóxicos: atendimento inicial do paciente intoxicado. <http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/IntoxicacoesAgudasAgrotoxico>.

Peruzzo, Francisco Miragaia, & Canto, Eduardo Leite do. (2006). Química na abordagem do cotidiano. 4ª ed. São Paulo: Moderna. v. 3. p.107-120.

Pisa, Lloyd Shorai, & Bouwman, Henk. (2020). The dynamics of DDT in indoor residual sprayed homes in South Africa. *International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications*, v. 2, n. 2, p. 64-73. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijeska/issue/56336/778945>.

Rodrigues, Leonardo. (2012). Estudo de agrotóxicos usados em agricultura através da técnica de difração de raios x. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear)- COOPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. p. 6-7. http://antigo.nuclear.ufri.br/MSc%20Dissertacoes/2012/dissertacao_Leonardo.pdf.

Sá, Pablo Cleyton Coelho de. (2017). Uma proposta para o ensino de química através de uma abordagem CTSA: uma sequência didática para o tema “Posto de Combustíveis”. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)- Universidade Federal do Maranhão, São Luís. <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/1440>.

Santos, Cibele F. dos., Oliveira, Murilo C. D. S., Miranda, Roberto, Fernandes, Thiago H. S., & Barboza, Luciana Caixeta (2011). O ensino de química relacionado ao cotidiano do aluno. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, v. 34. <http://sec.sbgq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T0042-2.pdf>.

Santos, Wildson Luiz Pereira dos, & Schnetzler, Roseli Pacheco (1996). Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão. *Química Nova na Escola*, v. 4, n. 4, p. 28-34. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/pesquisa.pdf>.

Santos, Wildson Luiz Pereira dos, & Schnetzler, Roseli Pacheco. (2003). Educação em química: compromisso com a cidadania. 3ª ed. Ijuí: Unijuí.

Santos, José Carlos Oliveira, Viana, Marcelo Rodrigo Silva, & Fonseca, Lays Liliane Silva Araújo (2021). Study of pesticides in the environmental chemical education. *International Journal of Development Research*, v. 11, n. 3, p. 45345-45348. <https://doi.org/10.37118/ijdr.21352.03.2021>.

Soares, Diogo, Silva, Liliana, Duarte, Sofia, Pena, Angelina, & Pereira, André. (2021). Glyphosate Use, Toxicity and Occurrence in Food. *Foods*, v. 10, n. 11, p. 2785. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2785>.

Solomons, T. W. Graham. (2012). Química orgânica. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC. v. 1. p. 57-62.

Sperb, Paula. (2019). Laudo mostra que agrotóxicos causaram a morte de milhões de abelhas. *Folha de São Paulo*. Brasil, 24 de jul. Ambiente. <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/07/laudo-mostra-que-agrotoxicos-causaram-morte-de-milhoes-de-abelhas.shtml>.

Szymanski, Heloísa, Almeida, Laurinda Ramalho, & Prandini, Regina Célia Almeida Rego. (2010). A entrevista na educação: a prática reflexiva. 3ª ed. Brasília: Liber Livro Editora. v.4. p. 63-85.

Tomita, Rúbia Yuri, & Beyruth, Zuleika (2002). Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. *Biológico*, v. 64, n. 2, p. 135-142. http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v64_2/tomita.pdf.

Tooge, Rikardy. (2019). Por que a produção de alimentos depende tanto de agrotóxicos? *Globo.com*, G1. Brasil, 07 out. Agro. <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/10/07/por-que-a-producao-rural-depender-tanto-de-agrotoxicos.ghtml>.

Vasconcelos, Yuri. (2018). Agrotóxicos na berlinda. *Pesquisa FAPESP*, ed. 271, p. 18-27. https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2018/09/018-027_CAPA-Agrot%C3%B3xicos_271-1.pdf.

Veiga, Márcia S. Mendes, Quenenhenn, Alessandra, & Cargnin, Claudete. (2012). O ensino de química: algumas reflexões. *Jornada de Didática*, v. 1. <http://www.uel.br/eventos/jornadadidatica/pages/arquivos/O%20ENSINO%20DE%20QUIMICA.pdf>.