

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA - UFRJ  
LICENCIATURA EM QUÍMICA  
**KARINA FALZ LEANDRO VIEIRA**

**AGROTÓXICOS E ABORDAGEM CTSA:** uma proposição  
pedagógica para o ensino de química no nível médio integrada à perspectiva da  
educação ambiental

RIO DE JANEIRO

2025

Karina Falz Leandro Vieira

**AGROTÓXICOS E ABORDAGEM CTSA: uma proposição  
pedagógica para o ensino de química no nível médio integrada à perspectiva da  
educação ambiental**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, na modalidade EAD, do Instituto de Química - IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

**Área de Concentração:** Ensino de Química

**Orientadoras:**

Prof<sup>a</sup> Dra. Priscila Tamiasso Martinhon

Prof<sup>a</sup> Dra. Angela Sanches Rocha

RIO DE JANEIRO

2025

**KARINA FALZ LEANDRO VIEIRA**

**AGROTÓXICOS E ABORDAGEM CTSA: uma proposição pedagógica  
para o ensino de química no nível médio integrada à perspectiva da educação  
ambiental**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, na modalidade EAD, do Instituto de Química - IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Aprovado em 09 de janeiro de 2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Dra. Priscila Tamiasso Martinhon (orientadora)  
DFQ/IQ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Grazieli Simões  
DFQ/IQ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fábio Ferreira Barroso  
SEEDUC RJ

Prof. Me. Adriane Elise Maia  
CEDERJ

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico ao longo desta jornada. Sem o apoio de vocês, esta conquista não seria possível.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Sem o apoio e suporte de cada um de vocês, esta conquista não seria possível.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, à minha família e colegas de curso, especialmente Isabel Rebello e Luíza Dubauskas, que estiveram ao meu lado durante esses anos, compartilhando conhecimentos, trocando experiências e enfrentando desafios juntos. Vocês foram uma fonte constante de inspiração e motivação.

Agradeço a Leomar Baptista, mestre em diversidade e inclusão, sua expertise e conselhos foram muito importantes para a concretização deste projeto.

Gostaria de expressar minha gratidão às minhas orientadoras, Professora Dra Priscila Tamiasso Martinhon e Professora Dra Angela Sanches Rocha, pelo tempo dedicado, pela orientação precisa e valiosa ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições foram essenciais para o aprimoramento e conclusão do mesmo.

Agradeço também a instituição de ensino, por fornecer os recursos necessários, o acesso à biblioteca e aos laboratórios, bem como pela formação de qualidade que recebi ao longo do curso.

Por fim, quero expressar minha gratidão a todas as pessoas que, de alguma forma, me apoiaram, encorajaram e ajudaram ao longo dessa jornada acadêmica. Seja através de palavras de incentivo, auxílio nas pesquisas ou momentos de descontração, cada gesto foi significativo e deixou uma marca em minha trajetória.

A todos vocês, meu profundo agradecimento. Este trabalho não é apenas meu, é também de todos que fizeram parte desta caminhada ao meu lado. Sou imensamente grata pela oportunidade de aprender e crescer com cada um de vocês.

Muito Obrigada!

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

## RESUMO

VIEIRA, Karina Falz Leandro Vieira. Agrotóxicos, Educação Ambiental e Abordagem CTSA. Orientadoras: Priscila Tamiasso-Martinhon; Angela Sanches Rocha. 173 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Um dos diversos problemas que enfrentamos quando se trata do meio ambiente é a utilização de agrotóxicos na agricultura como forma de controle ou erradicação de pragas e, consequente aumento na produção de alimentos. Os efeitos negativos desses produtos químicos, é cada vez mais evidentes sobre o meio ambiente e sobre a nossa saúde. Segundo um estudo feito pela Embrapa, o agro brasileiro é responsável por alimentar 800 milhões de pessoas no mundo e esse número poderá aumentar nos próximos anos. Uma coisa é certa, o mundo precisa comer, porém até que ponto podemos utilizar os agrotóxicos de modo a não prejudicar à natureza, da qual dependemos, e manter a segurança alimentar do planeta? A educação ambiental é fundamental para o desenvolvimento e formação de cidadãos conscientes e engajados na preservação do meio ambiente. Através dela, a sociedade pode reconhecer o problema referente aos usos indiscriminados dos agrotóxicos, pode adotar práticas agrícolas menos agressivas, e tomar ações responsáveis e mais sustentáveis, menos prejudiciais a natureza. Para integrar esses temas, utilização de agrotóxicos e educação ambiental, recorremos à abordagem CTSA. Essa abordagem é capaz de integrar diversos tipos de temas proporcionando reflexão crítica sobre o papel da ciência e tecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente. Desse modo, nosso trabalho tem como objetivo fornecer ao professor da educação básica uma proposta de sequência didática para ser aplicada a alunos do ensino médio, que aborda o tema dos agrotóxicos com foco na educação ambiental e reforça o conteúdo de funções orgânicas.

**Palavras-chave:** Agrotóxicos. Educação Ambiental. Abordagem CTSA.

## ABSTRACT

VIEIRA, Karina Falz Leandro Vieira. Pesticides, Environmental Education and CTSA Approach. Advisors: Priscila Tamiasso-Martinhon; Angela Sanches Rocha. 173 f. Completion of course work (Bachelor in Chemistry) – Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

One of the many problems we face when it comes to the environment is the use of pesticides in agriculture as a way to control or eradicate pests and, consequently, increase food production. The negative effects of these chemicals on the environment and our health are increasingly evident. According to a study conducted by Embrapa, Brazilian agriculture is responsible for feeding 800 million people worldwide, and this number could increase in the coming years. One thing is certain: the world needs to eat, but to what extent can we use pesticides without harming nature, on which we depend, and maintaining food security for the planet? Environmental education is essential for the development and education of conscious citizens who are committed to preserving the environment. Through it, society can recognize the problem of the indiscriminate use of pesticides, adopt less aggressive agricultural practices, and take responsible and more sustainable actions that are less harmful to nature. To integrate these themes, the use of pesticides and environmental education, we use the CTSA approach. This approach is capable of integrating different types of themes, providing critical reflection on the role of science and technology in society and the environment. Thus, our work aims to provide basic education teachers with a proposed didactic sequence to be applied to high school students, which addresses the topic of pesticides with a focus on environmental education and reinforces the content of organic functions.

**Key words:** Pesticides. Environmental education. CTSA approach.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Esquema da educação problematizadora. Estratégias de ensino-aprendizagem, página 10. 32 ed. 2012.....	34
Figura 2 - Classificação toxicológica utilizada nos rótulos de agrotóxicos de acordo com a toxicidade aguda.....	62
Figura 3 - Classificação ambiental.....	63
Figura 4 - Fórmula estrutural do dicloro-difenil-tricloroetano (DDT).....	64
Figura 5 - Fórmula estrutural do tetraetilpirofosfato (TEEP).....	65
Figura 6 - Fórmula estrutural do tetraetilpirofosfatodo ácido carbâmico.....	66
Figura 7 - Molécula do glifosato.....	83
Figura 8 - Estrutura química do glifosato.....	99
Figura 9 - Roundup, agrotóxico utilizado como herbicida.....	100
Figura 10 - Agente laranja no Vietnã.....	101
Figura 11 - Aplicação de agrotóxico na cultura.....	109
Figura 12 - Alimentos contaminados.....	109
Figura 13 - Agente laranja no Vietnã.....	110
Figura 14 - Roundup, agrotóxico utilizado como herbicida.....	111
Figura 15 Fórmula do glifosato.....	111

## **LISTA DE QUADROS**

Página

Quadro 1 - Competências e habilidades da BNCC..... 11

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CEDERJ – Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

CF – Constituição Federal

CM – Currículo Mínimo

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

C&T – Ciência e Tecnologia

DDA - Discente~Docente~Aprendente

DDT - Dicloro-difenil-tricloroetano

EPI – Equipamentos de Proteção Individual

FAO – Food and Agriculture Organization

HCB - Hexaclorobenzeno

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INCA – Instituto Nacional do Câncer

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

OC – Organoclorados

OF - Organofosforados

OMS – Organização Mundial da Saúde

PARA – Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN + – Parâmetros Curriculares Nacionais +

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental

POP – Poluentes Orgânicos Persistentes

TEEP – Tetraetilpirofosfato

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

ZDP - Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

	Página
<b>PRELÚDIO.....</b>	<b>06</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>08</b>
1.1 Justificativa.....	10
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2.3 Objetivos Colaterais.....	13
<b>2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....</b>	<b>15</b>
2.1 O QUE DIZ A LEGISLAÇÃO.....	16
2.2 Ações Conjuntas.....	20
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EPISTEMOLÓGICA.....</b>	<b>23</b>
3.1 Abordagem pedagógica progressista e crítica.....	25
3.2 Abordagem filosófica e crítica.....	37
3.3 Abordagem CTSA.....	41
3.4 Avaliação da aprendizagem escolar.....	51
<b>4 AGROTÓXICOS.....</b>	<b>60</b>
4.1 Definição.....	61
4.2 Histórico.....	68
4.3 Produção e emissão.....	69
4.4 Mecanismos de ação e efeitos tóxicos.....	70
<b>5 AGROTÓXICOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....</b>	<b>73</b>
<b>6 REFLEXÕES DISCENTE~DOCENTE~APRENDENTE.....</b>	<b>79</b>
<b>7 METODOLOGIA.....</b>	<b>81</b>
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>9 CONCLUSÃO.....</b>	<b>88</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	89
<b>APÊNDICE A MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL.....</b>	96
<b>APÊNDICE B MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL.....</b>	107
<b>APÊNDICE C MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL.....</b>	114
<b>ANEXO PRODUÇÕES BIBLIOGRÁFICAS EM EVENTOS CIENTÍFICOS.....</b>	116

## PRELÚDIO

Por volta do ano de 2010, junto com meu marido, comecei a cultivar Adenium, a popular Rosa do Deserto. A planta ainda não era moda nacional e muito dos trabalhos e livros que encontrávamos a respeito dessa planta estavam em indonésio ou tailandês, o Google tradutor virou nosso amigo íntimo. Algum tempo depois ingressei no curso de Licenciatura em Química pelo CEDERJ/UFRJ, a ideia original era ingressar em um curso de Engenharia Química, mas como passei para licenciatura, decidi seguir as setas da vida, a tal da sincronicidade de Carl Jung. No segundo ano de graduação ingressei em um programa que julgo ser fundamental para qualquer indivíduo que pretenda fazer licenciatura: PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, onde permaneci por dois anos. Foi enriquecedor! Nesse Programa, nós somos orientados por supervisores a planejar e aplicar atividades em sala de aula com base em referenciais teóricos pedagógicos, apresentar os resultados de nossas propostas didáticas, escrever artigos, como publicá-los e apresentá-los em Congressos e Jornadas. Todo futuro professor entra na graduação com um sonho: o de ensinar. Porém, no decorrer do curso não temos noção das dificuldades que serão enfrentadas no futuro, os estágios supervisionados não mostram a situação da realidade da vida, com o PIBID eu vislumbrei um pouquinho das dificuldades enfrentadas no cotidiano escolar. Numa dessas, eu e outros bolsistas, planejávamos utilizar a sala de informática para desenvolver atividades mais atraentes para os alunos. Com autorização da direção da escola e do supervisor, levei meu marido a escola e juntos colocamos os computadores desmontados pronto para uso em meio dia. Nossa alegria durou pouco, um funcionário da escola denunciou a benfeitoria e rapidamente apareceu um responsável da área de tecnologia da secretaria do Estado, na semana seguinte não tínhamos mais os computadores. *C'est la vi...* Refizemos nossas propostas e continuamos tocando o programa. Sem a tecnologia, a criatividade floresceu, desenvolvemos atividades incríveis que foram de modelos atômicos de gelatina e isopor até centrífuga feita com ventilador velho. Essa experiência me fez refletir que nem sempre temos os recursos ou as ferramentas que desejamos, e que é possível se reinventar. E as vezes até temos, mas nem sempre está disponível para uso, sobretudo se a escola é grande e todos querem usar o mesmo recurso. A proposta de sequência didática que eu lhes apresentarei nesse trabalho tem relação com a minha experiência com as Rosas do Deserto e com minha experiência no PIBID. Do meu trabalho com flores ornamentais, surgiu a ideia de ensinar aos alunos sobre os produtos químicos implicados na agricultura e do PIBID, a ideia de simplificar o método. Minha proposta é fornecer ao professor de química uma sequência

didática que aborde o assunto agrotóxicos dentro do conteúdo de funções orgânicas relacionando ambos com a educação ambiental e utilizando para isso, a abordagem CTSA. .Eu quero mostrar a você, caro professor, que é possível elaborar uma atividade incrível com poucos recursos e com bons resultados.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos diversos problemas que enfrentamos quando tratamos do meio ambiente é a utilização de agrotóxicos na agricultura, no mundo inteiro. Os agrotóxicos são substâncias químicas usadas na agricultura para o controle de doenças e pragas e consequente aumento de produtividade. No entanto, os efeitos do seu uso de forma indiscriminada ou inadequada interferem diretamente na qualidade de vida dos seres humanos e causam danos ao meio ambiente (BASSO et al., 2021).

Contaminação de lençóis freáticos e contaminação do solo por deriva ou descarte inadequado de embalagens de pesticidas, volatilização dos compostos e impactos em organismos não alvo da substância, intoxicação de produtores e trabalhadores rurais e contaminação de alimentos, são apenas alguns dos problemas que decorrem do uso desses produtos químicos. Uma coisa é certa, o mundo precisa comer, porém, até que ponto podemos utilizar os defensivos agrícolas de modo a não prejudicar a natureza, da qual dependemos, e manter a segurança alimentar do planeta (BELCHIOR et al., 2014; BOTELHO et al., 2020).

O tema é controverso, pois ao mesmo tempo em que a utilização de agrotóxicos é necessária para manter a produtividade dos alimentos, a sua utilização também possui efeitos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana. A educação ambiental pretende conscientizar as pessoas sobre os riscos da utilização desses produtos químicos de forma excessiva e colaborar para a tomada de consciência do problema, permitindo que os indivíduos possam agir para minimizar os impactos ambientais (ARNALDO; SANTANA, 2018).

A abordagem CTSA afirma que ciência e tecnologia são necessárias para compreender a sociedade e o meio ambiente. Nessa abordagem são incorporadas questões sociais, políticas e ambientais capazes de promover o diálogo a respeito do tema, incentivando o pensamento crítico e ajudando na tomada de decisão. Com essa abordagem, os professores dão aos alunos a oportunidade de investigar os problemas reais e atuais relacionados ao uso de produtos químicos e permite que os discentes desenvolvam possíveis soluções (COSTA; SANTOS, 2015).

Ao considerar a realidade, promovendo discussões e sugerindo ações, essa abordagem permite a aproximação da ciência com o cotidiano do aluno, tornando-o um cidadão ativo e participativo na sociedade. Formado o cidadão crítico e participativo, este estará preparado e se engajará na luta pela preservação do meio ambiente.

Segundo a BNCC (Brasil, 2018, p. 463), a escola deve proporcionar aos alunos do ensino médio, experiências que lhes permitam desenvolver conhecimentos necessários para que possam fazer uma leitura da realidade, para que possam tomar decisões éticas e fundamentadas. A partir dessas questões, a reflexão sobre o diálogo que se desenvolve destaca a importância de formar indivíduos autônomos, cuja formação seja enriquecida por experiências passadas e fundamentadas em um conhecimento químico prévio.

Essa formação visa capacitar os cidadãos a tomarem decisões críticas em cenários desafiadores relacionados ao uso de agrotóxicos. Assim, por meio desse tema gerador, buscamos com essa proposta, promover uma iniciativa para despertar o interesse dos discentes pela aprendizagem de química através de uma visão crítica acerca dessas substâncias na sociedade atual.

Dentro da perspectiva Discente~Docente~Aprendente, em que o professor é um constante aprendiz, nosso trabalho apresenta uma sequência didática que busca levantar discussões e reflexões sobre a contextualização dos agrotóxicos inserido no ensino de química por meio da Educação Ambiental.

Nossa proposta com esse trabalho é oferecer ao professor uma proposta de sequência didática que possa ser aplicado em turmas de 3º ano do ensino médio, que aborde o conteúdo de funções orgânicas relacionado aos agrotóxicos, em contexto de educação ambiental. Com essa proposta esperamos levantar discussões e reflexões sobre a contextualização do uso de agrotóxicos na agricultura, especialmente no que diz respeito aos impactos decorrentes da aplicação inadequada e as consequências ambientais, introduzindo o conteúdo relacionado às funções orgânicas por meio dessa temática, destacando os principais grupos químicos presentes nos agrotóxicos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No meio ambiente, cada ser vivo busca atender às suas necessidades fundamentais para a sobrevivência e a perpetuação da espécie, principalmente. O homem enfrenta desafios ambientais, porém, graças à sua inteligência, consegue superar obstáculos e influenciar o meio em que vive. Portanto, é crucial informar as pessoas sobre as interações no universo e possíveis consequências de suas ações (CARRARO, 1997).

A educação desempenha um papel essencial ao conscientizar os indivíduos sobre a realidade humana e levá-los a assumir responsabilidades, a melhoria da qualidade de vida está intrinsecamente ligada à harmonia entre o homem e a natureza, implicando mudanças nos hábitos individuais. A educação ambiental vai além do ambiente físico, busca promover uma mudança comportamental e não deve ser encarada como uma disciplina isolada das demais, pois ela permeia todas as áreas do conhecimento relacionando-as à vida humana. Ao abordar problemas de forma interdisciplinar e integrar a comunidade, a Educação Ambiental busca soluções (ARNALDO; SANTANA, 2018).

Seara Filho, citado por Carraro (1997), diz que a dominação irracional do homem sobre a natureza e a exploração desenfreada dos recursos naturais é um risco para a sobrevivência da humanidade e propõe uma nova consciência ecológica e uma postura ética diante da natureza.

Nesse contexto, a Educação Ambiental surge não como uma disciplina isolada, mas como um conjunto de práticas educacionais cujo objetivo é inserir uma nova consciência ecológica em todas as disciplinas do currículo escolar, não apenas transmitindo conhecimentos sobre meio ambiente, mas também promovendo mudanças de comportamento, determinação para a ação e busca de soluções para os problemas da sociedade contribuindo para a formação crítica e consciente do cidadão.

Diante dessa realidade, é fundamental questionar as causas dos problemas ambientais, considerando o modo de produção e a aplicação da ciência e da tecnologia. O papel do docente não deve se limitar aos muros da escola, ele deve agir como um explorador do seu entorno, é tornar-se um pesquisador hábil, compreendendo os aspectos do seu ambiente (CARRARO, 1997).

A realização de um debate de ideias sobre os agrotóxicos é uma atividade relevante e atual, que permite aos alunos compreenderem a complexidade do tema e desenvolverem habilidades de argumentação e expressão oral. A discussão sobre os agrotóxicos envolve questões ambientais, de saúde pública, econômicas e sociais, o que estimula o pensamento

crítico dos estudantes e os torna conscientes dos impactos do uso desses produtos na sociedade e no meio ambiente.

Dessa maneira, ao abordar o tema dos agrotóxicos, é possível perceber a vasta complexidade apresentada e proporcionar uma visão contextualizada, cidadã e sustentável, já que, no estudo dessa temática é possível evidenciar a importância da utilização responsável desses produtos químicos.

Segundo a BNCC (2018, p.550), as competências propostas para o ensino médio devem explorar situações-problema que envolvam a melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade de qualquer tipo, entre outras, além disso que o aluno seja capaz de avaliar os impactos da tecnologia e sua implicação com os recursos naturais. Destacamos abaixo, no quadro 1, algumas das competências e habilidades que tem relação com os objetivos da nossa proposta de sequência didática:

#### **Quadro 1 – Competências e Habilidades da BNCC.**

Competência 1	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BNCC, 2018, p. 554).
Habilidades	(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis (BNCC, 2018, p. 555).
	(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida (BNCC, 2018, p. 555).
Competência 2	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (BNCC, 2018, p. 556).
Habilidades	(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta (BNCC, 2018, p. 557).

Competência 3	Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (BNCC, 2018, p. 558).
	(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neuro tecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (BNCC, 2018, p. 559).
Habilidades	(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos. (BNCC, 2018, p. 559).

Fonte: Elaboração própria.

Nosso objetivo, portanto, com base na BNCC, é conscientizar os estudantes sobre os impactos do uso dessas substâncias de forma indiscriminada, promovendo uma abordagem crítica que seja capaz de influenciar as escolhas do dia a dia e que contribua para uma vida mais consciente e responsável em relação aos agrotóxicos.

## 1.2 OBJETIVOS

Nosso objetivo é fornecer ao professor da educação básica uma proposta de sequência didática com o tema “Agrotóxicos”, que permita o ensino do conteúdo curricular “Funções Orgânicas” e viabilize a Educação Ambiental. Ampliar o conhecimento dos alunos sobre a temática dos agrotóxicos, promover uma reflexão crítica sobre as escolhas relacionadas ao uso desses produtos químicos e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis na agricultura. A proposta foi planejada para ser desenvolvida com alunos do 3º ano do Ensino Médio para atender os objetivos da BNCC.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Fornecer ao professor de Química uma proposta de sequência didática, para o 3º ano do Ensino Médio” com o tema “Agrotóxicos”, que facilite a aprendizagem da Educação Ambiental e das Funções Orgânicas. E que os alunos compreendam a relação entre o uso de agrotóxicos e a sustentabilidade ambiental, refletindo sobre os diferentes pontos de vista e as32 influências da cultura, sociedade e meio ambiente nas escolhas relacionadas ao uso de agrotóxicos.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Fornecer um material de apoio e estudo sobre os agrotóxicos para os professores do ensino básico;
- Reconhecer as Funções Orgânicas dos principais agrotóxicos que são utilizados na agricultura de modo geral;
- Fornecer proposta capaz de ampliar o conhecimento dos alunos sobre a temática dos agrotóxicos e que possa ser aplicada em turmas de 3º ano do ensino médio atendendo aos objetivos da BNCC;
- Analisar os riscos ambientais envolvidos no uso excessivo de agrotóxicos;
- Identificar diferentes perspectivas e opiniões acerca do uso de agrotóxicos;
- Refletir sobre as influências culturais, sociais e ambientais na decisão de utilizar agrotóxicos na agricultura;
- Desenvolver habilidades de argumentação e expressão oral ao participar do debate de ideias sobre os agrotóxicos;
- Promover a reflexão crítica sobre o uso dos agrotóxicos e incentivar a adoção de práticas ambientais sustentáveis.

### 1.2.3 Objetivos Colaterais

- Estimular a pesquisa e a leitura de artigos sobre o tema;
- Promover a capacidade de trabalhar em grupo e colaborar na elaboração de perguntas e respostas;
- Incentivar a reflexão individual e a anotação de ideias, dúvidas e questionamentos;
- Promover a consciência ambiental e a busca por alternativas sustentáveis na agricultura;

- Estimular a participação ativa da comunidade na discussão sobre o uso de agrotóxicos e na busca por práticas mais sustentáveis na produção e consumo de alimentos.

## 2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O agronegócio brasileiro apresenta alta produtividade, o que resulta em um considerável consumo de agrotóxicos. No entanto, a utilização inadequada ou excessiva desses produtos químicos contribui para o surgimento de resistência em pragas, exigindo mais recursos financeiros e humanos para o desenvolvimento de novos produtos químicos mais eficazes. Além disso, os agrotóxicos contaminam rios e solos, representando um risco para animais e seres humanos. Essas substâncias estão presentes em nosso cotidiano e têm impacto direto em nossa qualidade de vida (BELCHIOR et al., 2014; BORSOI et al., 2014; BOTELHO et al., 2020; BASSO et al., 2021).

Para combater os problemas causados pelos agrotóxicos, é fundamental promover a conscientização e educação sobre os impactos negativos dessas substâncias, tanto entre os agricultores quanto na sociedade em geral. Indivíduos podem adotar práticas agrícolas sustentáveis, como a agricultura orgânica, o uso de métodos naturais de controle de pragas e diversificação de culturas (BARBIERI; SILVA, 2011).

Além disso, é crucial incentivar políticas públicas que restrinjam ou regulem o uso de agrotóxicos, priorizando a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis. Essas políticas devem apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de alternativas aos agroquímicos, como biopesticidas e técnicas de manejo integrado de pragas.

A sociedade como um todo pode contribuir por meio do consumo consciente, dando preferência a alimentos orgânicos e apoiando produtores locais que adotem práticas sustentáveis. A pressão popular e o ativismo também são importantes para sensibilizar governos, empresas e a população em geral sobre os riscos e perigos dos agrotóxicos e a importância da preservação do meio ambiente (BORSOI et al., 2014).

Os desafios enfrentados pela humanidade hoje, especialmente aqueles relacionados à questão ambiental, não podem ser subestimados. Os impactos das ações irresponsáveis do homem já estão sendo claramente percebidos e diante desse cenário, é imperativo que façamos uma pausa, reflitamos sobre a situação e busquemos alternativas para reverter esse quadro. A escola se apresenta como um espaço crucial para a realização de estudos sobre Educação Ambiental, e esse é um dos objetivos centrais desta produção didática.

A finalidade da Educação Ambiental, segundo a UNESCO é que a população mundial se torne consciente, que se preocupe com o meio ambiente, que tenha conhecimento e competências, motivações e sentido de empenho, de modo que trabalhem individual e coletivamente para proteger o meio ambiente, resolvendo os problemas que temos atualmente e impedindo que esses problemas venham a se repetir no futuro (Carta de Belgrado após Conferência do Meio Ambiente, 1975, p.2).

Explorar os tópicos da disciplina de química por meio de temas diretamente vinculados ao cotidiano dos alunos, como por exemplo o assunto “Agrotóxico” contribuirá para o processo de ensino-aprendizagem atinja seus objetivos fundamentais: a formação de cidadãos críticos e conscientes, preparando-os para refletir e intervir de maneira eficaz em sua própria realidade.

Sugerir uma reflexão mais aprofundada sobre os interesses econômicos subjacentes à utilização dessas substâncias químicas e as possíveis catástrofes ambientais que estão em curso é essencial. Com esse trabalho, nossa expectativa é que tenhamos a oportunidade de abordar as questões ambientais ligadas aos pesticidas, cumprindo assim um papel importante da escola que é formar indivíduos que se reconheçam como agentes ativos na sociedade, dotados do conhecimento necessário para intervir de maneira informada e responsável.

Segundo Barbiere e Silva (2011), melhorar as relações entre os seres humanos e a natureza e tornar a população mundial consciente, motivada, preocupada e compromissada com o meio ambiente e com os problemas relacionados a ele, pode melhorar as relações ecológicas, promover soluções e prevenir problemas futuros.

Em suma, a preservação do meio ambiente em relação a esses produtos químicos exige uma abordagem abrangente, envolvendo ações individuais e coletivas. A conscientização, a adoção de práticas sustentáveis na agricultura, o apoio a políticas públicas e o consumo responsável são alguns dos caminhos para mitigar os danos causados pelos agrotóxicos e promover a sustentabilidade ambiental. Neste capítulo falaremos sobre a legislação brasileira com relação à educação ambiental (2.1) e ações que podem ser tomadas com relação ao meio ambiente (2.2).

## 2.1 O QUE DIZ A LEGISLAÇÃO

Quando falamos de Educação Ambiental, entendemos que se trata de um processo educativo que leva a materialização de valores éticos e regras políticas de convívio social que

implicam a questão entre os benefícios e prejuízos da apropriação e do uso da natureza (CARVALHO, 2004, citado por SORRENTINO et al., 2005). Mas quem define que valores se quer criar ou resgatar por meio da educação ambiental? Para que demandas como essa, necessárias à sociedade, sejam atendidas é preciso que sejam elaboradas e desenvolvidas políticas públicas que demandem a participação social (HOFLING, 2001, citado por ARNALDO et al., 2018).

Desde a criação da Constituição Federal de 1988, o Estado se tornou protagonista no papel de garantidor dos direitos sociais e individuais fundamentais dos cidadãos brasileiros, além de promotor de políticas públicas que proporcionam o bem de todos. Para garantir direitos e proporcionar o bem, o Estado se vale das leis, que visam dar norte a sociedade e estabelecer o que cada pessoa pode ou não fazer para que se mantenha a ordem, o bem comum e os valores coletivos.

Os valores que se quer difundir quanto a questão ambiental são definidos por políticas públicas que representam a organização da ação do Estado para a solução de um problema ou para atender uma demanda específica da sociedade, no caso, preservar o meio ambiente para as futuras gerações. Entenda que a organização da ação do Estado se dá pela elaboração de leis (SORRENTINO et al., 2005, citado por ARNALDO, 2018).

A CF de 88, inciso VI do § 1º do art. 225, diz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, que o meio ambiente é um bem comum e essencial ao povo e que ao poder público lhe é imposto o dever de preservá-lo e defendê-lo. Para tanto, é necessário que se conscientize a população em todos os níveis de educação:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

Ainda no inciso IV, do art. 225, a CF nos diz que para assegurar que todos tenham direito a um ambiente saudável e equilibrado, a Educação Ambiental deve ser promovida em todos os níveis de ensino, além da promoção da conscientização que todos devemos preservar o meio ambiente.

Assim, ao Poder Público, o Estado, cabe a promoção de políticas públicas que serão adotadas para a educação, conscientização e preservação do meio ambiente. As políticas públicas podem ser consideradas como um conjunto de ações que tem o propósito de

“promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”.

Para a promoção da educação ambiental, que visa a preservação do meio ambiente pelo cidadão, foi criada a lei nº 9795/99, PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental, que “dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental”:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

[...]

Art. 3º Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental, incumbindo:

I - Ao Poder Público, nos termos dos artigos 205 e 225 da Constituição Federal, definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

II - Às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;

[...]

VI - À sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais.

No artigo supracitado, a PNEA diz que na educação em geral e na educação escolar devem ser produzidos e divulgados materiais educativos e que os professores devem ser formados, capacitados e atualizados para atender a demanda educacional, seja nas escolas públicas ou privadas, federais, estaduais ou municipais.

No Estado do Rio de Janeiro, a Lei Estadual 3.325 de 17 de dezembro de 1999, diz:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos através dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, interesse ativo e competência voltados para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação estadual e nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

Art. 3º Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental:

[...]

II - Às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;

No âmbito municipal, temos a lei 4.791 de 02 de abril de 2008 que dispõe sobre o sistema municipal de educação ambiental, que no seu Art. 2º diz que a educação ambiental é um processo contínuo e transdisciplinar que visa o desenvolvimento da consciência dos

indivíduos para as questões ambientais, ou seja, novamente vimos que a educação ambiental é um componente essencial e permanente em todos os níveis da federação.

[...]

Art. 2º Para os fins e objetivos desta Lei, define-se Educação Ambiental como um processo contínuo e transdisciplinar de formação e informação, orientado para o desenvolvimento da consciência sobre as questões ambientais e para a promoção de atividades que levem à participação das comunidades na preservação do patrimônio ambiental, sendo um meio de promover mudanças de comportamentos e estilos de vida, além de disseminar conhecimentos e desenvolver habilidades rumo à sustentabilidade.

Art. 3º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação municipal, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal.

Art. 4º A implantação e gestão do Sistema Municipal de Educação Ambiental atenderão aos objetivos fundamentais da Política Municipal de Educação Ambiental, além daqueles estabelecidos na legislação federal e estadual.

[...]

Podemos observar, então, que em todos os âmbitos da federação, as políticas públicas, afirmam a importância da educação ambiental e a necessidade de que seja desenvolvida de modo formal (nos estabelecimentos de educação) ou informal (fora dos estabelecimentos de ensino), de forma interdisciplinar, permitindo que o indivíduo associe o conhecimento ambiental ao seu cotidiano.

Além das leis citadas anteriormente, relacionadas à educação ambiental em si, existem no Brasil muitos outros regulamentos e normas que abrangem áreas específicas, que visam proteger o meio ambiente incluindo monitoramento ambiental, como gestão da água, resíduos perigosos, gestão de proteção de espécies ameaçadas de extinção, entre outras. Em nosso país, o órgão responsável por cuidar da natureza, emitindo licenças e autorizações para exploração de recursos naturais se chama IBAMA.

O monitoramento ambiental feito pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – além de emitir licenças e autorizações, visa fiscalizar e aplicar multas em caso de infrações ambientais. É uma autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente que tem como principal função a gestão e a proteção do meio ambiente, além de fomentar diretrizes para elaboração de programas de educação e conscientização ambiental.

Ao criar leis e órgãos responsáveis por fiscalizar os recursos naturais, o Estado protege o meio ambiente e garante que esses recursos sejam usados de maneira sustentável e responsável, e protege a saúde dos indivíduos já que regulam o uso de substâncias tóxicas, como os agrotóxicos, por exemplo. Além de garantir a preservação da biodiversidade

protegendo fauna e flora ameaçadas de extinção, ocorre a responsabilização de empresas e pessoas que porventura não estejam trabalhando ou contribuindo para proteger o meio ambiente.

Portanto, a Educação Ambiental surge como um conjunto de práticas educacionais e não como uma disciplina necessariamente, definidas pelo Estado, com o objetivo de imprimir no indivíduo a consciência ecológica e deve estar presentes em todas as disciplinas do currículo escolar. Seu objetivo não é apenas fornecer conhecimento sobre a natureza ou o meio ambiente, mas também mudar o comportamento das pessoas para que elas tomem ações conscientes e busquem soluções para os problemas de caráter socioambiental. Para preservar o nosso meio é necessário mais consciência e responsabilidade social.

## 2.2 AÇÕES CONJUNTAS

Mesmo que o Estado crie leis ambientais e canais que permitam a fiscalização e responsabilização pelo não cumprimento das leis, ainda existem parcelas da população que não as respeitam, indivíduos, grupos, empresas e indústrias, por exemplo. Para Ennes (2015), indivíduos e grupos ou comunidades, têm a percepção de que os recursos naturais são infinitos e renováveis e desse modo não cuidam do meio ambiente como deveriam. As empresas e indústrias nem sempre são abrangidas pelo trabalho do IBAMA, sem a fiscalização adequada e com o pensamento capitalista de que o cuidado com meio ambiente é gasto e não investimento, essas instituições abandonam o cuidado que deveriam ter com o meio ambiente.

É muito importante que as leis ambientais sejam aplicadas de forma efetiva para que a conscientização geral sobre a necessidade de cuidar do meio ambiente seja efetiva. Um meio equilibrado e sustentável é vital para a nossa sobrevivência, para nossa qualidade de vida, e para o bem-estar das futuras gerações. Sendo papel de todos agir de forma responsável e comprometida com a proteção do meio ambiente.

Cuidar do meio ambiente é um papel de todos, e para que todos possam desempenhar o seu papel de proteger e preservar a natureza é preciso que todos recebam educação e participem do debate. Na Lei nº9.795/99, parágrafos 4º e 5º, diz que os princípios básicos da educação ambiental são, entre outros, o enfoque humanístico, democrático e participativo e que o meio ambiente deve ser considerado em sua totalidade e interdependência com o social, o econômico e o cultural, levando em consideração desde aspectos regionais a globais e

aspectos plurais, com incentivo da participação coletiva, individual, permanente e responsável do cuidado com o meio ambiente.

Investir em programas de educação ambiental, visando conscientizar as pessoas da importância da preservação do meio ambiente; investir em fiscalização e punição rigorosas para quem descumprir as leis, aplicação de multas, interdições de estabelecimentos, sanções e ações judiciais; incentivos fiscais para empresas que adotem práticas sustentáveis; financiamento de projetos que fomentem o desenvolvimento de tecnologias verdes; incentivar parcerias público-privadas para recuperação de áreas degradadas, são algumas das ações que o Estado pode tomar.

A sociedade pode contribuir se engajando nas atividades propostas que promovam a preservação ambiental, incentivem a separação do lixo e reciclagem de resíduos, estimulem a utilização de transporte público ou bicicletas para reduzir emissão de gases poluentes, encorajem o consumo de produtos orgânicos e sustentáveis, reduza o consumo de água e energia, estimulem a participação ativa com criação de grupos voluntários para limpeza, monitoramento e denúncias de infrações ambientais, trabalhem na defesa de áreas consideradas verdes e de proteção ambiental, entre outras. Essas são algumas das ações que a sociedade, o cidadão comum pode tomar para preservar o ambiente.

A educação ambiental, trata-se, portanto, de uma construção coletiva e organizada de uma cultura ecológica que compreende a natureza e a sociedade de forma interligada, relacionadas e que não podem ser separadas, independentes ou autônomas (CARVALHO, 2004, citado por SORRENTINO et al., 2005). Ou seja, a educação ambiental visa desenvolver no indivíduo uma compreensão mais profunda da relação entre natureza e sociedade, relação que não pode ser vista de forma dissociada.

Como indivíduos/sociedade e meio ambiente/natureza não podem ser tratados de forma independente, é muito importante que essa educação busque promover a conscientização da importância de se preservar o meio e de se desenvolver a responsabilidade individual e coletiva na utilização de seus recursos. Aproveitar os recursos naturais de maneira ecologicamente correta é sinônimo de promover saúde e bem-estar para o ser humano, diminuir as desigualdades sociais e proporcionar uma distribuição mais justa dos recursos naturais.

Quando discutimos a preservação do meio ambiente, discutimos também a distribuição de recursos naturais de forma mais justa. As desigualdades socioambientais afetam diferentes camadas da sociedade de diferentes maneiras, o que inclui as minorias, como os povos indígenas, as comunidades pobres e as mulheres.

Desse modo, para que a educação ambiental se torne realidade e esteja a serviço da comunidade, é preciso, no ambiente escolar, buscar entender o cotidiano do aluno e fazê-lo identificar os problemas de forma crítica, quais são os problemas ambientais, porque esses problemas existem e o que a ciência tem feito em termos de tecnologia para minimizar essas questões ambientais. É necessário direcionar o discente para a cidadania ativa, que desenvolva o sentido de pertencimento e corresponsabilidade e que entenda que a proteção do meio ambiente se dá de forma coletiva, buscando sempre compreender e superar os problemas ambientais (SORRENTINO et al., 2005).

A conscientização do indivíduo é formada quando ele aprende a importância de se preservar o meio ambiente e ensina o que aprendeu para as outras pessoas. À medida que ela se desenvolve, adquirimos a responsabilidade ambiental e desenvolvemos habilidades e conhecimentos necessários para tomar decisões e agir de modo a contribuir com a preservação e conservação do meio ambiente. Para que a conscientização aconteça, a educação ambiental deve ser oferecida em diferentes níveis de educação, do infantil ao universitário, passando pela formação continuada dos professores que atuam nas redes de ensino (educação formal), podendo ser incluídas em atividades extras que envolvam as comunidades (educação informal) (ARNALDO; SANTANA, 2018).

Preservar o meio ambiente é uma responsabilidade que todos nós compartilhamos. Assim é necessário que nós tomemos consciência dessa responsabilidade e dos impactos de nossas ações sobre a natureza. Reduzir desperdícios de água e luz, reutilizar e reciclar materiais, comprar de forma consciente evitando consumir produtos prejudiciais ao meio ambiente, participar de atividades que promovam a preservação e engajem a comunidade, são algumas das ações conjuntas que podemos tomar em termos de questões ambientais.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EPISTEMOLÓGICA

No vasto campo da filosofia e da pedagogia, emergem teorias que buscam compreender o desenvolvimento cognitivo humano e suas interações com o ambiente social e cultural. Nesse contexto, destaca-se a contribuição de Paulo Freire, Patrono da Educação Brasileira, cuja abordagem pedagógica progressista e crítica oferece uma perspectiva emancipatória sobre a aprendizagem, enfatizando a importância da conscientização, participação ativa dos alunos e transformação social. Sua abordagem é amplamente conhecida como uma abordagem humanista, crítica e centrada no aluno, sendo aplicada em diversos contextos educacionais ao redor do mundo.

Suas principais características são a conscientização – defendendo o despertar da consciência crítica dos alunos em relação à sua realidade social; o diálogo – elemento essencial no processo educativo, promovendo a interação colaborativa entre educadores e educandos; a participação ativa dos alunos – envolvendo-os como agentes ativos na construção do conhecimento; a contextualização – relacionando os conteúdos educacionais a realidade do discente para tornar a aprendizagem mais significativa; e a transformação social – capacitando os indivíduos a se tornarem agentes de mudança para uma sociedade mais justa e igualitária.

Além de Freire, destaca-se também, no campo da filosofia e recentemente no da pedagogia, Hannah Arent. A teoria de Arent é considerada uma abordagem filosófica e política que oferece percepções profundas sobre a natureza da ação, do poder, da política e da condição humana. Ela foi uma filósofa e teórica política alemã, cujas obras exploraram questões fundamentais relacionadas à vida pública, à liberdade e à responsabilidade individual.

Algumas características são a ação e política – expressão fundamental da singularidade humana, considerando a ação vital para a realização plena da condição humana na esfera política; *vita activa* – interações sociais e participação política, diferenciadas das atividades de trabalho e labor; pluralidade – reconhecimento da diversidade e singularidade de cada indivíduo, situando a ação política no meio dessa multiplicidade; espaço público – lugar em que os indivíduos se encontram para participar ativamente na vida política como expressão da liberdade e cidadania; e juízo público – valorização da capacidade de discernir entre o certo e o errado, o justo e o injusto, como dimensão central da participação ativa da esfera pública.

Tanto Freire quanto Arent compartilham a visão de que a educação deve ser mais do que a mera transferência de conhecimento. Freire defende uma educação que promova a conscientização e a ação transformadora e Arent ressalta a necessidade de uma educação que cultive a pluralidade e o pensamento crítico. Ambos os autores argumentam que a educação deve ir além do simples acúmulo de informações e habilidades, visando à formação de cidadãos ativos e autônomos.

Com esse paralelo entre os autores, podemos vislumbrar uma abordagem mais abrangente da educação que engloba tanto a esfera pública e política quanto a conscientização e a transformação social. Ambos os pensadores nos lembram que a educação desempenha um papel vital na formação da condição humana e na busca por uma sociedade mais justa e significativa.

Nesse contexto, evocamos a Abordagem CTSA, com o objetivo de estabelecer conexões dinâmicas entre conceitos químicos e o cotidiano do aluno. Essa abordagem, impulsionada por preocupações com a degradação ambiental e os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade, visa promover a construção do conhecimento científico e desenvolver habilidades e valores necessários para tomada de decisões responsáveis (COSTA; SANTOS, 2015).

Assim, ao adotarmos essa abordagem e valorizarmos as teorias de Freire e Arent, abrimos caminho para uma educação mais abrangente, na qual o aluno se torna um ser social e ativo em seu próprio desenvolvimento. A aprendizagem se torna uma jornada colaborativa, na qual o professor desempenha um papel fundamental ao proporcionar um ambiente estimulante e desafiador, permitindo que o estudante adquira habilidades que ele não seria capaz de aprender sozinho. Nessa perspectiva, a educação se torna um processo de empoderamento, em que os discentes são encorajados a explorar, questionar e construir conhecimento de forma ativa.

A CTSA, ao integrar a ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, amplia a visão da ciência como algo além de um conjunto de fatos isolados. Ela promove uma compreensão interdisciplinar, destacando as implicações sociais, políticas e culturais da ciência e da tecnologia. Por meio dessa abordagem, os alunos são estimulados a refletir sobre o impacto das descobertas científicas, as aplicações tecnológicas e as questões éticas relacionadas, preparando-os para tomar decisões informadas e responsáveis (COSTA; SANTOS, 2015).

Ao estabelecer relações entre o cotidiano dos alunos e os conceitos químicos, a Abordagem CTSA proporciona uma aprendizagem contextualizada e significativa. Os estudantes são incentivados a investigar fenômenos reais, a compreender as conexões entre química e o mundo ao seu redor, e a desenvolver habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas. Dessa forma, a abordagem CTSA contribui para a formação de cidadãos conscientes e engajados, capazes de lidar com os desafios científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea.

Portanto, ao unir Freire e Arent a essa Abordagem na pedagogia, buscamos criar um ambiente educativo que promova o desenvolvimento cognitivo e social dos alunos, permitindo-lhes ultrapassar seus limites e alcançar um nível de aprendizado mais elevado. Ao reconhecer a importância da interação social, do desafio e da reflexão crítica, estamos preparando os alunos para enfrentar os desafios do mundo em constante transformação, capacitando-os a se tornarem agentes de mudança e construtores ativos do conhecimento.

Assim, ao adotarmos uma educação intencional e uma abordagem que integre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, estamos pavimentando o caminho para uma aprendizagem mais significativa, relevante e transformadora, que capacita os alunos a se tornarem cidadãos críticos, responsáveis e participantes na construção de um futuro sustentável e promissor. Neste capítulo, falaremos mais sobre a abordagem de Paulo Freire (3.1), a de Hannah Arent (3.2), Abordagem CTSA (3.3) e avaliação da aprendizagem escolar (3.4).

### 3.1 Abordagem pedagógica progressista e crítica

Paulo Freire, um destacado educador brasileiro do século XX, é reconhecido por sua influente pedagogia crítica, que revolucionou as práticas educacionais em todo o mundo. Ele propôs uma abordagem centrada no aluno, destacando a importância do diálogo e da conscientização na promoção da aprendizagem. Em sua teoria, a educação não é apenas a transmissão de conhecimento, como propõe a educação bancária, mas um processo colaborativo no qual os educadores e educandos interagem de maneira ativa.

Em seu famoso livro *Pedagogia do Oprimido*, Freire diz que o importante, na visão da educação libertadora é que os homens se sintam donos de seu pensar, que discutam o seu pensar, sua visão de mundo de forma implícita ou explícita, que dê sugestões e que seus companheiros deem sugestões, diferentemente da educação bancária (FREIRE, 1970).

A educação bancária para Freire, o aluno é como uma conta bancária onde os professores depositam conhecimento. Uma espécie de concepção digestiva ou alimentícia em

que os educandos passam por um processo de engorda pelo conhecimento, de modo que os discentes jamais se orientem no sentido de se conscientizar, mas apenas no sentido de manter o pensamento dominante (FREIRE, 1970).

Quando Freire fala sobre “educação bancária”, ele se refere a um modelo de ensino tradicional no qual o conhecimento é depositado passivamente nos alunos, como se fossem “contas bancárias” a serem preenchidas pelo educador, os alunos portanto, são vistos como receptáculos passivos do conhecimento, e o papel do educador, neste caso, é apenas de transmitir informações (REIS, 2019).

Esse modelo de educação, para o autor, é um modelo opressivo e não permite que os estudantes desenvolvam uma compreensão crítica do mundo ao seu redor. Ele destaca a importância de uma abordagem libertadora da educação, na qual os alunos não sejam apenas receptores passivos, mas sim se tornem sujeitos ativos do seu próprio aprendizado. Ou seja, o conhecimento não deve simplesmente ser “digestivo” ou “alimentício”, mas sim envolver os discentes de forma ativa na aprendizagem.

A abordagem Freiriana destaca a contextualização do ensino, relacionando os conteúdos ao contexto de vida dos alunos e enfatiza a participação crítica na construção do conhecimento. Freire acreditava que a educação deveria capacitar os discentes não apenas com habilidades cognitivas, mas também com a capacidade de analisar criticamente sua realidade social (SCHRAM; CARVALHO, 2017).

Ainda em *Pedagogia do Oprimido*, Freire nos diz que quanto mais problematizamos os educandos, como indivíduos pertencentes ao mundo e com o mundo, mais eles se sentirão desafiados. Quando compreendem o desafio, captam as conexões entre os problemas da realidade da vida em sua totalidade, o que os torna mais críticos e menos alienados.

Assim, Freire destaca a importância de desafiar os educandos, envolvendo-os em questionamentos sobre sua existência no mundo e argumenta que ao enfrentarem os desafios e responder ativamente a eles, os alunos desenvolvem uma compreensão crítica de suas realidades. Enfatiza ainda que a necessidade de abordar os desafios como problemas dinâmicos e interconectados, evitando visões isoladas. Essa compreensão resultante, alcançada através da problematização e da análise crítica, contribui para a diminuição da alienação, promovendo a conscientização dos discentes sobre sua realidade social (SCHRAM; CARVALHO, 2017).

Freire reconhece a importância da interação social no desenvolvimento humano, promovendo uma visão de educação como um processo de construção social que vai além dos muros da sala de aula. A pedagogia Freiriana busca não apenas informar, mas também

transformar, capacitando os alunos a se tornarem agentes ativos na construção de uma sociedade mais justa e igualitária. Sua teoria é considerada uma abordagem pedagógica progressista e crítica, conhecida como Pedagogia Crítica e é marcada por uma perspectiva emancipatória, enfatizando a importância da conscientização dos alunos, de sua participação ativa e da transformação social.

Para Gramsci, a educação ou formação do indivíduo, é um instrumento importante para a mudança social e para a libertação das pessoas, ela desenvolve a consciência crítica e transforma as relações de poder na sociedade. Para ele, a educação é responsável pela mudança na identidade do indivíduo e pode ser usada para mudar a compreensão das pessoas sobre si mesmas e sobre o mundo ao seu redor, devendo ser democrática e participativa, baseada no diálogo e na troca de ideias entre professores e alunos.

Vygotsky (1930), em seu artigo *A Transformação Socialista do Homem* diz que a educação deve ter o papel central na transformação do indivíduo, deve ser a base da formação social consciente, e passada adiante de modo que a cada nova geração se crie um novo tipo de homem.

No ensino de química, a abordagem crítica e libertadora está relacionada a conscientização política e a compreensão dos mecanismos de poder que estão relacionadas a ciência e tecnologia, como a utilização dos recursos naturais por determinadas classes em detrimento de outras, a responsabilidade social das empresas diante do uso de determinados produtos químicos e seu descarte de forma irregular na natureza, a segurança ambiental que não são garantidas aos menos abastados e as políticas ambientais que mudam ao sabor dos governos eleitos, entre outros.

Em sua Pedagogia Crítica existem alguns pontos importantes que destacamos aqui. São eles: conscientização, diálogo, participação ativa, contextualização e transformação social.

A conscientização significa o despertar crítico dos alunos sobre a sua realidade social, é o ponto de partida para a investigação e problematização, a ela está associado o tema gerador. Ele propõe que a educação deve ir além da simples transmissão de conhecimentos, incentivando os alunos a compreenderem criticamente o mundo ao seu redor.

Em Pedagogia do Oprimido, Freire faz uma reflexão sobre a relação dialética do “eu” e do “não-eu”, entre o sujeito e o mundo. A consciência do indivíduo não se forma isoladamente, mas sim, a partir da interação com o “não-eu”. Essa interação é mútua e geradora: o “eu” é formado pela relação com o “não-eu”, ao mesmo tempo em que transforma e atribui um significado ao “não-eu”(FREIRE, 1987).

Desse modo o autor enfatiza que a nossa consciência, a consciência humana, não é passiva, mas sim ativa e intencional. O mundo, portanto, é algo que percebemos e que é interpretado por nós, que percebemos, refletimos, dialogamos e transformamos o mundo.

Em seu livro *Conscientização*, Freire nos conta que ao ouvir a palavra conscientização pela primeira vez, percebeu imediatamente o quanto profundo é o seu significado e ficou absolutamente convencido de que a educação como prática de liberdade é conhecimento, é se aproximar da crítica da realidade.

Ao mencionar “um ato de conhecimento” e uma “aproximação crítica da realidade”, Freire nos expressa a convicção de que a verdadeira educação vai além da mera transmissão de informações, mas está ligada ao processo pelo qual as pessoas se tornam conscientes de sua realidade social, econômica e política, desenvolvendo uma compreensão crítica e reflexiva de mundo.

A educação libertadora não está restrita ao cognitivo, mas envolve a práxis, ou seja, a ação crítica que visa à transformação da sociedade. Não é apenas um despertar de consciência crítica, mas a capacidade que os aprendentes têm de refletir e agir em busca da transformação da realidade da sociedade.

Segundo Freire (1980), conscientização é quando os homens superam uma situação em que existe uma consciência dominadora, quando passam a ver o mundo como algo móvel, uma realidade em processo que pode ser transformada pela ação da coletividade.

O diálogo é muito valorizado por Freire, é o elemento essencial no processo educativo. Ele defende a interação entre educandos e educadores, promovendo um ambiente em que o conhecimento é construído colaborativamente. Em *Pedagogia da Autonomia*, o Patrono nos fala que o diálogo desafia os grupos populares a pensar sua história como uma experiência social, e revela a necessidade de superar certos saberes dominantes que são incompetentes para explicar os fatos da vida.

Ainda, em *Pedagogia do Oprimido*, Freire nos fala que o diálogo é uma exigência da existência, ele nos faz refletir e agir como sujeitos do mundo e não pode ser reduzido a um simples depósito de ideias de um sujeito para o outro, ou do professor ao aluno, mas sim um encontro entre indivíduos, que juntos buscam compreender e transformar a realidade (FREIRE, 1987).

Para o Patrono, o diálogo possui um papel crucial no contexto educacional, em especial ao lidar com grupos populares, pois, desafia os membros desse grupo a refletirem criticamente sobre a sua história social, revelando a necessidade de superar conhecimentos

inadequados. O diálogo é uma exigência existencial e um encontro solidário no qual os participantes se comprometem a refletir e agir para transformar e humanizar o mundo.

O diálogo para Freire, é mais que uma troca de ideias entre educador e educando, é a base da relação horizontal entre estes, tem caráter colaborativo e transformador, sem transmissão unilateral de conhecimento, mas a construção coletiva do conhecimento e da consciência crítica, veja o que ele diz em *Pedagogia do Oprimido* (p.68): “Ninguém educa ninguém, ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo”.

O verdadeiro diálogo possui interação ativa e participativa na construção do conhecimento e na transformação da realidade, sendo uma ferramenta fundamental para a conscientização e a mudança social. É durante o diálogo que ocorre a problematização, o questionamento e onde se percebe as concepções prévias dos alunos (GODOY; BOHRZ, 2020).

A participação ativa quer dizer envolver ativamente os alunos no processo de aprendizagem, ou seja, significa que os estudantes não são apenas receptores passivos de informações, mas agentes ativos na construção do conhecimento. Em *Política e Educação* (p.38), Freire afirma que a participação é um exercício de ter voz, de decidir em determinados níveis de poder, é um direito de cidadania e tem total relação com a práxis educativa-progressista, se os docentes que realizam essa participação, tem coerência em seus discursos.

No trecho supracitado, Freire destaca a importância da participação ativa como um exercício de voz e de tomada de decisão, em especial em níveis de poder na sociedade. Ele sugere que a participação, entendida como o direito de ter voz e influenciar decisões, está intrinsecamente ligada a prática educativa progressista e argumenta que essa participação é uma extensão natural da abordagem pedagógica, na qual os educadores estão comprometidos com a coerência entre suas palavras e ações (SCHRAM; CARVALHO, 2017).

Em outras palavras, o que o autor quer dizer é que, a prática educativa não é apenas sobre um discurso, mas também sobre a efetiva promoção da participação ativa dos indivíduos como cidadãos em todos os aspectos da sociedade, um direito de cidadania fundamental e expressão concreta dos princípios na educação.

A contextualização enfatiza a importância de contextualizar o ensino, relacionando os conteúdos educacionais à realidade dos alunos, o que torna a aprendizagem mais significativa e, consequentemente, mais relevante.

Em seu livro *Extensão ou Comunicação?* (p.31), o Patrono nos diz que o saber começa com a consciência de que sabemos pouco e por isso nos preparamos para saber mais.

Ninguém possui saber absoluto, do contrário, não íamos querer aprender mais. Sendo o homem um ser histórico, em constante e permanente movimento, o seu saber se refaz constantemente. Novos conhecimentos viram conhecimentos velhos, e assim por diante.

A consciência é o ponto de partida para o processo contínuo de aprendizado, porém, sabemos pouco sobre a conscientização dos alunos. A contextualização envolve reconhecer a situação concreta e histórica em que o aprendizado está ocorrendo, conectando o conhecimento à realidade vivida pelos discentes. Ao dizer que “o homem, como um ser histórico, inserido num permanente movimento de procura, faz e refaz constantemente o seu saber”, ele está enfatizando a natureza dinâmica do conhecimento, que é construído e reconstruído em contextos específicos ao longo do tempo.

A contextualização, portanto, envolve compreender que o conhecimento é uma construção histórica e social, sempre sujeita a transformações e atualizações, daí a necessidade de conectar o aprendizado à realidade do aluno para torná-lo significativo e promover a educação mais libertadora (GODOY; BOHRZ, 2020).

E por fim, a transformação social, que é um dos principais objetivos da Pedagogia de Freire. A educação deve capacitar os estudantes a se tornarem agentes de mudança, contribuindo para a criação de uma sociedade mais justa. Em outra de suas obras, *A educação dos adultos como ação cultural*, vemos que na medida em os indivíduos respondem aos desafios que a realidade impõem e a transformam com sua prática, os resultados da transformação se expressam na reflexão crítica que fazemos (FREIRE, 1969).

Para Freire, a transformação que almejamos só pode ocorrer por meio da educação crítica, nesse sentido, o indivíduo ou aluno não é apenas um observador, mas um agente ativo na construção do mundo (FREIRE, 1969).

Freire enfatiza que a práxis, entendida como uma ação reflexiva e transformadora em resposta aos desafios da realidade, não apenas resulta em mudanças concretas, mas também permite uma reflexão crítica sobre os resultados. Os produtos da práxis não são apenas elementos materiais, mas se tornam produtos culturais, incorporando uma dimensão simbólica e abrangente. No texto o conceito de consequência está ligado à práxis indicando que uma ação só é significativa quando envolve reflexão e ação simultaneamente. Esses elementos fundamentam a visão de transformação social, onde a práxis consciente e reflexiva desempenha um papel essencial na mudança das estruturas sociais de maneira libertadora e culturalmente significativa (ROSA; FILIPAK, 2019).

Ou seja, conscientização crítica e libertadora, é um processo constante de questionamento e reflexão sobre as condições políticas, sociais e culturais presentes em

nossas vidas, é compreender de forma profunda os problemas sociais e buscar soluções para eles, é a educação que desempenha o papel central na transformação do homem, e consequentemente, da sociedade.

Ainda em *Pedagogia do Oprimido*, Freire aponta que a educação libertadora ou problematizadora, não é apenas o ato de depositar ou transferir conhecimentos e valores aos alunos, mas é um ato cognoscente, em que os discentes são capazes de buscar e assimilar o conhecimento (FREIRE, 1987).

Quando falamos em educação centrada no indivíduo, dizemos que o foco está no desenvolvimento único de cada aluno, considerando suas habilidades, interesses e necessidades. Nesta categoria de educação o professor tem o papel de agente facilitador do aprendizado, em vez de ser apenas transmissor do conhecimento. O objetivo principal do docente então, passa a ser de ajudar o discente a descobrir seu próprio potencial e desenvolver suas habilidades ao máximo, oferecendo-lhe uma educação que tenha aplicações práticas na sua vida real, tornando o aprendizado mais significativo e motivador.

Ao falar sobre estratégia de ensino baseada na resolução de problemas, queremos dizer que, ao propor desafios relacionados ao seu dia a dia, estamos possibilitando que os estudantes desenvolvam sua capacidade de pensar criticamente e aplicar conceitos químicos que estão aprendendo. Os desafios também podem ser propostos em grupos permitindo que os alunos colaborem uns com os outros, o que permite que possam compreender os conceitos de maneira mais eficaz. Ao oferecer problemas que precisam de conceitos diversos de química para que possam ser resolvidos é possível entender que os conceitos estão relacionados entre si.

Usar situações reais torna o ensino de química mais relevante e interessante para os alunos, como o uso de produtos químicos como os agrotóxicos, por exemplo. Criar atividades experimentais que exijam planejamento e realização e incorporar jogos com desafios químicos também são propostas que podem ajudar a tornar o ensino de química mais divertido e envolvente, além de contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico. Para que essa estratégia de ensino dê certo, é necessário que o docente planeje a atividade, forneça orientação adequada e forneça o retorno de forma regular para que os estudantes possam aprender com os erros.

Ao abordar o tema agrotóxicos, podemos desafiar os estudantes a pensar de forma crítica sobre os impactos dos agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana. Podem ser apresentados problemas relacionados aos efeitos desses produtos químicos no solo, na água e no ar, e sugerir que desenvolvam soluções sustentáveis para as questões.

O incentivo e colaboração do diálogo e discussão em grupos também são estratégias importantes da teoria, pois são considerados fundamentais no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, porque permitem que eles compartilhem ideias e ajudem uns aos outros a compreender os conceitos que vão construindo juntos ao longo da atividade. Vale destacar que a colaboração não significa que os alunos desempenharam a mesma tarefa, mas sim, cada um com sua participação, completaram a tarefa geral e juntos construíram o conhecimento.

Formar grupos de discentes para abordar projetos de química em que os professores deem a cada grupo uma tarefa específica e incentive os grupos a trabalhar de forma colaborativa, discutindo e debatendo as ideias de química é uma atividade que pode ser feita durante as aulas, durante atividades de laboratório ou até mesmo em discussões online. Além disso, o docente pode criar estratégias baseadas em grupos, como o ensino cooperativo, baseado na equipe, oferecendo oportunidades de os alunos explicarem seus trabalhos aos colegas, fomentando a colaboração e a compreensão mútua.

Como exemplo, podemos sugerir uma discussão sobre os impactos dos agroquímicos no meio ambiente e possíveis soluções, pedindo que os alunos planejem e apresentem projetos de pesquisa sobre os impactos ambientais e sociais oriundos da utilização desses produtos, incluindo a pesquisa de legislações que tenham facilitado ou dificultado a aquisição desses produtos e o que o poder público fez, pode ou deve fazer a respeito a partir das cobranças da sociedade civil.

Programas de computador como simulações químicas e jogos educacionais para ensinar conceitos específicos e ajudar a fixar o que já aprenderam, experimentos virtuais que podem ser realizados sem a necessidade de adquirir produtos químicos caros ou perigosos, vídeos e animações, além de plataformas de ensino online com materiais e recursos adicionais ao estudo, ajudam os discentes a compreender os conceitos de forma divertida e envolvente. Esses recursos podem ser muito importantes na formação do imaginário do aluno, uma vez que ele pode visualizar e compreender os impactos ambientais e sociais da utilização dos agroquímicos.

E por fim, permitir que o professor identifique os níveis de compreensão do aluno e adapte suas aulas e atividades de maneira que possibilite o desafio aos discentes sem sobrecarregá-los. Quando sabemos em que nível de conhecimento os alunos se encontram podemos elaborar atividades que os desafiem sem sobrecarregá-los e descobrir até que ponto são capazes de aprender algo sem orientação, ou seja, desafiamos seu desenvolvimento proximal.

Para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, além de identificar o nível de compreensão dos alunos, o docente pode oferecer orientações e retornos no desenvolvimento das atividades sugeridas, proporcionar atividades individualizadas, fornecer materiais diferenciados como livros ou tutoriais, escolher alunos mais experientes como mentores, além de incentivar projetos que permitam a investigação e a descoberta. Todas essas atividades servem para que o professor avalie qual a melhor atividade a ser desenvolvida em sala de aula e que realmente possa contribuir com o processo de aprendizagem.

Ao adaptar as aulas e atividades no sentido de desafiar os alunos como sugere a educação problematizadora de Freire, sem sobrecarregá-los, estamos contribuindo para aprendizagem significativa. Podemos, por exemplo, ensinar os conceitos básicos de química dos agrotóxicos e depois lhes fornecer atividades mais complexas, sempre incorporando discussões sobre ética e responsabilidade social, a fim de que eles tenham consciência de que, como cidadãos, suas escolhas podem interferir no meio ambiente e na sociedade de modo geral.

Entendemos como educação problematizadora, a abordagem pedagógica que se baseia na ideia de que o processo educativo deve ser um diálogo entre o professor e o aluno e ambos são sujeitos ativos na construção do conhecimento. Ao invés de transmitir o conteúdo de forma passiva, em que o aluno não participa ativamente, o docente tem como principal função incentivar a reflexão crítica dos alunos sobre o mundo ao seu redor de maneira que o discente possa identificar os problemas e desafios e busque soluções.

Essa abordagem objetiva desenvolver a capacidade dos alunos de criar um ambiente de aprendizagem colaborativo e democrático, de questionar a realidade social e política, de identificar as injustiças e desigualdades, em que todos se sintam valorizados e respeitados e atuem de forma transformadora na sociedade.

Segundo Bordenave (2012), só conhecemos algo bem quando o transformamos e a medida que a transformação ocorre esse algo também se transforma, o que tem relação com as transformações do “eu” e “não-eu” de Freire. Ele também enfatiza que no processo de ensino é importante que os alunos participem da aprendizagem de forma ativa, permitindo que eles insiram suas próprias experiências e conhecimentos em sala.

Ainda segundo Bordenave (2012, p.10), apresentar problemas a serem solucionados incentiva a participação ativa e o diálogo e a aprendizagem se manifesta como uma resposta natural do aluno ao desafio da situação-problema. Por meio da pesquisa, o discente passa a ter uma visão mais ampla da realidade, uma visão “analítica”, para chegar a uma “síntese” provisória que corresponde a compreensão. Dessa compreensão do problema e das

consequências surgem as “hipóteses de solução” que faz com que o aluno opte por soluções mais viáveis. A síntese então, vai de encontro a práxis, a atividade transformadora da realidade.

No esquema abaixo (Figura 1), temos um esquema pedagógico proposto por Maguerez, que demonstra que o processo de ensino começa com a exposição de um problema para os alunos, que parte da observação da realidade física ou social e consiste em uma visão global ou síncrese (visão caótica do todo) do assunto ensinado. A segunda etapa, consiste em identificar as variáveis ou os pontos chaves do problema, pontos que se modificados, poderiam resultar na solução do problema, nesse ponto ocorre a construção de um modelo da estrutura do problema com seus elementos e relações (BORDENAVE 2012, p.53).

Em seguida, temos a teorização, que é a discussão dos pontos-chaves, em que os alunos são orientados a buscar explanação teórica do problema, seja por meio de leituras de revistas, jornais, artigos ou qualquer outro material de pesquisa que possa contribuir para o esclarecimento do assunto (análise). A próxima etapa, é a que os alunos propõem hipóteses de solução e pôr fim a aplicação da realidade, visando solucionar o problema (BORDENAVE, 2012, p.54).



Figura 1 - Esquema da Educação Problematizadora. *Estratégias de ensino-aprendizagem*, página 10. 32 ed. 2012.

Ou seja, a abordagem de aprendizagem baseada na solução de problemas, permite participação ativa e o diálogo constante entre os alunos e os professores, e resulta em um

aprendizado natural diante de uma situação-problema: o discente aprende à medida que passa de uma visão global ou total do problema para uma visão analítica através da teorização – processo mental de análise crítica e reflexiva, em que as informações e os conhecimentos adquiridos são organizados e estruturados em um sistema coerente e explicativo de ideias.

Vamos a um exemplo. A partir da observação da realidade expomos o seguinte problema: os agrotóxicos são importantes para a produção de alimentos, no entanto, o uso excessivo desses produtos estão associados a riscos ambientais e a riscos para a saúde humana. A seguir os alunos são orientados a identificar os pontos-chaves: identificar as principais variáveis que envolvam o uso desses produtos, tais como tipos, doses, impactos no meio ambiente, contaminação de alimentos e efeitos na saúde humana. Próximo passo, teorização: pedimos que os alunos pesquisem informações em fontes variadas, a fim de aprofundar o conhecimento sobre as variáveis identificadas na etapa anterior.

Em seguida, com base nas informações coletadas, passamos para as hipóteses de solução. Aqui, os estudantes são incentivados a propor hipótese de solução para a problemática dos agrotóxicos, levando em consideração aspectos como redução do uso desses produtos, promoção de alternativas mais sustentáveis para a agricultura e a conscientização da sociedade sobre os impactos negativos dos agrotóxicos. E finalmente, a etapa de aplicação da realidade: os alunos são desafiados a aplicar o conhecimento adquirido na prática, por meio de atividades como o desenvolvimento de projetos de conscientização sobre os impactos do uso desses produtos na sociedade, elaboração de estratégias para a redução do uso dos agrotóxicos em propriedades agrícolas ou criação de iniciativas de agricultura sustentável.

Ao analisar o problema, o estudante é levado a compreensão do mesmo e a partir dessa compreensão surgem hipóteses de solução que são avaliadas e selecionadas com base na sua viabilidade. O resultado desse processo é um entendimento provisório da solução, em que se deve realizar ou propor atividades práticas para transformar a realidade, desenvolvendo seu pensamento crítico e participando de modo ativo na construção do seu conhecimento.

A abordagem de ensino de análise de problemas, busca promover a aprendizagem ativa e reflexiva por parte do aluno. Nela, o professor tem um papel de mediador, ajudando o aluno a compreender e analisar um problema, a partir do qual surgem hipóteses de solução que são avaliadas e selecionadas com base na viabilidade.

Esse processo de resolução de problemas envolve a aplicação de conceitos e conhecimentos já adquiridos pelos alunos, bem como o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e de análise, o que torna o estudante sujeito ativo do processo de

aprendizagem, construindo seu próprio conhecimento de forma significativa e participando ativamente na construção de soluções de problemas.

Quando desenvolvemos atividades como essa, que defende a importância do planejamento e organização do ensino com base em objetivos pré-determinados e estratégias pedagógicas adequadas, de modo a possibilitar a construção do conhecimento por parte do discente e a sua participação ativa no processo educativo, temos o que Luckesi (2011) chama de aprendizado intencional.

Diz o autor, em seu livro *Avaliação da Aprendizagem Escolar* (p. 149-150), que a assimilação ativa dos alunos se dá pelo processo de aprendizagem intencional e ensino intencional. O educando vai se desenvolvendo enquanto aprende, de forma espontânea e significativa. Caso não seja intencional, o indivíduo não se desenvolve de forma significativa.

É, portanto, uma forma sistemática e dirigida de ensinar, em que se busca maior eficiência no processo educativo e pressupõe uma relação dialógica entre professor e aluno, em que o professor é o mediador do conhecimento e o aluno é o sujeito ativo do processo de aprendizagem. Ou seja, o aluno deve ser incentivado a participar ativamente das atividades propostas pelo docente, buscando construir seu próprio conhecimento por meio da reflexão, análise crítica e da resolução de problemas: o aluno é protagonista da sua aprendizagem, e o professor é o facilitador do processo.

Para que a aprendizagem intencional tenha sucesso, além de ativa, deve ser inteligível, seus objetivos, conteúdos e estratégias de ensino devem ser claros e compreensíveis aos alunos. O professor deve se comunicar de forma clara e objetiva, usando linguagem acessível e adequada ao nível de compreensão dos discentes. Assim, os alunos serão capazes de entender o que é esperado deles e se engajar de forma mais ativa no processo.

Tanto para Luckesi, quanto para Freire, a aprendizagem é um processo mediado pela interação social e pelo uso de instrumentos culturais. O primeiro, defende que o docente deve se planejar e se organizar de forma intencional, de modo a utilizar estratégias pedagógicas que possam mediar a aprendizagem. O segundo, defende que a aprendizagem é um ato de conhecimento e transformação da realidade, enfatizando a importância da práxis educativa, na qual os estudantes são desafiados a pensar criticamente o mundo ao seu redor.

Ambos concordam que a aprendizagem é um fenômeno complexo que vai além da simples transmissão de informações. Para eles, a educação deve ser libertadora e promover a formação integral dos indivíduos, capacitando-os não apenas com conhecimentos teóricos, mas também com habilidades práticas e uma consciência crítica em relação à sociedade.

Assim, tanto Luckesi quanto Freire contribuem para a concepção de uma educação que vai além da mera acumulação de conhecimentos, buscando formar cidadãos ativos, capazes de compreender e transformar o mundo em que vivem.

Em resumo, as ideias discutidas revelam a abordagem profunda e interconectada de Paulo Freire em relação à educação e à transformação social. Seus conceitos-chave, como conscientização, diálogo, participação ativa, contextualização e práxis, destacam a importância de uma educação libertadora que não apenas transmite conhecimento, mas também envolve os educandos de maneira crítica em sua própria realidade.

### 3.2 Abordagem filosófica e crítica

Hannah Arendt, uma das filósofas mais influentes do século XX, dedicou-se a explorar a natureza da condição humana, destacando sua importância no contexto da política e da educação. Ela era judia nascida na Alemanha e teve influência de Karl Jaspers e Martin Heidegger. Suas principais obras são *A condição humana*, *Entre o passado e o futuro*, *Eisermann em Jerusalém*, *As origens do totalitarismo* e *A vida do espírito*. Em sua obra *Entre o Passado e o Futuro*, Arendt oferece entendimentos significativos sobre como a compreensão da condição humana pode moldar a maneira como pensamos sobre a educação. Aqui, vamos explorar as ideias de Arendt sobre a condição humana e sua relação com a educação, destacando como esses conceitos se entrelaçam e influenciam nossa compreensão do processo educacional.

Arendt argumenta que a condição humana é caracterizada por três atividades fundamentais: o *labor*, relacionado às necessidades básicas da vida, como alimentação e abrigo, e o trabalho; o *homo faber* que envolve a criação de objetos duradouros e significativos; e o *bios politicus*, que se perpetua na história através da política. No entanto, o que diferencia verdadeiramente os seres humanos é a ação, a capacidade de se envolver no mundo com outros seres humanos, formar relacionamentos e criar significado por meio do discurso e da política, o *bios politicus*.

Em seu livro *A condição humana* (1975, p.189), Arendt nos diz que é através do discurso que os homens se distinguem, a ação e o discurso são maneiras pelos quais nós, como seres humanos, nos manifestamos uns nos outros enquanto homens. Para ela, a vida sem discurso e sem ação é uma vida morta para o mundo, não é uma vida humana, pois não é vivida pelo homem.

A ação, para Arendt, é o cerne da condição humana, e é através dela que os indivíduos se tornam plenamente humanos. A ação ocorre no espaço público, onde as pessoas se encontram e participam de discussões, debates e tomadas de decisão. A política é a manifestação mais elevada da ação, pois é por meio dela que os seres humanos exercem sua liberdade e responsabilidade, moldando o destino comum.

A relação entre a condição humana e a educação é evidente no pensamento de Arendt. Para ela, a educação desempenha um papel crucial na formação da condição humana, permitindo que os indivíduos desenvolvam a capacidade de agir e participar na esfera pública. Arendt argumenta que a educação deve ir além da mera transmissão de conhecimento e habilidades. Deve envolver a formação de cidadãos autônomos e éticos, capazes de se engajar na ação política e contribuir para a construção de uma comunidade significativa.

Em seu livro *Entre o passado e o presente* (1975, p.253), vemos que a educação é a gênese, onde decidimos se amamos o mundo o suficiente para assumirmos a responsabilidade por ele, se decidimos salvá-lo da ruína que seria inevitável se a vida não se renovasse constantemente. É também o ponto em que decidimos se amamos os alunos o suficiente para mantê-las em nosso mundo, lhes dar oportunidade de empreender coisas novas e renovar o mundo.

Para a autora, a educação desempenha um papel crucial na formação da condição humana, uma vez que é por meio da educação que os indivíduos desenvolvem a capacidade de agir e participar na esfera pública. A condição humana é distinta por causa da nossa capacidade de ação, que ocorre no espaço público. A ação envolve interações com outros seres humanos, debates, discussões e participação ativa na vida política. É nesse espaço público que os seres humanos exercem sua liberdade e responsabilidade, moldando o destino comum.

A escola é um espaço de ação, pois é onde são formados cidadãos conscientes, capazes de dialogar, discutir e tomar decisões (ARNALDO; SANTANA, 2018). Para Arent, é na escola, por meio da educação que os jovens são introduzidos no mundo e preparados para participar da esfera pública, recebem o legado cultural, histórico e político da sociedade e desenvolvem a capacidade de pensar criticamente, julgar e agir.

Como professores, ao nos envolver em atividades educacionais que incluem o discurso (ensino e comunicação) e a ação (facilitação do aprendizado), participa ativamente da vida social e ao educar os alunos, está contribuindo para a formação de cidadãos ativos, envolvidos na esfera pública, além de serem indivíduos adultos que são responsáveis de apresentar o mundo aos jovens.

Em *Entre o passado e o futuro* (1975, p.124, 230), a autora nos diz que pertence a nossa natureza o fato de que cada geração transforma o mundo velho em mundo novo, que devemos preparar os indivíduos para as oportunidades diante do novo e não impedi-las de transformar esse mundo. A educação, portanto, deve preservar a novidade, preservar o novo e revolucionário nas crianças, devemos introduzi-las nesse mundo velho para transformá-lo.

Além disso, Arendt destaca a importância da educação na transmissão da tradição e na preservação do legado cultural. Através da educação, os indivíduos podem se conectar com o passado e compreender as realizações e os erros das gerações anteriores, o que contribui para uma compreensão mais profunda de sua própria condição humana.

Ainda, em *Entre o passado e o futuro* (1975, p.244), é na escola que a criança é introduzida no mundo, é ela que faz a ponte entre a família e o mundo, que faz a transição da família para o mundo. Nessa etapa, os adultos, nós professores, assumimos a responsabilidade de fazer com ela, entende-se como o aluno, desenvolva suas qualidades e seus talentos pessoais.

Portanto, a educação desempenha um papel fundamental na preparação dos indivíduos para a ação política e social e deve ser mais do que a simples transmissão de conhecimento e habilidades. Ela deve ser um processo que cultive a capacidade de pensar de forma crítica, formar julgamentos independentes e se envolver na esfera pública de maneira significativa.

Para exemplificar, considere o papel da educação na formação de cidadãos ativos em uma democracia. Sob a perspectiva de Arendt, a educação ideal não apenas fornece informações sobre o sistema político, mas também incentiva os alunos a participarem de debates e discussões sobre questões políticas. Isso envolve a prática do pensamento crítico, a consideração de diferentes pontos de vista e a formação de julgamentos informados.

No entanto, ela adverte contra a educação que busca apenas a conformidade e a homogeneização, o que pode sufocar a capacidade de agir e pensar de forma independente. Em vez disso, a educação deve incentivar a pluralidade e o pensamento crítico, preparando os indivíduos para enfrentar um mundo complexo e imprevisível.

Hannah Arendt nos convida a refletir sobre a relação entre a condição humana e a educação. Sua obra *Entre o Passado e o Futuro* destaca a importância da ação como o aspecto distintivo da condição humana e a necessidade de educar cidadãos que possam participar plenamente na esfera pública. A educação, para Arendt, é um meio de formação da condição humana, capacitando os indivíduos a agirem, pensar criticamente e contribuir para uma sociedade significativa.

Para ela, a educação é uma ponte entre o velho e o novo e tem a função de introduzir os jovens no mundo, preservando o mundo e, ao mesmo tempo, renová-lo: “A educação é o ponto em que decidimos se amamos o mundo o bastante para assumirmos a responsabilidade por ele.” (ARENTE, 1961, p.196). Em outras palavras, o papel do docente não é apenas transmitir o conhecimento, mas preparar os discentes para a participação ativa no espaço público e político, panorama de realização da liberdade.

Em um mundo em constante mudança, as ideias de Arendt sobre a condição humana e a educação continuam a ser relevantes. Ela nos lembra que a educação não é apenas a transmissão de conhecimento, mas um processo de capacitação para a ação e a política. Ao reconhecer a importância da ação como parte essencial da nossa natureza, podemos repensar a educação e seu papel na formação de cidadãos conscientes e engajados.

Portanto, à luz das reflexões de Hannah Arendt, é fundamental que a educação seja um processo que capacite os indivíduos a agirem, a pensar de forma autônoma e a participar ativamente na esfera pública. Através desse paralelo entre a condição humana e a educação, podemos aspirar a uma sociedade mais justa e significativa, onde os seres humanos se envolvam na ação política e construam um futuro comum.

Hannah Arendt, uma filósofa notável do século XX, e Paulo Freire, um influente educador brasileiro, abordaram a relação entre a condição humana e a educação sob perspectivas diferentes, mas complementares. Hannah Arendt destaca a importância da ação como o aspecto distintivo da condição humana, enfatizando que a ação ocorre no espaço público e é essencial para a formação de uma comunidade significativa. Por outro lado, Paulo Freire concentra-se na conscientização e na libertação como elementos cruciais da condição humana. Ele argumenta que os indivíduos devem estar cientes de sua realidade social e política e lutar por sua própria libertação.

A relação entre a condição humana e a educação, sob a ótica de Paulo Freire, está intrinsecamente ligada à conscientização. A educação, para Freire, é um meio de despertar a consciência crítica dos alunos, capacitando-os a analisar o mundo à sua volta e a transformá-lo. Isso é fundamental para a emancipação individual e coletiva. Ambos acreditam que a educação é um meio de transformar cidadãos ativos e conscientes: Freire incentiva a conscientização crítica para a transformação social, e Arendt promove a ideia de participação no espaço público como expressão da liberdade.

Tanto Arendt quanto Freire compartilham a visão de que a educação deve ser mais do que a mera transferência de conhecimento. Arendt ressalta a necessidade de uma educação que cultive a pluralidade e o pensamento crítico. Freire defende uma educação que promova a

conscientização e a ação transformadora. Ambos argumentam que a educação deve ir além do simples acúmulo de informações e habilidades, visando à formação de cidadãos ativos e autônomos.

A relação entre a condição humana e a educação, sob a perspectiva de Freire, é marcada por um compromisso com a justiça social. Ele acreditava que a educação poderia ser uma ferramenta poderosa na luta contra a opressão e na construção de uma sociedade mais igualitária. Arendt, por sua vez, enfatiza a importância da política como um meio de agir em conjunto para moldar o destino comum, um conceito que ecoa na visão de Freire sobre a transformação social por meio da educação.

Tanto Hannah Arendt quanto Paulo Freire oferecem perspectivas valiosas sobre a relação entre a condição humana e a educação. Enquanto Arendt destaca a ação e a formação de cidadãos autônomos na esfera pública, Freire concentra-se na conscientização e na luta contra a opressão. Ambos enfatizam a importância de uma educação que vá além da simples transmissão de informações e habilidades, buscando a formação de cidadãos críticos, ativos e comprometidos com a justiça social.

Ambos rejeitam a educação como uma atividade que reduz o indivíduo como um receptáculo ou conta bancária. A libertação dos oprimidos se dá através da educação crítica e dialógica, para Freire, enquanto para Arendt, a ação política e a educação são vistos como bases para a criação de um espaço público e plural onde a liberdade se perfaz.

Através desse paralelo entre Hannah Arendt e Paulo Freire, podemos vislumbrar uma abordagem mais abrangente da educação, que abrange tanto a esfera pública e política quanto a conscientização e a transformação social. Ambos os pensadores nos lembram que a educação desempenha um papel vital na formação da condição humana e na busca por uma sociedade mais justa e significativa.

### 3.3 Abordagem CTSA

No século XIX, o avanço da industrialização levou ao aumento da racionalidade e da ideia de que a humanidade deveria dominar a natureza. O desenvolvimento baseado na C&T (Ciência & Tecnologia) foi visto como símbolo de progresso, mas as guerras mundiais, especialmente a Segunda Guerra, levantaram dúvidas sobre esse desenvolvimento. O uso de armas nucleares mostrou o poder destrutivo da humanidade. Ao longo do tempo, o uso excessivo da tecnologia e os problemas ambientais resultantes tornaram-se evidentes,

questionando a concepção de que a C&T tem como objetivo facilitar a exploração da natureza em benefício humano (ANGOTTI; AUTH, 2001; SIQUEIRA et al., 2021).

Inicialmente, a C&T era considerada um recurso de sucesso e progresso, mas surgiram debates sobre seus benefícios e danos. No entanto, ao longo do tempo, percebeu-se que vivemos em função da tecnologia, seguindo a moda sem questioná-la, o que levou a uma exploração descontrolada da natureza e a avanços científicos e tecnológicos que não beneficiam a todos. Poucos aumentaram seu domínio sobre muitos, resultando em marginalização e miséria para muitos (SANTOS, 2007; SIQUEIRA et al., 2021).

Ciência e Tecnologia são fenômenos intrinsecamente ligados. A primeira busca explicar a natureza por meio do conhecimento objetivo adquirido pelo estudo dos fenômenos empíricos. A segunda, por sua vez, é o conjunto de atividades humanas que utiliza o conhecimento científico para construir coisas e produtos e organizar as relações sociais no âmbito das forças produtivas. Esses dois conceitos estão cada vez mais integrados, sendo frequentemente sintetizados em um único termo: tecnociência. A tecnociência é uma construção social e um agente de transformação social, influenciando e sendo influenciada pelas dinâmicas sociais e culturais (SANTOS, 2007; SIQUEIRA et al., 2021).

Ao longo do tempo, surgiram preocupações com a proteção da natureza, resultando em conferências e movimentos de proteção ambiental. O crescimento da tecnociência não estava acompanhado pelo bem-estar social, o que levou a debates sobre a ética do consumo ilimitado e à necessidade de proteger os recursos naturais. Surge então o que conhecemos como Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (ANGOTTI; AUTH, 2001 citado por ACOT, 1990).

O movimento CTS surgiu no século XX como uma reflexão sobre a natureza e o papel da ciência e tecnologia em seu contexto social. Inicialmente, os estudos sobre CTS se concentravam na academia e no ativismo social, mas atualmente buscam maior participação social e uma abordagem crítica do paradigma predominante. Em resumo, se manifestou uma discussão sobre o desenvolvimento da ciência e tecnologia, os problemas resultantes de seu uso excessivo e descontrolado, a interdependência entre ciência, tecnologia e sociedade, a importância da proteção ambiental e o surgimento do movimento CTS como uma perspectiva crítica em relação ao paradigma predominante (AULER; BAZZO, 2001 citado por SILVA, 2010).

CTS surge então, a partir da crescente integração entre ciência, tecnologia e sociedade, e da necessidade de considerar a dimensão ambiental nessas interações. A ciência é vista não apenas como busca pelo domínio do mundo, mas também como uma salvaguarda dele, sendo um fenômeno cultural e uma prática social, econômica e política. A tecnologia é o

conhecimento que nos capacita a controlar e modificar o mundo, envolvendo atividades humanas que utilizam símbolos, instrumentos e máquinas para construir obras e fabricar produtos. A sociedade é um organismo estruturado pelos indivíduos que vivem em um determinado sistema econômico e regime político, seguindo normas e leis (FONSECA, 2007 citado por VAZ et al., 2009).

Inicialmente, a CTS estava focada nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mas expandiu sua análise para considerar os impactos dessas interações no meio ambiente, influenciado por eventos como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 e a divulgação dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável após a Conferência do Rio 92 trouxe a necessidade de abordar a dimensão ambiental de forma mais significativa (SILVEIRA; BAZZO, 2009 citado por SIQUEIRA et al., 2021; VAZ et al., 2009).

No ensino de ciências, a CTS surgiu na década de 1970 com o objetivo de promover a educação científica para a cidadania, buscando uma abordagem mais humanística e voltada para a formação de cidadãos capazes de tomar decisões e formar valores. A educação em CTS no Brasil ganhou destaque a partir dos anos 1990, com o aumento de pesquisas nessa área e a inclusão de objetivos relacionados ao Movimento nos currículos e diretrizes educacionais (VILCHES et al., 2011; MONTEIRO et al., 2012, citado por SILVA, 2019; SIQUEIRA et al., 2021).

A CTS enfatiza a importância da participação pública nas decisões políticas e sociais relacionadas às interações entre ciência, tecnologia e sociedade, visando formar cidadãos bem-informados e capazes de exercer um certo controle social sobre as atividades científicas, tecnológicas e as políticas públicas. A abordagem pedagógica para a cidadania é destacada como uma meta importante da educação CTS. Em resumo, a abordagem CTS nasce como uma resposta à interação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, buscando uma abordagem educacional que promova a formação de cidadãos críticos e participativos, capazes de compreender e lidar com os impactos sociais, ambientais e políticos da ciência e da tecnologia.

Com o objetivo de estabelecer relações entre o cotidiano e os conceitos químicos de forma dinâmica e estimular a busca pelo conhecimento, surge uma abordagem que relaciona CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). No mundo pós-guerra, com a degradação ambiental ocorrida pelo uso de bombas atômicas, estudiosos aflitos com o meio ambiente começam a apresentar preocupações com o uso de armas nucleares e da química e

suas relações com a natureza. A ciência passa a ser vista não como neutra, mas como algo que pode ocasionar impactos e que deve ser responsabilizada, daí o movimento CTS surge como intervenidores sociais na decorrência da aplicação da ciência e da tecnologia (ARNALDO; SANTANA, 2018; AULER; BAZZO, 2001; MORTIMER; SANTOS, 2001, citado por FARIA, 2021).

Na década de 1970, novos currículos de ciências começaram a abordar as consequências ambientais, surgindo assim a denominação CTSA. Alguns autores argumentam que a inclusão do “A” é desnecessária, pois as questões ambientais já estão implícitas na abordagem CTS. No entanto, outros defendem que o “A” destaca a importância do meio ambiente como uma dimensão distinta nas análises de CTS, especialmente devido à crise ambiental global. A abordagem CTSA busca promover uma compreensão crítica das implicações das práticas científicas e tecnológicas na sociedade e no meio ambiente (SANTOS; MORTIMER, 2002, citado por VAZ et al. 2009).

Existem diferentes perspectivas sobre a abordagem CTSA. Alguns estudos destacam os benefícios dessa abordagem no ensino de ciências, como o despertar do interesse dos alunos, o aprimoramento do pensamento crítico e a conscientização das interações entre ciência, tecnologia e sociedade. No entanto, também são apontadas algumas limitações em trabalhos que utilizam a sigla CTSA sem diferenciá-la teoricamente e metodologicamente da abordagem CTS, o que pode reduzir o aspecto ambiental a uma mera adição.

Alguns autores discutem a necessidade de abordar a questão ambiental de forma ampla, considerando uma visão histórica, sistêmica, holística e dinâmica. São propostos princípios para enriquecer o debate sobre CTSA: compreender a realidade de forma sistêmica, entender a realidade como um processo histórico-social, reconhecer e respeitar a diversidade cultural, buscar soluções para as demandas sociais, promover a participação ativa da população, repensar as práticas educativas e estimular a consciência crítica sobre os problemas ambientais e humanos.

Em resumo, a abordagem CTSA surge como uma expansão da abordagem CTS, incorporando a dimensão ambiental às discussões. A abordagem CTSA busca promover uma compreensão crítica das implicações das práticas científicas e tecnológicas na sociedade e no meio ambiente, reconhecendo a interação entre os quatro termos da sigla. A inclusão de “A” destaca a importância das questões ambientais e busca evitar reducionismos nas análises de CTS. No entanto, é necessário um debate contínuo e reflexões mais profundas para aprimorar essa abordagem e integrar efetivamente as dimensões ambientais práticas educativas. Optamos em utilizar nesse trabalho o termo CTSA, convictos de que a adição do “A” reforça

a questão ambiental, segundo o entendimento de alguns autores, já que a discussão entre CTS e CTSA persiste.

Essa abordagem tem como propósito principal possibilitar o conhecimento científico, auxiliando-os a construir o saber, habilidades e valores necessários à tomada de decisões responsáveis, diante dos aspectos científicos e tecnológicos na sociedade. Está vinculada à educação científica e ambiental e é uma prática pedagógica baseada na utilização de fatos do cotidiano, passando então de uma mera visão da ciência neutra para uma visão interdisciplinar, que abrange as consequências sociais, políticas e culturais (ARNALDO; SANTANA, 2018; SANTOS; SCHNETZLER, 2000, citado por SILVA et al., 2014; WARTHA et al., 2013; KRASILCHIK; MARANDINO, 2007, citado por COSTA; SANTOS, 2014).

Podemos dizer que a abordagem CTSA, é uma perspectiva que se concentra no estudo da interação entre as quatro áreas mencionadas. E que busca compreender como a ciência e a tecnologia influenciam e são influenciadas pela sociedade e pelo ambiente, bem como a sociedade e ambiente moldam o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Uma de suas preocupações é examinar as implicações sociais, políticas e ambientais das inovações tecnológicas e dos avanços científicos. Outro objetivo, é ajudar a promover uma sociedade mais equilibrada e sustentável, ao mesmo tempo em que assegura de que ciência e tecnologia estejam a serviço dos melhores interesses da sociedade e do ambiente.

Para alcançar tais objetivos, a CTSA enfatiza a importância da comunicação clara e aberta entre os cientistas, técnicos, políticos, ambientalistas e sociedade de modo geral. Além de atuar na defesa da necessidade de um diálogo mais próximo e colaborativo entre diferentes disciplinas e setores, a fim de que possa ter uma compreensão mais ampla e mais integrada dos desafios e oportunidades que surgem na interação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A finalidade da educação em ciências em perspectiva CTSA é dar uma visão integrada da ciência, relacionando ciência com tecnologia e salientando os impactos que estas têm na sociedade e no meio ambiente, bem como a influência que a sociedade e o ambiente têm no desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Atualmente, ciência e tecnologia estão entrelaçados de modo que é difícil separá-las e estão presentes em praticamente todos os aspectos de nossas vidas. Assim, a educação CTSA comprehende a dimensão da ciência e tecnologia no que diz respeito a natureza social, política e econômica e suas repercussões éticas, ambientais e culturais (VASQUEZ; MANASSERO, 2012, citado por FERNANDES et al., 2018).

A perspectiva CTSA na abordagem da Química, visa preparar os estudantes para o exercício da cidadania e se caracterizam pela abordagem dos conteúdos da matéria no seu contexto social. Ela abrange desde os conhecimentos científicos e tecnológicos que contribuem para o bem-estar da sociedade até os problemas oriundos dessa mesma ciência e tecnologia que podem vir no futuro. Nenhuma instituição, incluindo a escola, sozinha, tem condições de acompanhar a evolução científica necessárias para a compreensão do mundo, seja mostrando as maravilhas da ciência, seja disponibilizando informações que permitam ao indivíduo a tomada de decisão ou ação, e aqui a escola tem um papel importante, que é o de instrumentalizar os professores (PRAIA et al., 2007; KRASILCHIK; MARANDINO, 2007; SANTOS; SCHNETZLER, 2000; FOUREZ, 1995, citado por COSTA; SANTOS, 2014).

Nesta abordagem, o ensino de química e de ciências é visto como um processo interativo e contextualizado, em que os alunos são incentivados a explorar questões relevantes à sociedade e ao meio ambiente, a partir de uma perspectiva científica. Isso permite que os alunos desenvolvam habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e capacidade de tomar decisões. Ela destaca também, a importância de se aplicar conhecimentos científicos em situações reais e aproximar a ciência do cotidiano dos alunos. Isso pode ser feito por meio de atividades práticas e experimentos, projetos interdisciplinares, estudo de caso e simulações que abrangem temas relacionados à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A BNCC estabelece diretrizes fundamentais para o ensino de Ciências da Natureza no Ensino Médio, destacando a importância de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos. O principal objetivo é promover ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, reduzam impactos socioambientais e melhorem a qualidade de vida em nível local, regional e global (BNCC, 2018, p. 554).

Entre os tópicos abordados, a BNCC ressalta a necessidade de avaliar criticamente os benefícios e riscos à saúde e ao meio ambiente, considerando a composição, toxicidade e reatividade de diferentes materiais e produtos (como os agrotóxicos), assim como o nível de exposição a eles. Essa análise deve levar os alunos a propor soluções responsáveis para seu uso e descarte, garantindo um equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade (BNCC, 2018, p.555).

A compreensão dos ciclos biogeoquímicas e os impactos da ação humana sobre eles é outro ponto central. A BNCC orienta que, a partir da análise desses processos, sejam promovidas ações que minimizem as consequências nocivas à vida, incentivando o uso sustentável dos recursos naturais (BNCC, 2018, p.555). Além disso, propõe a utilização de

interpretações científicas sobre a dinâmica da vida, da terra e do cosmos para elaborar argumentos e fundamentar decisões éticas e responsáveis (BNCC, 2018, p. 556).

A preservação da biodiversidade também tem destaque, considerando os parâmetros qualitativos e quantitativos para avaliar os efeitos das ações humanas e das políticas ambientais. Desse modo, a BNCC busca garantir que a sustentabilidade do planeta seja tratada como prioridade no processo educacional (BNCC, 2018, p.557). Além disso, enfatiza a importância da investigação de situações-problema, avaliar aplicações do conhecimento científico e propor soluções que atendam a demandas locais, regionais e globais, utilizando ferramentas e tecnologias digitais para comunicar descobertas de maneira eficaz (BNCC, 2018, p.558).

A BNCC também incentiva o debate sobre temas controversos relacionados a aplicação do conhecimento científico e tecnológico, como biotecnologias e estratégias de controle de pragas. Esses debates devem ser embasados em argumentos consistentes, éticos e legais, considerando diferentes perspectivas e implicações (BNCC, 2018, p.559).

O documento propõe que os discentes avaliem riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos científicos para justificar o uso de equipamentos e recursos que garantam a segurança individual e coletiva (BNCC, 2018, p.559). Em suma, a BNCC visa preparar os estudantes para atuar de maneira crítica, ética e responsável, utilizando o conhecimento científico para enfrentar os desafios atuais e contribuir para uma sociedade mais sustentável e consciente.

Com o objetivo de contribuir para a compreensão do que seja ciências, tecnologia, sociedade e ambiente na vida social e humana, de modo que o discente seja protagonista nas questões políticas e sociais, o PCN propõe que o ensino de química seja agrupado as ciências da natureza (química, física e biologia). Sugere ainda que o ensino médio seja capaz de promover uma formação que desenvolva capacidade de pesquisar, analisar e selecionar informações que promovam aprendizado e que estimule a criação e não apenas memorização (BRASIL, 2000).

Ainda no PCN +:

[...] a química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade e histórico. Há uma necessidade assim de proporcionar o acesso a conhecimentos químicos que permitam a “construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação” (BRASIL, 2002, p. 87 apud BRASIL, 2006).

Em ambos os documentos supracitados, observamos uma busca pelo envolvimento do aluno no processo de ensino e aprendizagem de modo que a aprendizagem seja significativa e que o discente seja o protagonista no processo. Assim, devemos priorizar atividades que despertem o interesse do aluno e que lhe permita desenvolver as habilidades necessárias para sua plena formação como cidadão crítico. Com o objetivo de estabelecer relações entre o cotidiano e os conceitos químicos de forma dinâmica e estimular a busca pelo conhecimento, surge uma abordagem que relaciona Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Como dissemos, os Parâmetros Curriculares destacam a importância do ensino de ciências/química para a formação do cidadão, o que pode ser entendido como a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo relacionado a tomada de decisão consciente e crítica. Portanto, quando apontamos o ensino de ciências/química no enfoque CTSA, estamos apontando para uma posição diferenciada do professor, uma posição de articulador entre os saberes.

No ensino de química, essa abordagem é especialmente importante quando se trata do tema “agrotóxicos”, já que estes têm impactos significativos em todas as áreas mencionadas. Ao estudar esse tema com base na CTSA, é possível abranger aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais envolvidos: científicos – compreensão da química dos agrotóxicos, incluindo sua formulação, mecanismos de ação e interação com plantas, animais e humanos; tecnologia – que envolve a produção e aplicação, técnicas de produção, gerenciamento de resíduos; social – considerar impactos sociais e econômicos do seu uso, incluindo questões de justiça e equidade relacionadas a saúde e ao bem-estar das comunidades próximas de onde esses produtos são utilizados; políticas públicas/economia/comércio; e ambiental – considera os impactos ambientais, contaminação de solo, água e biodiversidade (BOTELHO et al., 2020).

Sendo uma área complexa e que exige uma abordagem integral e completa, o ensino de química abrange muitos aspectos. O tema dos agrotóxicos é um exemplo disso, já que tem impactos significativos em diferentes áreas, incluindo aspectos científicos, tecnológicos, sociais, políticos e ambientais. Para abordar esse tema com base na CTSA, é importante que os docentes tenham clareza e domínio do conteúdo abordado, de modo a detectar as dificuldades dos alunos e a possibilitar sua inserção nos contextos escolar, social, cultural e ambiental.

Ao estudar os agrotóxicos com base nessa abordagem, os alunos podem adquirir uma compreensão mais ampla e profunda dos impactos desses produtos na sociedade e no

ambiente, podem aprender a química desses produtos, a ciência e a tecnologia no desenvolvimento desses produtos, além de considerar os impactos sociais e econômicos desses produtos para o meio ambiente de modo geral. Ou seja, ao integrar essas diferentes áreas e contextos na abordagem no ensino de química, os professores podem ajudar os alunos a desenvolverem uma compreensão mais completa e profunda dos conceitos e temas abordados, preparando-os para um futuro com cidadãos conscientes e responsáveis.

Para preparar cidadãos críticos, é necessário que o professor desenvolva atividades que favoreçam a difusão de habilidades e competências que lhe permitam conhecer os alunos e acompanhar os ritmo do seu desenvolvimento no processo educativo, ter clareza e domínio do conteúdo abordado, detectar suas dificuldades e as dificuldades dos discentes, e inserir o aluno nos contextos escolar, social, cultural e ambiental (PINHEIRO et al., 2007; GOUVEIA, 2009; ALVES et al., 2007 citado por COSTA; SANTOS, 2014; SAVIANE, 2003 citado por ENNES, 2015).

Ser educado para a dúvida e para a contradição, para a crítica, exige que o professor trace um novo perfil, que esteja disposto a rever seus conhecimentos e dirigi-los para uma compreensão mais aberta e total da realidade. O professor se tornaria uma espécie de docente engajado, se para Sartre o intelectual engajado é um escritor da atualidade que opina e intervém sobre os acontecimentos relevantes à medida que acontecem, o docente engajado, deve opinar e intervir no âmbito escolar, deve estar vigilante no compromisso de formar cidadãos críticos, dispostos a mudar a realidade em que vivem (FAZENDA, 1993; CHAUI, 2006).

É importante que o docente esteja aberto a rever seus conhecimentos e a direcioná-los para um entendimento mais amplo e aberto da realidade. Que esteja disposto a opinar e intervir no ambiente escolar, a ser vigilante no compromisso de formar pessoas mais responsáveis e críticas. O educar para a dúvida e a contradição, o professor incentiva a reflexão crítica, a capacidade de análise e a formação do pensamento autônomo e independente. Uma vez que o docente consiga preparar os alunos para a análise da realidade, o aluno é capaz de mudá-la. Ambos então se tornam agentes de transformação social, capazes de fomentar uma sociedade mais justa, igualitária e democrática.

Nesse sentido, segundo Libâneo (1994), a formação teórica-científica – formação acadêmica específica – não deve estar separada da formação pedagógica – contexto histórico-social. O professor não deve se resumir a passar para o aluno a formação técnico-prática apenas, mas deve levar em conta situações sociais concretas. A forma como o docente atua em sala de aula deve levar em conta a concepção de homem e sociedade, subordinada a

propósitos sociais, políticos e pedagógicos. No entanto, o processo de ensino é uma atividade que envolve tanto docente quanto discente, guiado pelo professor com o objetivo de promover meios para que os estudantes desenvolvam seus conhecimentos, habilidades, ações e convicções.

Os professores têm a importante tarefa de fazer a ponte entre a sociedade e os alunos, entre a origem do aluno e o seu destino na sociedade, e a abordagem CTSA tem o potencial de contribuir com essa tarefa. Essa ponte pode ser feita com planejamento e métodos de ensino e avaliação da aprendizagem. Quando tratamos de agrotóxicos, por exemplo, podemos supor que esses produtos são utilizados para maximizar lucros e minimizar perdas, seja das empresas que os produzem quando dos indivíduos que os consomem. São produtos que mesmo tendo seus pontos negativos comprovados, como contaminação do meio ambiente e de pessoas, continuam sendo usados por uma classe que parece ser a dominante.

Quando o professor assume que é mediador entre oprimido e opressor, ele assume o seu papel ético-político frente aos interesses sociais dispostos na sociedade, ou seja, do lado que é maior, porém mais fraco. Concluímos então que o professor, por meio do seu trabalho, serve para dirigir os processos de ensino e aprendizagem dos conteúdos levando o aluno a uma formação cidadã crítica (LIBÂNEO, 1994).

Podemos dizer que a abordagem CTSA, com a ajuda do docente, busca uma visão crítica e reflexiva sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Ela reconhece que a ciência e tecnologia são neutras e estão intimamente ligadas aos interesses políticos e sociais em jogo na sociedade e por isso é fundamental que a educação se preocupe em formar cidadãos críticos e conscientes, capazes de entender as implicações sociais e éticas da ciência e da tecnologia e de participar ativamente nas decisões que afetam a sociedade.

Finalmente, no contexto contemporâneo, a abordagem CTSA pode ser considerada uma aplicação importante das teorias de Freire e Arendt, pois oferece uma conexão direta entre a realidade social e o conhecimento científico, principalmente por se referir as implicações éticas da ciência e tecnologia. Essa abordagem se alinha a conscientização (Freire) e a responsabilidade no mundo público (Arendt), e deve ser apresentada aos discentes como uma forma de estimulá-los a julgar (Arendt) e a agir de modo transformador (Freire), ao lidar com problemas relevantes como a crise ambiental e o impacto da tecnologia em nossa sociedade.

### 3.4 Avaliação da aprendizagem escolar

Segundo José Carlos Libâneo, pesquisador e educador brasileiro, a avaliação escolar desempenha um papel fundamental no processo educativo e destaca que ela não deve ser vista apenas como um instrumento de mensuração do conhecimento adquirido pelos alunos, mas sim como uma ferramenta pedagógica que contribua para o desenvolvimento do educando.

Quanto à avaliação, o professor pode observar os alunos enquanto a atividade está sendo aplicada, o que lhe permite ver se os estudantes estão usando seus conhecimentos e habilidades e como estão se desenvolvendo, podem ser feitas entrevistas para saber se o aluno consegue expressar sua compreensão do tema e em casos em que se veja a dificuldade do aluno em se expressar de forma oral, o professor pode lhe pedir relatório ou lhes oferecer perguntas a serem respondidas de forma escrita, por exemplo, sempre oferecendo um retorno para que o aluno possa avaliar os próprios erros e corrigi-los no futuro.

Para Perrenoud (1978, p.143), o professor que recusa o monólogo, e se utiliza do jogo de perguntas e respostas leva seus alunos a participar de forma ativa, reforçam uma imagem positiva de si mesmos e são preparados para as verdadeiras avaliações.

A avaliação escolar adequada, portanto, tem importância como um meio para acompanhar o desenvolvimento da aprendizagem de forma mais precisa e consciente, e promover a evolução plena do aluno. A abordagem pedagógica defendida por Freire destaca a mediação dialógica como elemento fundamental no processo de ensino-aprendizagem, o que implica considerar o papel da escola e dos professores como mediadores do processo avaliativo. O que quer dizer que, a avaliação escolar assume papel de grande importância, uma vez que permite acompanhar de forma mais precisa e sistemática o desenvolvimento dos discentes e identificar eventuais dificuldades, permitindo que o docente proponha intervenções pedagógicas mais adequadas às necessidades dos alunos e mais efetivas (MARSELLA, 2012).

Ainda, segundo Marsella (2012), a prática de avaliação remonta aos primórdios da existência humana, embora tenha sido inicialmente utilizada apenas para fins de sobrevivência. Com o tempo, essa prática foi levada para outros campos mais complexos das atividades humanas, na escola foi introduzida como um critério para identificar o potencial dos estudantes e promover sua evolução. A avaliação escolar, portanto, deve ter o objetivo de identificar e desenvolver as funções cognitivas, instrumentais, afetivas e motoras dos alunos, em vez de apenas garantir sua promoção de série.

Segundo Luckesi (2011, p. 45), a avaliação da aprendizagem escolar adquiriu sentido a medida em que se articula com um projeto pedagógico e com o projeto de ensino. Tanto no aspecto geral, quanto no específico, a avaliação não tem finalidade em si, ela subsidia as ações ao longo da atividade que tem um resultado definido previamente. O que nos interessa, portanto, é garantir a qualidade do aprendizado que estamos construindo.

O que Luckesi propõe é que a avaliação da aprendizagem supere a classificação, buscando realizar diagnósticos e embasar tomada de decisão para possíveis avanços no processo de ensino e aprendizagem. E que se abandone a pedagogia do exame, que reduz a avaliação educacional a meros mecanismos de validação de progressão dos discentes para séries subsequentes de ensino ou apenas para atribuição de notas e classificações.

Para Libâneo (1994), a avaliação escolar tem sido muito criticada por se reduzir a um instrumento de controle, que seleciona e classifica os alunos pelas notas que obtém nas provas e, instrumento de recompensa e punição. A forma correta de avaliação seria considerar não apenas provas objetivas, mas sim, todo o processo de aprendizagem, ou seja, considerar todas as interações dos alunos ao longo do desenvolvimento da atividade.

A pedagogia do exame para Luckesi (2011, p.70), corresponde a um modelo burguês capitalista que compromete a todos, já que as provas têm características excludentes. Como o modelo de sociedade vigente é segregador, é natural que o modelo de avaliação seja compatível com esse modelo, em que um reforça o outro. No seu sentido real, a avaliação da aprendizagem é democrática, inclusiva, acolhe a todos e se opõe ao modelo social hierarquizado e excluente da sociedade burguesa e por isso é difícil praticá-la.

Luckesi (2011) propõem a avaliação diagnóstica, uma avaliação que é uma das etapas da avaliação educacional e tem como objetivo identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos, por meio de instrumentos e técnicas que permitam uma análise mais precisa e profunda das habilidades e competências dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados. Deve ser realizada no início do processo de ensino-aprendizagem, com o intuito de identificar as necessidades de cada aluno e orientar o planejamento pedagógico do professor. Podendo ser feita por diferentes meios, como provas, testes, questionários, entrevistas e observações.

Em seu livro *Avaliação da Aprendizagem escolar Estudos e Proposições* (p. 91), ele fala que a avaliação deve ser diagnóstica, um instrumento de identificação de novos rumos das atividades que estão sendo desenvolvidas. Em uma sociedade democrática, fundada na reciprocidade, a escola deve auxiliar o aluno na formação de suas competências, sem opressão ou domesticação. Ainda, diz que “a avaliação existe para garantir a qualidade da aprendizagem do aluno” possibilitar uma aprendizagem de qualidade e não de classificação.

A avaliação diagnóstica deve ser utilizada de forma a contribuir para a aprendizagem do estudante e não para classificá-lo ou rotulá-lo, é importante que os resultados obtidos sejam interpretados de maneira cuidadosa e que sejam utilizados para orientar o trabalho do docente, de forma que favoreça o desenvolvimento dos discentes. Perrenoud (1978, p. 142), nos diz que se a avaliação for utilizada como um diagnóstico inicial for levada como um prognóstico pode diminuir as desigualdades.

Esse tipo de avaliação está comprometido com uma proposta pedagógica crítica e histórica, segundo autor, proposta que valoriza a aprendizagem significativa e a formação integral dos alunos. O que quer dizer que não basta apenas aplicar técnicas e instrumentos de avaliação, mas é necessário que se tenha compreensão profunda da natureza da aprendizagem e do processo educativo como um todo.

Nesse sentido, a avaliação diagnóstica deve estar a serviço do processo educativo, auxiliando o professor a identificar as necessidades de cada estudante e orientando o planejamento pedagógico. Para isso, é fundamental que o professor tenha uma concepção pedagógica crítica, que considere o contexto social, político e cultural em que está inserida a escola e que tenha como objetivo a formação de cidadãos críticos e participativos (ARNALDO; SANTANA, 2018).

Quando dizemos “considerar o contexto”, queremos dizer, que a avaliação diagnóstica deve estar comprometida com uma perspectiva histórica, que leve em conta a trajetória dos discentes, suas experiências anteriores e seus conhecimentos prévios, a fim de criar um ambiente de aprendizagem que valoriza a diversidade e que respeite as diferenças individuais.

Segundo Luckesi (2011, p.16), é preciso compreender e realizar a avaliação diagnóstica comprometida com a ideia de pedagogia histórico-crítica progressista, preocupada com a perspectiva de que o aluno deve desenvolver seus conhecimentos e habilidades de forma crítica.

Vista dessa forma, esse tipo de avaliação é uma ferramenta a serviço da aprendizagem significativa e da formação integral dos alunos, e não como uma forma de classificação ou rotulação deles. Para isso, é necessário que os professores estejam comprometidos com uma proposta pedagógica crítica e histórica, que valorize a formação de cidadãos conscientes e participativos, e que a conheçam. Ela se divide em planejamento, execução e avaliação.

Sobre o planejamento Luckesi (2011), nos fala que o planejamento não é unicamente técnico e tão pouco exclusivamente político-filosófico, mas político-social, científico e técnico, já que esta comprometido com a realidade e com os meios de se obter resultados eficientes no aprendizado dos alunos.

Por um lado, o planejamento político-filosófico se refere aos objetivos e metas pedagógicas da escola e aos valores e concepções que orientam o processo educativo. Isso envolve a definição de um projeto político-pedagógico que contemple as expectativas e necessidades da comunidade escolar, assim como as diretrizes estabelecidas pelas políticas públicas de educação. Portanto, o planejamento da avaliação diagnóstica deve ser alinhado com essas questões mais amplas, de modo a contribuir para a realização desses objetivos.

Por outro lado, o planejamento técnico se refere às questões metodológicas e operacionais dessa avaliação, como seleção de técnicas e instrumentos adequados, a definição dos critérios de avaliação e a organização dos dados coletados. Nesse sentido, é importante que os professores tenham conhecimento das diferentes técnicas de avaliação disponíveis e saibam selecionar as mais adequadas para cada situação, levando em conta as características dos alunos, o conteúdo trabalhado e os objetivos da avaliação.

Assim, o planejamento da avaliação diagnóstica deve contemplar tanto questões filosóficas e políticas quanto às questões técnicas e metodológicas, de modo a integrar esses aspectos de forma equilibrada e garantir a qualidade do processo avaliativo. Dessa forma, a avaliação diagnóstica pode ser um instrumento efetivo para a melhoria do processo educativo e para o desenvolvimento integral dos alunos.

O segundo ponto da avaliação diagnóstica é a execução. Diz Luckesi (2011, p.167), que executar o planejamento é colocar em andamento decisões coerentes e consistentes, colocar na prática do dia a dia os princípios filosóficos e políticos progressistas para se obter o resultado desejado.

Para que a execução seja possível, o professor deve ter a compreensão profunda dos princípios pedagógicos que norteiam essa avaliação, bem com as técnicas e instrumentos adequados a cada situação. É importante que o docente esteja atento às características individuais dos discentes, suas dificuldades e potencialidades, de modo a adaptar a avaliação às suas necessidades.

A execução do planejamento dessa avaliação implica traduzir em prática cotidiana os princípios filosóficos e políticos estabelecidos, por meio de uma transmissão e assimilação ativa dos conteúdos escolares. Isso implica criar um ambiente de aprendizagem que valorize a participação ativa dos discentes, incentivando a sua capacidade de reflexão crítica.

Ao obter os resultados esperados, a avaliação pode ser utilizada como um instrumento efetivo para a melhoria do processo educativo e para o desenvolvimento integral dos alunos. Dessa forma, é fundamental que o professor esteja comprometido com a sua prática docente,

buscando constantemente aprimorar suas técnicas e metodologias, tendo em vista os princípios pedagógicos que norteiam a avaliação.

Após planejar e executar, temos a avaliação. Luckesi (2011, p.168-169), diz que o planejamento define os resultados e os meios para atingi-lo, serve como instrumento de verificação dos resultados que planejamos, se estão saindo como esperamos ou não, e que fundamentará as decisões que tomaremos em direção aos resultados que desejamos.

Nessa etapa, a avaliação é utilizada como instrumento de verificação dos resultados planejados, a partir dela podemos constatar se os objetivos e as metas estabelecidos foram alcançados. Para que seja efetiva, é necessário que sejam utilizadas as ferramentas adequadas e que os resultados sejam analisados de forma cuidadosa e criteriosa.

Os resultados devem ser comparados com os objetivos estabelecidos no planejamento da avaliação, a fim de verificar se foram atingidos ou não. Vale ressaltar que essa etapa não se trata apenas de verificar se o aluno alcançou as notas ou conceitos esperados, mas sim de avaliar todo o processo educativo e verificar se houve uma evolução da aprendizagem dos educandos.

A partir da análise dos resultados obtidos, é possível fundamentar decisões que devem ser tomadas para que os resultados planejados sejam construídos. Essas decisões podem ser relacionadas a continuidade ou ajustes do processo educativo, seja na elaboração de novas estratégias pedagógicas, no estabelecimento de novos objetivos, na revisão de conteúdo ou na adequação de recursos e materiais didáticos.

Portanto, a avaliação como instrumento de verificação de resultados planejados é fundamental para a melhoria do processo educacional e para o alcance dos objetivos propostos no planejamento da avaliação diagnóstica. Reforçando que, é importante que os resultados sejam analisados de forma cuidadosa, a fim de estabelecer decisões que possam, de fato, promover a evolução do processo de aprendizagem dos estudantes e o aprimoramento contínuo do processo educativo.

Vamos exemplificar. Imagine que você, professor, queira abordar o tema “Agrotóxicos” na sua aula de química, voltando o tema para a educação ambiental. Inicialmente você apresenta o tema, perguntando aos alunos sobre o assunto “agrotóxicos”, qual sua relação com o meio ambiente, a saúde e os interesses econômicos envolvidos no consumo desses produtos: O que são agrotóxicos? Quais os impactos do uso desses produtos químicos na saúde humana e no meio ambiente? Como a utilização desses produtos afetam a biodiversidade?

Ao apresentar o tema, pedir que os alunos falem a respeito e fazer perguntas, você percebe o que os alunos sabem ou não, e o que é necessário que aprendam. Então, você pede que os alunos levem para a próxima aula, notícias de revistas e jornais, se possíveis rótulos de embalagens desses produtos, e com base nesse material, você pede que os alunos observem e discutam quais os grupos funcionais presentes nas fórmulas dos compostos químicos, a origem, a evolução e o uso desses produtos: Qual a relação entre o uso de agrotóxicos e a produção de alimentos? Quais alternativas existem ao uso desses produtos? Como a utilização dos agrotóxicos afetam o meio ambiente?

Em seguida, você decide discutir os impactos ambientais e sociais do uso de agrotóxicos e como fazer para diminuir sua utilização: como a sociedade pode contribuir para o uso responsável desses produtos? Como os conceitos de química estão presentes nesse tema? Como a indústria química está envolvida na produção dos agroquímicos e como isso afeta a população e o meio ambiente?

Como utilizar a avaliação diagnóstica neste caso? Como saber se os alunos aprenderam a importância do uso consciente desses produtos e sua relação com a preservação do meio ambiente? Para avaliar o aluno com base na avaliação diagnóstica nesse contexto, é importante considerar os objetivos da atividade proposta, supondo serem eles: conscientização do discente sobre os impactos dos agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana; promover o debate e a reflexão crítica sobre o tema. É possível utilizar alguns instrumentos de avaliação, aqui citaremos quatro como exemplo: a observação direta; elaboração de uma cartilha; um debate; e um questionário.

Na observação direta, podemos observar o engajamento dos alunos na atividade proposta, como a participação ativa no debate e a elaboração de perguntas relevantes. É importante observar se os alunos estão fazendo perguntas pertinentes ao tema e se estão demonstrando interesse, se estão participando ativamente do debate e se estão expressando de forma clara e objetiva suas perguntas e suas respostas.

Essa prática é um dos fundamentos da pedagogia de Maria Montessori muito utilizados na educação infantil, mas também pode ser muito útil no ensino médio. Os primeiros seres humanos utilizavam esse recurso como forma de sobreviver as intempéries e podemos também, a partir dela, coletar dados dos alunos que nos possibilitem acompanhar seu processo de aprendizagem (Educ21, 2021, p.4).

Essa observação pode ser feita pelo professor ou por um observador externo, que pode registrar suas observações por meio de uma verificação ou de anotações em um caderno qualquer. Essa estratégia de observação do comportamento dos alunos durante a pesquisa e

debate, ou apresentação é importante para o docente entender como cada aluno está se apropriando do conhecimento. Permite que o professor ajude cada aluno individualmente de acordo com suas necessidades.

Outro exemplo de avaliação, é pedir que os estudantes elaborem uma cartilha, que pode ser distribuída na própria escola. Podemos avaliar a qualidade da cartilha elaborada pelos alunos, como a organização do conteúdo, a clareza das informações e a adequação do vocabulário para o público-alvo. Esses critérios podem ser estabelecidos pelo professor em conjunto com os alunos ou por meio de um guia de avaliação elaborado previamente. Vale ressaltar que os critérios de avaliação devem ser claros e objetivos para que os alunos saibam o que você espera deles.

A elaboração de uma cartilha pelos alunos é uma atividade que está relacionada com a informar e capacitar os alunos como agentes críticos e transformadores de sua realidade, conceito chave da teoria de Freire. O processo de construção coletiva da cartilha estimula a cooperação e a colaboração entre os alunos, além de propiciar uma oportunidade para que os estudantes apliquem o conhecimento que adquiriram durante a pesquisa.

Uma terceira forma de avaliar a aprendizagem dos seus alunos é por meio de debates ou apresentações. Neste quesito, podemos estimular a participação dos alunos, dando-lhes a oportunidade de expor suas ideias e opiniões. O professor pode fazer a mediação, incentivando a troca de ideias e a reflexão crítica sobre o tema e sua relação com o cotidiano. Quando temos um conteúdo relevante e que faz parte do dia a dia, que façam com que os alunos se aprofundem no tema e que envolva resolução de problemas reais, pode ser que eles se sintam mais motivados e que o debate tenha maior qualidade (MORAN, 2018; DAROS, 2018, citado por FARIA, 2021).

Segundo Torres e Irala (2014), a mediação é um processo de aprendizagem colaborativa e é essencial para promover a construção do conhecimento. Nesse processo, as pessoas aprendem juntas, a aprendizagem surge como um efeito colateral da interação entre os discentes que estão trabalhando para resolver um problema ou uma tarefa que foi proposta pelo professor. A troca de ideias pode proporcionar a melhora do entendimento sobre o tema, além de permitir um entendimento mais aprofundado do que está sendo estudado.

Devemos avaliar a participação dos alunos, como a qualidade da argumentação apresentada, a capacidade de expressar suas ideias com clareza e objetividade, e a contribuição que ele dá para a discussão. Ou pode utilizar uma escala de avaliação, que atribui notas ou pontuações aos alunos com base nos critérios estabelecidos, critérios que devem ser claros e objetivos para que os alunos saibam como estão sendo avaliados.

E por fim, podemos utilizar um questionário como forma de avaliação diagnóstica. O questionário pode ser aplicado para verificar o nível de compreensão dos alunos sobre o tema e para avaliar sua capacidade de relacionar os conceitos aprendidos com as situações práticas do cotidiano. Ele pode ser composto por questões de múltipla escolha, questões dissertativas ou perguntas abertas, que permitam ao aluno responder livremente.

Além disso, o professor pode elaborar questões que envolvam a classificação de cadeias carbônicas, reconhecimento dos principais grupos funcionais e reconhecimento de substâncias orgânicas que tenham relação com o cotidiano do discente, utilizando moléculas que representam estruturas moleculares de substâncias que compõem os agrotóxicos, sempre discutindo os males que eles provocam tanto no meio ambiente quanto para o ser humano e os animais.

Quando fazemos perguntas aos discentes, conseguimos saber de forma antecipada o que eles sabem sobre o assunto que será abordado e desse modo fica mais fácil direcionar as aulas futuras, além de estimular o interesse e incentivar a participação (GOMES; MOTA, 2019 citado por FARIA, 2021). É importante que as questões sejam elaboradas com cuidado para que avaliem o conhecimento adquirido pelos alunos de forma eficaz.

Lembre-se que, a avaliação diagnóstica tem como objetivo verificar o nível de aprendizagem e o grau de engajamento dos alunos na atividade proposta, identificar possíveis lacunas no conhecimento dos alunos sobre o tema para orientar a continuidade do processo educativo e promover a reflexão crítica sobre o tema proposto. Para isso, é sempre bom utilizar diferentes ferramentas de avaliação, como as que citamos aqui, que permitem avaliar diferentes aspectos do processo de aprendizagem dos estudantes. Luckesi (2011, p.207): A avaliação, aqui, apresenta-se como um meio constante de fornecer suporte ao educando no seu processo de assimilação dos conteúdos e no seu processo de constituição de si mesmo como sujeito existencial e como cidadão.

Em outras palavras, a avaliação no contexto educacional não deve ser vista como mera medida de desempenho como propõe a burguesia, mas sim como uma oportunidade constante de fornecer apoio ao aluno durante todo o seu processo de aprendizagem, no qual o professor tem o compromisso de fornecer retorno construtivo e orientações que possam ajudar o estudante a assimilar os conteúdos de forma mais efetiva.

Os exemplos que mencionamos estão ligados à teoria de Freire e na ideia de avaliação de aprendizagem de Luckesi, que enfatiza a importância da interação social na construção do conhecimento e do desenvolvimento cognitivo do indivíduo, capacitando-os como agentes críticos e potenciais transformadores de sua realidade. Nesse contexto, o professor assume o

papel de mediador, ajudando os alunos a construírem significados a partir das interações sociais ou diálogos e das atividades realizadas na escola.

#### 4 AGROTÓXICOS

No vasto campo da agricultura, o uso de agrotóxicos teve início por volta da década de 70 e tem sido uma prática comum e, muitas vezes, necessária para controlar pragas, doenças e ervas daninhas que ameaçam as plantações. O Brasil, em particular, destaca-se como líder no consumo desses produtos, impulsionado pelo desenvolvimento do agronegócio. No entanto, esse uso intensivo de agrotóxicos não vem sem consequências BORSOI et al., 2014).

A fim de monitorar e regular a qualidade dos alimentos em relação aos resíduos de agrotóxicos, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) implementou o PARA (Programa de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos) em 2021. Além disso, a avaliação dos agrotóxicos envolve diferentes aspectos, sendo a eficácia agro econômica avaliada pelo Ministério da Agricultura, a toxicidade avaliada pelo Ministério da Saúde e a periculosidade ambiental avaliada pelo Ministério do Meio Ambiente.

Os agrotóxicos são classificados em várias categorias, como pesticidas, herbicidas, fungicidas, nematicidas e reguladores de crescimento. Sua toxicidade é classificada com base em sua letalidade para animais testados, e sua periculosidade ambiental é avaliada pelo potencial de danos ao meio ambiente. No entanto, o uso excessivo de agrotóxicos pode ter efeitos negativos, como o desaparecimento de insetos benéficos e o desenvolvimento de resistência em certas pragas, o que requer constantes investimentos na busca por novas soluções.

Dentre os diferentes grupos de agrotóxicos, destacam-se os organoclorados (OC), organofosforados (OF), carbamatos e piretróides. Os OCs, conhecidos como Poluentes Orgânicos Persistentes (POP), são compostos químicos que se acumulam no ambiente e na cadeia alimentar, apresentando alto potencial de toxicidade. Os OFs também têm efeitos tóxicos significativos e são solúveis em água, enquanto os carbamatos e piretróides possuem características específicas em relação a sua ação e toxicidade.

É importante ressaltar que o uso de agrotóxicos deve ser feito com cautela, seguindo as recomendações dos fabricantes e as regulamentações governamentais. O impacto dessas substâncias na saúde humana e no meio ambiente tem sido motivo de preocupação, levando à proibição ou restrição de alguns compostos em vários países. Portanto, é fundamental buscar alternativas sustentáveis e equilibradas para garantir a segurança alimentar e a preservação do meio ambiente.

Diante desse contexto complexo e multifacetado, é fundamental promover uma reflexão sobre os impactos do uso desses produtos químicos e buscar soluções que conciliem a produtividade agrícola com a proteção da saúde e do meio ambiente. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, o incentivo à agricultura orgânica e a busca por métodos de controle de pragas mais seletivos são apenas algumas das possibilidades para mitigar os efeitos adversos dos agrotóxicos. Abordaremos esses assuntos de maneira mais profunda nas próximas seções (4.1 Definição, 4.2 Histórico, 4.3 Produção e emissão e 4.4 Mecanismos de ação).

#### 4.1 DEFINIÇÃO

Os agrotóxicos são produtos químicos sintéticos utilizados na agricultura para controlar pragas, como insetos, larvas, fungos e outros, controlar doenças e ervas daninhas, e estimular o crescimento das plantas, entre outras utilizações. Segundo o INCA (2019), desde 2008, o Brasil lidera o consumo desses produtos, devido ao desenvolvimento do agronegócio. E desde 2021, a ANVISA monitora a qualidade dos alimentos quanto ao uso de agrotóxicos e derivados, por meio do PARA.

De acordo com a legislação atual, a avaliação da eficácia agro econômica é feita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; a avaliação e classificação toxicológica compete ao Ministério da Saúde; e a avaliação e classificação do potencial de periculosidade ambiental é feita pelo Ministério do Meio Ambiente (PERES; MOREIRA, 2003 citado por RIBAS et al., 2013).

Geralmente são classificados em pesticidas (usados no controle de insetos, roedores e outros), herbicidas (utilizados para controle de ervas daninhas, impedindo o seu crescimento ou as matando), fungicidas (usadas no controle de fungos e mofos), nematicidas (usadas no controle de nematóides, vulgo vermes) e reguladores de crescimento (em geral, hormônios utilizados para acelerar ou retardar o crescimento das plantas).

Os agrotóxicos podem ser classificados em: I – organismo alvo e grupo químico; II – Toxicidade e III – periculosidade ambiental. Os produtos classificados conforme o organismo alvo e grupo químico são os inseticidas (para combate a insetos, larvas e formigas); os fungicidas no combate a fungos; herbicidas no combate a plantas daninhas (plantas que estão em lugares indesejados e que geram custos a manutenção das lavouras, por exemplo); rodenticidas/raticidas usados no combate a roedores; acaricidas com ação em diferentes tipos de ácaros; nematicidas que agem em nematóides (vermes); fumigantes usados no controle de pragas e bactérias; etc (KARAM et al., 2014).

Quanto à sua toxicidade, os agrotóxicos são classificados pela ANVISA por seus efeitos mais agudos. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), a classificação toxicológica do agrotóxico é baseada na DL<sub>50</sub> (dose letal de uma substância tóxica para 50% de animais testados) em ratos, oral e dérmica, por mg/KG de peso. Já o Ministério da Saúde se baseia na DL<sub>50</sub> oral das formulações líquidas e sólidas. Em ambos os casos, os produtos se classificam como: Classe I - extremamente tóxico (faixa vermelha); Classe II – medianamente tóxico (faixa amarela); Classe III – pouco tóxico (faixa azul) e IV – praticamente não tóxico (faixa verde), como ilustrado na Figura 2 (KARAM et al., 2014).

## CLASSE TOXICOLÓGICA

	I Extremamente tóxico
	II Altamente Tóxico
	III Medianamente Tóxico
	IV Pouco Tóxico

Figura 2 - Classificação toxicológica utilizada nos rótulos de agrotóxicos de acordo com a toxicidade aguda.

Fonte: elaborado pela autora.

Quanto à classificação ambiental (Figura 3), a avaliação é de responsabilidade do IBAMA, que classificam os agrotóxicos quanto ao potencial perigo ambiental por meio de dados físico-químicos, toxicidade a organismos não alvos de diversos níveis tróficos, acúmulo em tecidos e permanência no meio ambiente, entre outros. Atribuem-se aos agrotóxicos 19 características individuais que resultam em quatro classificações: Classe I – produto altamente perigoso; Classe II – produto muito perigoso; Classe III – produto perigoso e Classe IV – produto pouco perigoso. Todos os agrotóxicos registrados no Brasil estão classificados dentro desses quatro grupos e o objetivo da classificação é prevenir ou proteger o meio ambiente de possíveis danos por estes agentes químicos (IBAMA, 2010, p.24).

## CLASSE AMBIENTAL

Classe Toxicológica	Classificação	Cor da faixa do rótulo da embalagem
I	I Extremamente tóxico	Vermelho
II	II Altamente Tóxico	Amarelo
III	III Mediamente Tóxico	Azul
IV	IV Pouco Tóxico	Verde

Figura 3 - Classificação Ambiental. Fonte: elaborado pela autora.

A aplicação em excesso de agrotóxicos gera consequências negativas, como desaparecimento de insetos úteis e consequentemente novas pragas. Muitas espécies de insetos se tornam resistentes a determinados inseticidas, o que requer o investimento de recursos na busca por novos produtos mais seletivos. Os agrotóxicos se dividem em diversos grupos, mas os principais são os OCs, os OFs, carbamatos e os piretróides (UNITED STATES, 2016, citado por INCA, 2021; FLORES et al., 2004, citado por BORSOI et al. 2014).

O grupo dos OCs tem sua estrutura química formada de carbono (C), hidrogênio (H) e cloro (Cl) e sua ação principal é a de inseticida, mas podem ser usados como fungicidas, acaricidas e herbicidas. São compostos químicos considerados POPs pois se degradam lentamente no meio ambiente e são bioacumulativos (se acumulam nos tecidos adiposos) nos seres vivos, além de sofrerem o processo de biomagnificação, ou seja, sua concentração aumenta à medida que aumenta o nível da cadeia alimentar. Possuem meia-vida longa em solos, água e ar e grande estabilidade o que os impedem de ser voláteis à temperatura ambiente (CHOPRA et al., 2011; EVANGELISTA; DUFFARD, 1996, citado por INCA, 2021).

Além de pesticidas amplamente utilizados no controle de insetos, aracnídeos e outros invertebrados, eles são solúveis em óleo e possuem mecanismos de ação que consiste em inibir a enzima acetilcolinesterase (essencial para o funcionamento do sistema nervoso), fazendo com que se acumule a acetilcolina no sistema nervoso dos insetos causando-lhes a morte. São altamente tóxicos, considerados persistentes no ambiente, devendo ser usados com precaução, seguindo as recomendações do fabricante e as regulamentações governamentais.

Quando inalados ou ingeridos por seres humanos ou animais, pode causar efeitos neurológicos como dores de cabeça, tonturas e náuseas, além de afetar o sistema nervoso e o sistema endócrino.

Os OCs foram muito utilizados nas décadas de 1950 e 1960, mas foram proibidos em diversos países por causarem problemas ao meio ambiente e à saúde humana. No Brasil, sua utilização teve início no âmbito da saúde pública com o combate a vetores de doenças e posteriormente foram utilizados na agricultura. Em 1985, a portaria nº 329 do MAPA proibiu o uso e comercialização dos OCs no país, exceto em situações emergenciais na agricultura e para aplicação na saúde pública. Mesmo tendo sido parcialmente proibidos ainda é possível detectar níveis desses compostos na população (BORSOI et al., 2014).

O DDT (Figura 4) – composto pertencente a esse grupo – foi muito utilizado até 2009, quando teve sua fabricação, importação e comercialização totalmente proibidas. Como o DDT possui característica apolar, é acumulado no tecido adiposo humano. Esse composto foi amplamente usado como inseticida para controle de pragas agrícolas e doenças transmitidas por estes insetos. Além de efeitos altamente tóxicos para os insetos também tem efeitos significativos sobre a saúde humana, incluindo problemas neurológicos, problemas hormonais, câncer e danos ao sistema imunológico. (MARONI et al., 2000; ALMEIDA et al., 2007; MASCARENHAS, 2006; BRASIL, 1985; CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2009; DELGADO et al., 2002; SANTOS FILHO et al., 1993 ARRETO; CASTRO, 1947; MASCARENHAS, 2006; BRASIL, 2009, citado por INCA, 2021).

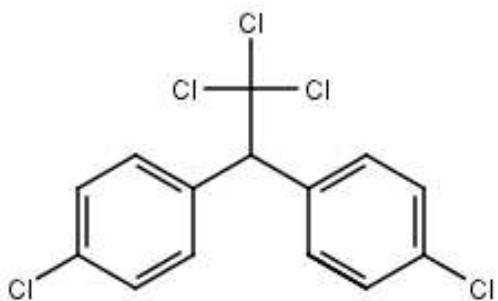


Figura 4 - Fórmula estrutural do Dicloro-difenil-tricloroetano (DDT).

Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/dicloro-difenil-tricloroetano-ddt/> Acesso 06/03/2022.

Os OFs são compostos derivados de ácidos fosfóricos e tiofosfóricos e ao contrário dos OCs, apresentam degradação rápida no meio ambiente e são chamados não persistentes. São produtos usados como inseticidas em lavouras e antiparasitários em animais, entre outros.

Como exemplo, podemos citar o TEEP, que consiste em um composto de éster fosfórico, alguns trabalhos sugerem que além de ser usado na agricultura como pesticida, também é utilizado como aditivo para combustíveis, para aumentar a octanagem da gasolina. Atualmente, o TEEP (Figura 5) está proibido em diversos países devido seus efeitos altamente tóxicos aos seres humanos e ao meio ambiente.

Quando utilizados de forma inadequada na agricultura derivam e contaminam cursos de água, animais e alimentos. Sua toxicidade aguda advém da inibição da enzima acetilcolimesterase que tem a função de hidrolisar a acetilcolina, com a inibição da enzima ocorre um acúmulo de acetilcolina no organismo afetando o sistema nervoso (ZHOU, 2011; ROCHA et al., 2004, citado por BORSOI et al., 2014).

São compostos lipossolúveis, biodegradáveis e facilmente hidrolisáveis. Estão entre os agrotóxicos com maior toxicidade aguda, mas após a proibição dos OCs passaram a ser muito utilizados, principalmente na agricultura. São compostos classificados como inseticidas, mas possuem ação herbicida, acaricida e nematicida. No Brasil, a ANVISA proibiu alguns dos ingredientes ativos de agrotóxicos desse grupo devido a sua elevada toxicidade (metamidofós, triclorfom, forato e parationa metílica) (MARONI et al., 2000; UNITED STATES, 2017; REIGART; ROBERTS, 1999, citado por INCA, 2021).

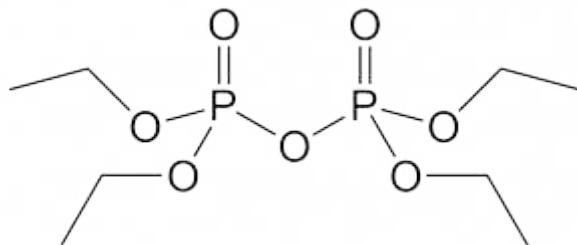


Figura 5 - Fórmula estrutural do TEEP (tetraetilpirofosfato).

Fonte: <http://www.petquimica.ufc.br/classificacao-quimica-dos-agrotoxicos/> Acesso: 06/03/2022.

Os carbamatos ou uretanos são ésteres do ácido carbâmico, em que o átomo de nitrogênio é substituído por um grupo metil. Assim como os OFs, são usados como inseticidas não persistentes e antiparasitários, muito utilizados em casas, jardins e na agricultura. Além de afetar o sistema nervoso como os organofosforados, inibindo a enzima acetilcolimesterase. Em geral são absorvidos pelo organismo por via respiratória, oral e cutânea (KLAASSEN, 2013; MARONI et al., 2000; REIGART; ROBERTS, 1999, citado por INCA, 2021).

Um dos compostos que representa o grupo dos carbamatos é o ácido carbâmico (Figura 6) que possui um grupo carbamato (-NHCOO-) ligado ao grupo metila (-CH<sub>3</sub>). Além

de ser utilizado como intermediário na síntese de resinas, plásticos e outros, é utilizado como herbicida, no controle de pragas e ervas daninhas em culturas agrícolas. É um produto tóxico para a vida aquática e organismos do solo, é classificado como carcinogênico, e por isso seu uso foi proibido ou restrito em alguns países.

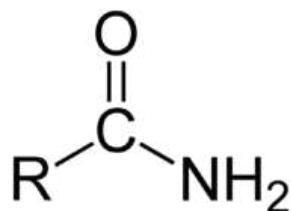


Figura 6. Fórmula estrutural do ácido carbâmico.

Fonte: <http://www.petquimica.ufc.br/classificacao-quimica-dos-agrotoxicos/> Acesso: 06/03/2022.

Ainda, temos os piretróides, que são substâncias derivadas da piretrina, um éster ácido crisântemo, muito utilizado na agricultura como inseticida - controle de mosca preta, campanhas de saúde pública – mosquitos transmissores da malária, e ambiente doméstico no combate a baratas, pulgas, percevejos e ácaros. Nos insetos, ao qual se destina o produto, sua ação é a de interferir no transporte de sódio das células e consequentemente paralisar o sistema nervoso central, levando o inseto a morte. (UNITED STATES, 2017; RIGOTTO; AGUIAR, 2015, citado por INCA, 2021).

O que determina o destino desses compostos no meio ambiente, são suas propriedades físico-químicas, quantidade e frequência de utilização, características bióticas e abióticas do ambiente e condições meteorológicas. Essas condições variam de acordo com o produto e a forma de aplicação, por isso não podemos prever um modelo de comportamento dos agrotóxicos e sua interação com a natureza. O aumento considerável no volume e exposição desses compostos tem trazido modificações para o meio ambiente, contaminando comunidades de seres vivos e acúmulo nos segmentos bióticos e abióticos do ecossistema (RIBAS; MATSUMURA, 2009; FERREIRA et al., 2006 citado por BORSOI et al., 2014).

A exposição aos agrotóxicos pode ocorrer por via oral, respiratória e dérmica, sendo a principal forma de exposição pela alimentação. Em geral, casos de exposição mais intensa ocorrem em indivíduos ocupacionalmente expostos: trabalhadores da agricultura e pecuária, agentes de controles de endemias, trabalhadores de empresas desinsetizadoras, trabalhadores de comércio de agrotóxicos e trabalhadores de indústrias de formulação de agrotóxicos (ENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 2009; SILVA et al., 2005; LONDRES, 2012, citado por INCA, 2021).

Como dissemos inicialmente, os agrotóxicos têm grande importância na agricultura, principalmente no Brasil, que pode ser considerado um país agro. E, segundo um estudo feito pela Embrapa, o agro brasileiro é responsável por alimentar 800 milhões de pessoas no mundo e esse número poderá aumentar nos próximos anos. Uma coisa é certa: o mundo precisa se alimentar, e a segurança alimentar de muitos países depende de nós. No entanto, até que ponto podemos utilizar os defensivos de forma a preservar a natureza, da qual somos totalmente dependemos, enquanto garantimos a segurança alimentar global?.

Com o aumento da população mundial associada à demanda por comida e recursos naturais, se impôs grande pressão sobre os setores relacionados à produção de alimentos. Assim, a questão da sustentabilidade deixou de ser uma bandeira meramente política e moral e se tornou uma necessidade mundial, e consequentemente, a produção de alimentos com perdas mínimas para os indivíduos e o meio ambiente passa a ser também uma necessidade. Uma das formas de se conciliar produtividade e sustentabilidade é a utilização do que chamamos agricultura sustentável (HUNDLEY, 2013, citado por CELESTINO et al., 2018).

A agricultura sustentável é uma forma de produção em que há uma relação de equilíbrio entre as atividades econômicas agrícolas e os princípios de desenvolvimento sustentável, com o objetivo de preservar o meio ambiente e garantir a viabilidade financeira da produção agrícola. Também pode ser chamada de produção agroecológica, um processo de aplicação de prática de conceitos e princípios ecológicos, com o objetivo de reduzir os impactos antropogênicos no meio ambiente e na sociedade e reduzindo a utilização de agroquímicos.

Atualmente, alimentos produzidos de forma ecológica e ambientalmente corretos têm sido mais consumidos no mundo pelos próprios consumidores que vem tomando conhecimento dos problemas relativos ao uso dos agrotóxicos. Estima-se que a agricultura orgânica vem crescendo 20% ao ano no Brasil, uma alternativa sustentável, sugerindo o aumento da consciência ecológica dos consumidores e tornando a prática mais rentável para o produtor (CELESTINO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020; GLIESSMAN, 2000; BIHALVA et al., 2018, citado por BOTELHO et al., 2020).

Conforme estabelece a Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, a ideia de desenvolvimento sustentável se baseia em uma relação harmônica entre a esfera socioeconômica e a manutenção dos recursos naturais sem comprometer as gerações futuras. Essa definição abrange três dimensões: política social (qualidade social), política econômica (eficiência econômica) e política ambiental (qualidade ambiental) (BORGES et al., 2017; BARBOZA et al., 2020, citado por BOTELHO et al., 2020).

À medida que a tecnologia avança, surgem soluções inovadoras e ecologicamente corretas com base em conhecimento agronômico integrado a ciência, estudos de solo, biologia molecular, química, toxicologia, ecologia, economia e ciências sociais, a agricultura sustentável aliada a ciência trará um mundo mais seguro. Uma das alternativas na agricultura, por exemplo, é utilizar antifúngicos naturais para preservar as sementes com qualidade como a quitosana, mantendo uma produção sustentável, já que evitando a utilização de fungicidas químicos é possível diminuir os impactos ambientais.

#### 4.2 HISTÓRICO

Segundo Madalóz (et al., 2022), o DDT foi o pioneiro entre os pesticidas modernos. Embora tenha sido criado pela primeira vez em 1874, sua eficácia como inseticida só se tornou reconhecida em 1939. Durante a Segunda Guerra Mundial, foi amplamente empregado para combater mosquitos transmissores de doenças, como a malária, além de ser utilizado no controle de piolhos. A importância da descoberta do DDT foi tão marcante que Paul Hermann Muller, o cientista por trás dele, recebeu o Prêmio Nobel de Medicina em 1948. Apesar dos efeitos nocivos que o DDT pode ter na saúde humana e no meio ambiente, essa substância foi responsável por salvar inúmeras vidas ao longo do século XX. Graças ao DDT, doenças como malária e febre amarela foram erradicadas em vários países BORSOI et al., 2014).

Após a segunda guerra mundial (1939 – 1945), o uso desses produtos foi amplamente difundido, além de serem utilizados na agricultura, também tem aplicação na pecuária, tratamento de madeira, no armazenamento de grãos e sementes, controle de parasitas, repelentes e produtos sanitários de uso doméstico (CARSON, 2012; ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 1996; RIGOTTO; AGUIAR, 2015, citado por INCA, 2021).

O uso prejudicial desses produtos ficou evidente durante a Guerra do Vietnã (1959 – 1975), quando herbicidas desfolhantes, como o agente laranja, foram usados como arma química, causando graves impactos no meio ambiente e na saúde das pessoas. Esse agente é um precursor dos agrotóxicos modernos, que são amplamente utilizados na agricultura mundial e contém ingredientes ativos semelhantes aos componentes químicos do agente laranja.

No Brasil, os agrotóxicos começaram a ser utilizados na década de 1950 para combater os vetores de doenças como a malária. Em seguida, com a expansão da agricultura passou a ser utilizado em larga escala. O fator determinante para a ampliação do uso desses produtos foram os incentivos do governo, que condicionou a época, a aquisição desses

produtos ao crédito agrícola, na década de 1970. Estamos entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo desde 2008 e seu uso vem aumentando ano após ano (BRASIL, 2003; MORAGAS; SCHNEIDER, 2000; PORTO, 2013; ARNEIRO et al., 2015 citado por INCA, 2021).

Nosso país é predominantemente agro, com intensivo uso de agrotóxicos, desse modo existem muitos trabalhadores vulneráveis. A exposição ocorre por meio da manipulação no preparo, limpeza de equipamentos usados nas aplicações, no uso inadequado dos equipamentos de proteção individual (EPI), no hábito de reentrar no local após aplicação do produto e na lavagem das roupas contaminadas, descarte inadequado ou reutilização das embalagens. Além da contaminação do lençol freático e posterior consumo da água contaminada. As características físico-químicas dos agrotóxicos permitem que sejam dispersos pelo ar, pela água e solo. (CARRARO, 1997; ABREU, 2014, citado por INCA, 2021; CARNEIRO et al., 2015; BOTELHO et al., 2020).

A exposição a esses produtos gera efeitos agudos, subagudos, subcrônicos e crônicos. Os efeitos agudos ocorrem após exposição a dose elevada desses compostos por até 24 hs, imediatamente após o contato ou após alguns dias. Os sintomas mais comuns são: tontura, fraqueza, cólicas abdominais, dor de cabeça, diarreia, vômito, enjoos, irritação dos olhos e coceira na pele, falta de ar e arritmia cardíaca. Os efeitos crônicos se caracterizam por exposições pequenas ou moderadas a uma ou mais substâncias por um longo período. Entre os principais sintomas temos efeitos endócrinos, neurotóxicos, reprodutivos e imunológicos, que são tardivamente descobertos, podendo levar semanas ou anos para se manifestarem acarretando muitas vezes danos irreversíveis (KLAASSEN, 2013; RIGOTTO et al., 2012; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2018; MOSTAFALOU; ABDOLLAHI, 2013; RIGOTTO; AGUIAR, 2015, citado por INCA, 2021).

A utilização dos agrotóxicos afeta tanto a saúde humana quanto os ecossistemas naturais. Por ano, três milhões de pessoas são contaminadas pelos agrotóxicos em todo o mundo, e 70% dos casos ocorrem em países em desenvolvimento, já que o acesso à informação é mais difícil por parte dos usuários desses produtos, além do baixo controle e fiscalização na produção, distribuição e utilização (SOAREA; COLA, 2003; PERES; COLA, 2001, citado por CAVALCANTI et al., 2010).

#### 4.3 PRODUÇÃO E EMISSÃO

A produção e emissão de agrotóxicos tem sido uma questão muito discutida nos últimos anos, principalmente diante de um cenário de mudanças climáticas, que vem impactando o meio ambiente e a saúde da sociedade. Conhecidos como pesticidas, herbicidas, fungicidas, entre outros, esses produtos são substâncias químicas sintéticas que são utilizados na agricultura para controle de pragas, doenças, ervas daninhas e podem afetar a produtividade e a qualidade dos produtos.

De acordo com os dados da Food and Agriculture Organization (FAO) das Nações Unidas de 2019, os maiores produtores desses produtos são China, EUA, Japão e Índia. A produção destes compostos envolve a síntese de substâncias químicas altamente tóxicas, muitas delas persistentes no ambiente o que significa que podem se acumular no solo, nos corpos d'água e na cadeia alimentar, além de exigirem recursos naturais para serem produzidos como água, energia e geração de resíduos tóxicos que nem sempre são tratados de modo adequado, o que contribui para os impactos ambientais.

A emissão desses químicos ocorre durante a aplicação nas lavouras. Podem se espalhar pelo ar, contaminando a atmosfera e afetando a qualidade do ar que respiramos, também podem se infiltrar nos solos contaminando os lençóis freáticos, afetando por sua vez, a água que nós consumimos. A exposição a esses compostos pode causar diversos problemas de saúde, como intoxicação aguda e crônica, distúrbios hormonais, câncer, etc.

Alguns estudos apontam o Brasil como um dos países que mais fazem uso de agroquímicos, em grande parte do uso intensivo desses produtos, à que o país é majoritariamente agro. Segundo um estudo publicado na revista Environmental Science & Technology, 2017, o Nordeste é a região que mais faz uso dessas substâncias por hectare.

Para minimizar os impactos da produção e emissão dos agrotóxicos é preciso que sejam adotadas práticas de manejo integrado de pragas, como o uso de técnicas de controle biológico, rotação de culturas, adoção de variedades mais resistentes a doenças além de estabelecer regulamentações mais rigorosas na produção, uso e descarte desses produtos, de modo que possamos garantir a segurança dos trabalhadores, dos consumidores e do meio ambiente.

#### 4.4 MECANISMOS DE AÇÃO E EFEITOS TÓXICOS

Como citamos inicialmente, existem vários grupos químicos que são utilizados como agrotóxicos, citaremos os principais, seus mecanismos de ação e seus efeitos tóxicos para o ser humano e para o meio ambiente. Cada produto químico tem suas próprias características e

mecanismos de ação e cada um tem seus próprios riscos e benefícios, além de serem compostos por vários ingredientes ativos e adjuvantes. São eles: OCs, OFs, carbamatos, piretróides.

Os OCs, são pesticidas amplamente utilizados na agricultura na prevenção de pragas e ao longo do tempo, foram banidos ou restringidos do mercado em diversos países, como o DDT, por exemplo. Ele inibe a enzima acetilcolinesterase, essencial ao funcionamento normal do sistema nervoso dos insetos. Quando inibida, há um acúmulo de acetilcolina no sistema nervoso dos insetos causando paralisia e em seguida, a morte. São solúveis em óleos e podem permanecer por muito tempo no meio ambiente, especialmente em solos e águas subterrâneas. Seus efeitos tóxicos incluem efeitos neurológicos, dores de cabeça, tonturas, náuseas, afetam o sistema nervoso e endócrino (BORSOI et al., 2014). Alguns dos produtos deste grupo incluem o Aldrin, Endrin, Heptacloro, HCB, além do DDT.

Os OFs, também são pesticidas, usados no controle de insetos, aracnídeos e demais invertebrados, são solúveis em água, são menos persistentes no meio ambiente do que os OCs e possuem o mecanismo de ação semelhante aos dos OCs. No entanto, ainda são considerados tóxicos, especialmente se ingeridos ou inalados em grandes quantidades, alguns desses produtos também foram proibidos ou restritos em alguns países devido a suas propriedades tóxicas. Alguns dos compostos que fazem parte desse grupo são: malation, diazinon, paration, etc (BORSOI et al., 2014).

Os carbamatos, assim como os anteriores, são pesticidas sintéticos usados na agricultura como controladores de pragas, insetos e aracnídeos. São substâncias solúveis em água e possuem mecanismo de ação semelhante aos dos OCs e OFs, inibindo a enzima acetilcolinesterase, causando paralisia e morte. São menos tóxicos que os anteriores, mas também são proibidos ou restringidos de suas propriedades tóxicas e a exposição mesmo que acidental (CARRARO, 1997). Alguns exemplos de carbamatos incluem o carbofuran e o carbaryl. São utilizados em muitas culturas como frutas, vegetais, café etc.

Os piretróides também são pesticidas, amplamente utilizados para controle de insetos e aracnídeos, moscas, formigas, baratas, traças, pulgões, lagartas, entre outros, são solúveis em água e funciona ativando os receptores de canais iônicos de cálcio nos insetos, o que leva à paralisia e morte. Esse composto funciona através da ativação de receptores de canais iônicos de cálcio nos insetos, canais de cálcio que estão localizados em suas células nervosas e são responsáveis pela condução de impulsos nervosos. Em geral, são menos tóxicos para os seres humanos e animais do que os OCs, os OFs e os carbamatos. São menos persistentes no

meio ambiente, mas também possuem efeitos tóxicos se ingeridos ou inalados (CARRARO, 1997). Alguns exemplos são: deltametrina, bifentrina, permetrina, entre outros.

## 5 AGROTÓXICOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Até aqui, apresentamos a definição de educação ambiental do ponto de vista da legislação, ou seja, um conjunto de práticas educacionais determinadas pelo Estado, que tem o objetivo de imprimir no indivíduo a consciência ecológica. Mostramos o que diz a legislação e demos a definição do que são agrotóxicos e como eles podem impactar o meio ambiente e a sociedade. A partir daqui, vamos ver o que dizem os documentos oficiais sobre o ensino de ciências/química e a educação ambiental, e dar uma sugestão de abordagem pedagógica do tema nas escolas.

Com o objetivo de contribuir para a compreensão do que seja ciências e tecnologia na vida social e humana, de modo que o discente seja protagonista nas questões políticas e sociais, o PCN propõe que o ensino de química seja agrupado nas ciências da natureza (química, física e biologia). Sugere ainda que o ensino médio seja capaz de promover uma formação que desenvolva capacidade de pesquisar, analisar e selecionar informações que promovam aprendizado e que estimule a criação e não apenas memorização (BRASIL, 2000).

Ainda no PCN +:

[...] a química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade e histórico. Há uma necessidade assim de proporcionar o acesso a conhecimentos químicos que permitam a “construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação” (BRASIL, 2002, p. 87 apud BRASIL, 2006).

Os PCNEM dizem o seguinte a respeito do Ensino de Química:

[...] que sejam explicitados multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico de seus conteúdos. Assim, severas modificações no currículo dos livros didáticos e nas diretrizes metodológicas estão sendo conduzidas, a fim de romper com o tradicionalismo que fortemente ainda se impõe (BRASIL, 1999).

Na BNCC, a Educação Ambiental se apresenta como tema transversal e pode ser desenvolvida com projetos e atividades práticas por meio do pensamento científico, argumentação, empatia e conscientização do indivíduo de sua responsabilidade. Além de tratar de temas como sustentabilidade e uso sustentável dos recursos.

Um dos principais objetivos desse documento é promover ações individuais e coletivas que reduzam impactos socioambientais e melhore as condições de vida de modo

geral (BNCC, 2018, p. 554). Ressalta, ainda, a necessidade de se avaliar de forma crítica os benefícios e riscos à saúde e ao meio ambiente, considerando composição e toxicidade de diferentes materiais e produtos de modo que o aluno levante propostas de soluções responsáveis de modo a garantir a sustentabilidade (BNCC, 2018, p. 555).

A preservação da biodiversidade também recebe destaque na BNCC. É preciso avaliar os efeitos das ações humanas e das políticas ambientais para garantir que a sustentabilidade do planeta seja prioridade no sistema educacional (BNCC, 2018, p. 557). Além disso, deve haver debate sobre temas controversos, como agrotóxicos, que estejam relacionados à aplicação do conhecimento científico e tecnológico como estratégias de controle de pragas (BNCC, 2018, p. 559).

Ainda, as orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM, dizem que:

A extrema complexidade do mundo atual não mais permite que o ensino médio seja apenas preparatório para um exame de seleção, em que o estudante é perito, porque é treinado em resolver questões que exigem sempre a mesma resposta padrão. O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso (BRASIL, 2006).

Em todos os documentos supracitados, observamos uma busca pelo envolvimento do aluno no processo de ensino e aprendizagem de modo que a aprendizagem seja significativa e que o discente seja o protagonista no processo. Suas recomendações são as de que o estudante deve seguir com o desenvolvimento de habilidades que lhe permitam compreender o mundo em sua complexidade e subjetividade, levando-o a formação cidadã completa e consciente de seus direitos. No que tange o conhecimento da Química, o discente deve compreender os aspectos econômicos sociais e políticos, desenvolver a comunicação, a investigação, a compreensão e a contextualização sociocultural dos temas cotidianos (SOUZA, 2009; CARVALHO, 2014; BRASIL, 1997, citado por LIMA et al., 2017).

Na BNCC encontramos diretrizes que são essenciais para que todos os alunos se desenvolvam no decorrer da educação básica. Nela estão definidas habilidades e competências que devem ser adquiridas em cada disciplina, incluindo a química, e serve como referência para a elaboração dos currículos nas escolas. Por sua vez o Currículo Mínimo (CM), que é orientado pela BNCC, define os conteúdos e as habilidades que devem ser adquiridas no ensino médio de química em cada ano letivo, desde o ensino médio até o ensino médio, servindo como base para que os professores elaborem suas atividades.

Ainda sobre a BNCC, o documento destaca que o ensino de química deve possibilitar que os alunos desenvolvam habilidades para compreender estruturas e propriedades das

substâncias, bem como suas transformações, como a dos agrotóxicos por exemplo, estabelece também que aprendam sobre os impactos das ações humanas e da tecnologia no meio ambiente, bem como propor soluções para minimizar os impactos negativos.

As competências a serem desenvolvidas, segundo os documentos oficiais, sugerem que por mais que a química seja uma disciplina que utiliza linguagens e representações próprias, a memorização de fórmulas, repetições e práticas pobres para o desenvolvimento do raciocínio lógico devem ser evitadas. O docente então, deve buscar, em sala de aula, a contextualização, apresentação e problematização da química em seu contexto social. Assim, devemos priorizar atividades que despertem o interesse do aluno e que lhe permita desenvolver as habilidades necessárias para sua plena formação como cidadão crítico (CARVALHO, 2014; BRASIL, 2006, citado por LIMA et al., 2017).

Quanto a contextualização, dizemos que os conteúdos da disciplina, seja ela qual for, devem ser tratados no âmbito escolar, de forma contextualizada, ou seja, deve existir entre as disciplinas uma relação de interdisciplinaridade. Os conteúdos devem ser organizados com a intenção de promover um ambiente potencial para práticas interdisciplinares e transdisciplinares, o que podemos chamar de ensino integrado e que tem o objetivo de atingir a realidade tanto de um leigo quanto de um especialista, criando uma base ampla para a tomada de consciência (CARVALHO, 2014; BRASIL, 2006; TABA, 1974, citado por LIMA et al., 2017).

No Brasil, nossa formação acadêmica é disciplinar e não interdisciplinar, portanto, para que possamos trabalhar de maneira interdisciplinar, é necessário propor atividades que envolvam professores de diferentes disciplinas. A interdisciplinaridade pode ser definida como um conjunto de ações inter-relacionadas entre diferentes áreas do conhecimento de modo que as disciplinas não sejam abordadas de modo fragmentado. E pode ser trabalhado com o envolvimento de professores de diferentes disciplinas, através da proposta de projetos, por exemplo. Os projetos permitem que haja a problematização, a interação e a troca de experiência entre alunos e professores por meio da utilização de conhecimentos científicos, históricos e culturais (BRASIL, 2006, citado por SILVA et al., 2014).

Com base nos documentos oficiais, existem algumas abordagens sobre o tema de “Agrotóxicos”. O professor pode sugerir que os alunos pesquisem sobre as principais substâncias presentes nesses produtos e elaborar quadros comparativos de suas estruturas e propriedades químicas, sua solubilidade, ponto de fusão e ebulação, discutir as propriedades que afetam a sua eficácia e toxicidade, entre outros.

Além disso, com base na abordagem CTSA, o docente pode elaborar um bate papo em que sejam discutidos os efeitos dos agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana, montar grupos de alunos em que eles investigariam e discutiriam os efeitos desses químicos no meio ambiente e na saúde, baseando sua pesquisa em estudos científicos e jornais e revistas, e montar seminários com suas conclusões, abordando os resultados da pesquisa relacionados aos impactos em outras áreas do conhecimento, como a biologia, geografia e saúde pública.

Segundo Carraro (1997), a Educação Química é ensinada na maioria das escolas como algo muito distante da realidade dos alunos, o que por sua vez distancia os alunos da disciplina. A escolha dos conteúdos, abordagens e métodos com o qual é ensinada a matéria passam a ideia de que a química é mera transmissão de conteúdos abstratos e distantes do cotidiano do discente, tornando o ensino pouco atrativo terminando por não cumprir um de seus papéis principais que é a formação do indivíduo crítico e ativo na sociedade.

Ainda para Carraro (1997), é importante que o ensino de química proporcione uma aprendizagem adequada, que possibilite uma leitura diferenciada do mundo, permitindo que os estudantes façam parte de forma mais ativa da sociedade. Nós como professores, devemos reavaliar as práticas e voltar a atenção para a formação de pessoas críticas, questionadoras e atuantes, capazes de enfrentar as situações do dia a dia. Como a química está ligada a praticamente tudo em nossas vidas, o ensino dela deve enfatizar a importância da educação ambiental como dimensão de esclarecimento e entendimento das relações humanas com o meio ambiente.

Sabemos que a agricultura é uma das atividades humanas mais importantes para a produção de alimentos e para a manutenção da sociedade, mas o uso excessivo de agrotóxicos pode causar impactos devastadores no meio ambiente e em nossa saúde. Por isso, a educação ambiental é fundamental para conscientizar as pessoas sobre os riscos desses produtos e promover práticas agrícolas mais sustentáveis.

O Ensino de Química pode desempenhar um papel muito importante nesse processo, uma vez que os agrotóxicos são compostos químicos que podem ser estudados em detalhes no contexto escolar, no ensino de química. Além disso, a educação ambiental deve ser integrada ao currículo escolar de forma transversal, ou seja, deve estar presente em todas as disciplinas e atividades escolares, para que os alunos possam compreender as implicações das práticas agrícolas para o meio ambiente e para as nossas vidas.

A educação ambiental também é importante para promover a participação ativa da sociedade na discussão e na tomada de decisões sobre o meio ambiente, incluindo os agroquímicos. Ao educar os alunos sobre as consequências ambientais e sociais das práticas

agrícolas, permitimos que eles se tornem mais conscientes e atuantes na defesa do meio ambiente e da saúde humana.

Esse tipo de educação, é fundamental para promover a formação de cidadãos críticos e reflexivos, capazes de compreender as complexas relações entre os seres humanos e o meio ambiente e adotar práticas mais sustentáveis em suas vidas cotidianas, além de contribuir para a formação de uma sociedade mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente e para a construção de um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

Segundo Bachelard (1996), a formação do espírito científico é um processo de superação de obstáculos imaginários e dogmáticos, que impedem a evolução do conhecimento científico. Defende ainda que as concepções prévias ou crenças sociais e culturais influenciam o modo como os alunos veem o mundo e podem ser obstáculos para a compreensão de conceitos científicos novos e avançados.

A formação do espírito científico requer uma abordagem crítica e uma disposição para o questionamento de concepções prévias e dogmáticas: se libertar de influências de conceitos prévios ou crenças, baseadas em autoridade ou tradição, que impedem o avanço do conhecimento, concepções errôneas ou preconcebidas baseadas em imaginação ou superstição e que não tem fundamento científico. Sendo necessária a liberdade intelectual e da criatividade do desenvolvimento da ciência para a formação de um verdadeiro espírito científico.

Muitas pessoas têm a crença de que os agrotóxicos são seguros para uso e não representam nenhum risco significativo para o meio ambiente ou para a saúde humana (obstáculo imaginário e dogmático). Essa crença, pode ser um empecilho para a compreensão de conceitos científicos mais avançados sobre os efeitos desses produtos na sociedade de modo geral. Que por sua vez, pode levar a ausência de questionamento crítico sobre o seu uso e falta de inovação na busca por soluções mais sustentáveis para a agricultura.

Para superar essa barreira, ou obstáculo, devemos incentivar os alunos a questionar essa crença de que os agrotóxicos são seguros e explorar os efeitos reais desses produtos no meio ambiente e na nossa saúde. Através de práticas de experimentação e análises químicas que permitam que os estudantes avaliem os efeitos dessas substâncias em diferentes contextos, quebraremos essa barreira.

Também é importante que nós enfatizemos a importância da inovação na busca por soluções mais sustentáveis para a produção agrícola, incentivando os alunos a pensar de forma mais ampla, ou como costumam dizer “fora da caixa”, e buscar alternativas criativas para os desafios ambientais relacionados à agricultura. Isso pode incluir diversos tipos de

atividades que explorem alternativas mais sustentáveis ao uso dos agrotóxicos, como a agricultura orgânica e a agricultura de precisão. Para ajudá-lo na tarefa de abordar esse tema tão relevante, veja nossos anexos, lá você encontrará duas sugestões de atividades que podem auxiliá-lo na abordagem desse tema tão relevante atualmente.

## 6 REFLEXÕES DISCENTE~DOCENTE~APRENDENTE

Na perspectiva DDA (discente~docente~aprendente) há um reconhecimento de que todos os participantes têm papéis interdependentes. O professor não é apenas um transmissor de conhecimento, mas também um aprendente que reflete sobre a sua práxis e o aluno assume um papel mais ativo na construção da sua própria aprendizagem.

A grafia que substitui o hífen (-) pelo til (~) faz alusão a Teoria da Dualidade Onda-Partícula, em que uma partícula (na figura do professor) pode se comportar ora como partícula, ora como onda, ou seja, o professor ora é docente, ora discente. E portanto, a forma de se escrever discente~docente~aprendente está correta, já que o professor possui ambas as características (PADILHA et al., 2021; VIEIRA et al., 2019).

O planejamento nessa perspectiva também é reflexivo e leva em consideração as interações entre docente, discente e aprendente. O professor não reflete apenas a respeito do conteúdo, mas atua também como um facilitador do aprendizado em um contexto dinâmico e colaborativo. Um sujeito DDA, é aquele que se vê na posição ativa no sentido de ampliar seus conhecimentos, continua e ininterruptamente, aprendendo no decorrer do processo, ele aprende a ensinar e ensina a aprender (PADILHA et al., 2021).

Para Perrenoud o docente investe energia, tempo e competências para criar e imaginar o ato pedagógico, ou seja, conectar os conteúdos da disciplina aos seus objetivos de ensino (MACHADO, 2007). Portanto o docente deve usar sua criatividade e profissionalismo, aprender e refletir para elaborar uma sequência didática. E portanto, Perrenoud e a perspectiva DDA se completam já que ambos tem a visão de que a aprendizagem deve ser um processo de colaboração que favorece um aprendizado dinâmico, reflexivo, coletivo e multiplicador.

A construção de competências tem aspecto central na DDA, pois ela considera que o professor e o aluno estão em processo constante de aprendizado e aprimoramento o que reforça o papel do docente como um aprendente ao lado do aluno. No processo de aprendizagem não estamos falando de professores e alunos necessariamente, mas de sujeitos que, assumindo uma postura multiplicadora, libertária, emancipadora e politizada, estejam dispostos a fazer uma releitura do mundo (FAGUNDES, 2022).

Elaborar ou propor atividades, mesmo que não sejam aplicadas faz parte da reflexão do docente que está em um constante devir e portanto o ato de pensar e repensar uma sequência didática ou planejar algo pedagógico está diretamente ligado a condição de

aprendente do professor. Todo potencial de uma atividade educativa tem relação com a vivência do docente, na reflexão que se faz a respeito (MALA et al., 2019).

Perrenoud propõem a ideia de *Reflexão sobre a Ação*, essa ideia sugere que é por meio do exercício de reflexão sobre a práxis e sobre a ação pedagógica é que o professor terá condições de aprimorar a sua ação docente (MACHADO, 2007). Na perspectiva DDA, essa reflexão é um processo contínuo, no qual todos os envolvidos (discente~docente) aprimoram suas habilidades e conhecimentos, o que reforça o papel do docente como aprendiz.

A reflexão é, portanto, uma forma de antecipar resultados e preparar o docente para ações futuras, pois o professor ao refletir sobre a sua prática, aprimora sua habilidade de mediar e planejar ações no ensino, deixa de ser um transmissor de conhecimento e passa a ser alguém que aprende e se adapta (MACHADO, 2007).

Na perspectiva DDA, o docente não é apenas um transmissor do conhecimento, mas também é um aprendente que está sempre analisando e refletindo sobre a sua prática. A formação do professor reflexivo, segundo Perrenoud requer uma iniciação à pesquisa e ao exercício de saber-analisar para que desenvolva uma postura crítica e científica (MACHADO, 2007).

Perrenoud fala de um procedimento clínico que tem relação com análise de situações específicas e contextualizadas (MACHADO, 2007). No modelo DDA, o professor atua como mediador, analisando as necessidades dos alunos, ajustando práticas pedagógicas e promovendo a aprendizagem ativa e, ao mesmo tempo é um aprendente, pois continua aprendendo no decorrer de sua ação como docente e evolui como profissional.

## 7      METODOLOGIA

A sequência didática proposta consta de duas aulas de 50 minutos e atividade extraclasse, sobre o tema *Agrotóxicos* para abordar o assunto de Funções Orgânicas, normalmente ministradas no 3º ano do ensino médio. A ideia é que os alunos trabalhem em grupo para exercitar a socialização e individualmente, que troquem saberes, expressem suas opiniões, que desempenhem um papel ativo na aprendizagem e que se promova a educação ambiental.

Aula 1 – Duração: 50 minutos

1º momento (10 minutos): Sondagem (O que são defensivos agrícolas? Conhece alguns desses produtos químicos? Conhece os riscos do seu uso?).

2º momento (30 minutos): Aula expositiva dialogada, falar sobre o tema e relacioná-lo as Funções Orgânicas. Apresentar moléculas de agrotóxicos e pedir que os alunos identifiquem estruturas ensinadas em aulas anteriores.

3º momento (10 minutos): Dividir os alunos em grupos de quatro a cinco integrantes e dar a cada grupo um agrotóxico (glifosato, deltametrina, DDT, etc) a ser pesquisado e apresentado na aula 2.

Aula 2 - Duração: 50 minutos

1º momento (30 minutos): Apresentação dos grupos: os alunos devem apresentar os temas sorteados na aula 1.

2º momento (10 minutos): Reflexões individuais.

3º momento (10 minutos): Criação de cartilha ou folder.

## 8      RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática que propomos acima, tem grande potencial de promover a aprendizagem significativa, a interdisciplinaridade e a conscientização crítica dos discentes sobre as questões ambientais e a química. Mesmo que seja uma sugestão teórica e que não a tenhamos aplicado no momento, é possível refletir sobre os resultados que esperamos alcançar com esta proposta e prever suas contribuições na aprendizagem.

Na aula 1, no primeiro momento, fazemos a sondagem inicial com algumas perguntas para saber quais os conhecimentos prévios que os estudantes possuem a respeito do tema, promovendo um diálogo que vai contextualizar o tema e engajar os alunos no processo de aprendizagem: Você sabe o que são defensivos agrícolas? Você conhece algum desses produtos químicos? Você tem alguma ideia dos riscos que esses produtos oferecem ao meio ambiente e à saúde humana?

No segundo momento, a aula expositiva dialogada com a exposição teórica e a análise de moléculas químicas, tem como objetivo integrar o conteúdo curricular (Funções Orgânicas) a um tema do cotidiano dos discentes e que tem relevância socioambiental. Esperamos que os alunos consigam identificar e relacionar as estruturas químicas as funções orgânicas aplicando os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores. Esse momento permite que a teoria e a prática se conectem, estimulando o pensamento crítico ao relacionar ciência e sociedade, que papel temos como seres humanos em relação ao meio ambiente.

O professor fará uma introdução sobre o tema explicando a importância do uso dos agrotóxicos para a agricultura e os riscos ambientais envolvidos no uso excessivo desses produtos: apresentação de conceitos e definições importantes sobre o assunto, destacando as propriedades químicas dos produtos selecionados (composição, mecanismos de ação e persistência no ambiente).

Pode-se utilizar o exemplo do glifosato (Figura 6), um agrotóxico que é utilizado para matar ervas daninhas, ou seja, é uma herbicida, é um composto organofosforado. Esse produto é absorvido pelas folhas das plantas e transportado para os pontos de crescimento da planta, matando-a. Pergunte se os alunos já viram grandes áreas com capim amarelo, um indicativo de que o glifosato ou Roundup (nome comercial), foi utilizado naquele terreno.

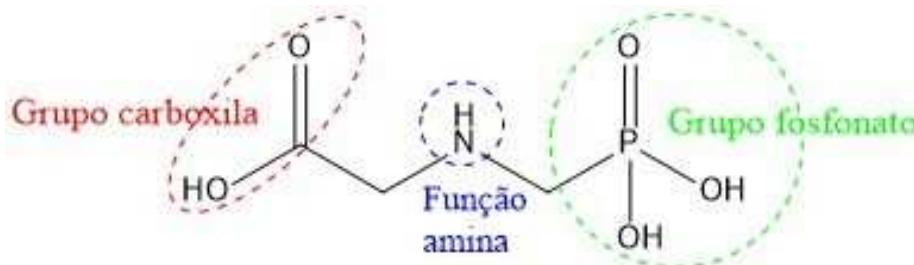


Figura 7 - Molécula do glifosato. <https://vaiquimica.com.br/questao-71-enem-2013/>

Em seguida, no terceiro momento, os alunos serão divididos em grupos de 4 ou 5 estudantes e receberão um nome de um agrotóxico para pesquisar e apresentar na aula 2. Esses nomes de defensivos agrícolas devem ser sorteados (glifosato, deltametrina, DDT, etc). Dê a sugestão aos alunos de pesquisarem a respeito do tema de forma mais ampla e não apenas sobre o tema sorteado de modo que eles possam fazer perguntas uns aos outros durante as apresentações. No apêndice A (Cartilha do professor) deste trabalho você encontrará um exemplo de como abordar o tema com os alunos e no apêndice B (Cartilha do aluno) você encontrará um exemplo de como abordar os alunos no decorrer da atividade.

A organização dos alunos em grupos e a definição dos produtos químicos específicos para pesquisa vai estimular os alunos a trabalhar de forma colaborativa e lhes dará autonomia na aprendizagem. Esses temas sorteados vão oferecer aos alunos a oportunidade de explorar diferentes contextos, históricos e ambientais, além de químicos, já que eles devem comentar sobre as funções orgânicas presentes nos agrotóxicos que lhes foram dados.

Um autor amplamente reconhecido que defende a importância dos debates e discussões como atividades benéficas para os discentes, é Paulo Freire. Ele é conhecido por sua abordagem pedagógica baseada na conscientização e no diálogo. Freire acreditava que o processo educacional deve envolver a participação ativa dos alunos, promovendo a reflexão crítica e a construção coletiva do conhecimento.

Em sua obra *Pedagogia do oprimido*, Freire argumenta que a educação deve ser um ato libertador, no qual os alunos se tornam sujeitos de sua própria aprendizagem. Ele defende que o diálogo é uma ferramenta essencial para a compreensão do mundo e a transformação social. Ainda, segundo Freire, o debate e a discussão em sala de aula permitem que os alunos expressem suas ideias, confrontem diferentes perspectivas e construam o conhecimento de forma coletiva.

De acordo com Freire, a aprendizagem ocorre por meio da interação com outras pessoas e do compartilhamento de conhecimentos e significados dentro de um contexto social, em que o professor é o mediador do conhecimento. No contexto dos debates, discussões e

apresentações em sala de aula os alunos podem se beneficiar ao interagir uns com os outros e com o professor.

Por meio dessas interações sociais, eles têm a oportunidade de expressar suas opiniões, ouvir diferentes perspectivas, argumentar e trocar significados. Essas interações promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas, linguísticas e sociais, ao mesmo tempo em que contribuem para a construção compartilhada do conhecimento.

Na aula 2, no primeiro momento, os grupos, divididos na aula 1, se reunirão em uma grande roda de debate e farão suas apresentações e os alunos de modo geral farão suas perguntas para os demais grupos. Cada grupo terá 5-8 minutos para apresentar suas ideias e argumentos sobre o uso de agrotóxicos, falar do produto químico sorteado (funções químicas orgânicas encontradas e possíveis substitutos para o mesmo), e responder às perguntas dos demais grupos.

Essas apresentações vão permitir que os estudantes possam assumir o papel de protagonistas na construção de seu próprio conhecimento. Ao compartilhar suas pesquisas com os colegas, eles fixarão os conhecimentos aprendidos, exercitando a oralidade e o trabalho em equipe. Nesse momento, também a promoção da construção coletiva do saber, uma vez que cada grupo contribuirá com informações específicas de seu tema enriquecendo o repertório da turma.

Durante as apresentações, os grupos devem apresentar suas ideias e argumentos, abordando questões como a necessidade de agrotóxicos para garantir a produção agrícola em larga escala, os perigos da contaminação ambiental e a importância de buscar alternativas mais sustentáveis. Além disso, devem ser levantadas questões sobre a influência da cultura, da sociedade e do meio ambiente na escolha do uso de agrotóxicos, evidenciando a complexidade do tema e a necessidade de uma abordagem multidisciplinar.

No segundo momento, os alunos terão um tempo para reflexão individual sobre o tema que foi discutido e farão anotações sobre suas impressões, dúvidas e questionamentos. O professor fará uma síntese, uma conclusão, das ideias mostradas durante a apresentação e incentivará a reflexão sobre a influência da cultura, da sociedade e do meio ambiente na escolha do uso dos agrotóxicos.

Nessa etapa, a reflexão individual vai permitir que os alunos processem as informações que foram apresentadas e discutidas e interiorizem o que foi aprendido de forma mais pessoal. Essa prática incentivará a autoavaliação e o pensamento crítico a respeito dos impactos dos defensivos tanto do ponto de vista químico, quanto do ponto de vista individual.

Esse ponto é de extrema importância pois, sabemos que em trabalhos em grupo, uns

alunos falam mais que outros ou se expressam melhor que outros, o que é natural, somos diferentes. Quando o professor pede que o aluno faça um texto a respeito, uma redação individual, é possível saber o que pensa aquele estudante a respeito do tema, mesmo que ele não tenha se destacando tanto na apresentação.

No terceiro momento da aula 2, o professor deve sugerir que os alunos criem um folder sobre o tema de agrotóxicos após a atividade, que pode ser distribuído na própria escola para as demais turmas ou ser distribuído na comunidade. Temos aqui a sugestão de conteúdo a ser abordado:

1. Introdução: aqui os alunos podem colocar uma breve explicação sobre os agrotóxicos e porque é importante discutir o assunto.

2. Os perigos dos agrotóxicos: apresentação de informações sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, associados ao uso desses produtos, incluindo contaminação de alimentos, água e solo.

3. Alternativas sustentáveis: apresentação de possíveis alternativas mais sustentáveis a utilização dos agrotóxicos, como o cultivo orgânico e o controle de pragas. (sugestão de reportagem - MST: maior produtor de arroz orgânico do Brasil, movimento vive dificuldades para comercializar o grão, <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-62746336>)

4. Regulamentação: apresentação de informações sobre as leis e regulamentações que controlam o uso dos agrotóxicos no Brasil, destacando a importância de seguir as normas de segurança e proteção ambiental.

5. Ação na comunidade: destacar a importância da participação ativa da comunidade na discussão sobre o uso desses produtos e na busca por alternativas mais sustentáveis.

6. Conclusão: reforçar a importância da reflexão crítica sobre o tema e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis na produção e consumo de alimentos.

Se os alunos forem oriundos de áreas rurais, o professor poderá sugerir, ainda, que sejam adicionados ao folder, cuidados a serem seguidos em relação ao uso dos agrotóxicos, como:

1. Utilização de EPIs: como luvas, máscaras e óculos de proteção.

2. Seguir as instruções de uso: ler atentamente as instruções do rótulo antes de usar qualquer tipo de agrotóxico, seguindo as doses recomendadas e as diluições indicadas.

3. Armazenamento correto: armazenar em locais adequados e seguros, longe do alcance de crianças e animais.

4. Descarte correto das embalagens: as embalagens devem descartadas em lugares específicos, seguindo as normas de segurança e proteção ambiental.

5. Optar por alternativas mais sustentáveis: controle biológico de pragas, uso de plantas naturais e o cultivo orgânico, buscando informações sobre práticas mais sustentáveis na produção e consumo de alimentos.

No apêndice C deste trabalho temos um modelo do que se espera que os alunos desenvolvam. Elaborar materiais de divulgação, como folders, pode dar aos discentes uma oportunidade de consolidarem e aplicarem os conhecimentos adquiridos, ao mesmo tempo em que interagem com outros alunos e com a comunidade.

Além disso, a elaboração desse material pode ser utilizada como uma avaliação, segundo Luckesi, avaliação como um processo formativo. Ao elaborar o panfleto, os alunos têm a possibilidade de demonstrarem sua compreensão sobre o tema abordado ao longo da atividade e sua capacidade de comunicar essas informações de maneira clara e acessível.

Ao promover sequências didáticas como essa, é possível relacionar Hannah Arendt sobre o papel *bios politicus* do professor. A autora destaca a importância do espaço público na formação política, e o professor, como mediador do conhecimento, desempenha um papel fundamental nesse contexto. Durante as interações em sala de aula, os alunos não apenas adquirem conhecimento sobre os agroquímicos, mas também participam ativamente do espaço público educacional, exercendo suas capacidades de pensamento crítico, argumentação e diálogo.

Essa dinâmica contribui para a construção compartilhada do conhecimento, alinhando-se com a visão de Arendt sobre a importância da participação ativa na esfera pública (escola) para o desenvolvimento de uma sociedade consciente e engajada. Enquanto *bios politicus*, os professores, ao promover a participação, discussão e incentivar o pensamento crítico está formando o *bios politicus* que transformará o mundo velho.

Outro autor relevante é John Dewey, em sua obra *Democracia e Educação*, ele argumenta que a participação ativa dos alunos em debates e discussões é fundamental para o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, argumentação e tomada de decisão. Dewey defende que a aprendizagem seja baseada em experiências reais e na promoção da democracia na sala de aula, por meio do diálogo e da deliberação coletiva.

Em resumo, a atividade que propusemos sobre os agrotóxicos busca proporcionar aos alunos uma compreensão mais ampla sobre o tema, estimulando o desenvolvimento de habilidades de argumentação e expressão oral, e incentivar a reflexão crítica sobre a relação entre o uso de agrotóxicos e a sustentabilidade ambiental. Essa abordagem multidisciplinar contribui para o enriquecimento do processo educativo e para a formação de cidadãos conscientes e engajados com questões socioambientais.

## 9 CONCLUSÃO

O agro brasileiro tem alta produtividade, e consequentemente grande consumo de agrotóxicos. A utilização desses produtos químicos de forma inadequada ou exagerada contribui para o aparecimento de resistências a pragas, o que demandará mais recursos financeiros e de pessoas para o desenvolvimento de um químico novo e mais eficaz. Além de contaminar os rios e solos e oferecer risco aos animais e ao homem. Os agrotóxicos são compostos que estão presentes no nosso cotidiano e interferem diretamente na nossa qualidade de vida.

Muitas vezes os trabalhadores rurais têm consciência de que os riscos oriundos na utilização desses produtos existam, mesmo assim usam de forma inadequada, seja com doses erradas, seja com a ausência do equipamento adequado, ou descarte inadequado de embalagens. Existe também parte da sociedade que sequer conhece os perigos dos agroquímicos, os ignora. É certo que não há como deixar de usar essas substâncias, de forma repentina, sem prejuízo alimentar para grande parte da população mundial, mas o meio ambiente exige uma mudança de postura.

Existem formas sustentáveis de diminuir o uso dos agrotóxicos, como a utilização da agricultura orgânica, a agroecologia, a utilização de tecnologias sustentáveis e a educação ambiental, que tentamos apresentar aqui, uma opção sustentável ao problema dos agrotóxicos, dentro da realidade e que pode ser abordada em contexto escolar. Como professores devemos divulgar o conhecimento científico e incentivar as mudanças necessárias ao bem-estar da sociedade. Precisamos colocar o assunto na mesa, e contribuir para a transformação do aluno em um cidadão crítico e reflexivo, politicamente engajado e consciente de que a mudança só depende de nós.

Para uma efetiva formação de um cidadão crítico é necessário que o indivíduo detecte o problema e seja capaz de buscar soluções. A conscientização do problema e a busca por respostas é o primeiro passo para tomarmos ações reais que envolvem tanto o indivíduo como o coletivo. Sendo a escola uma instituição tão presente e responsável na formação cidadã, ela deve promover discussões de ações reais que tenham relação com o cotidiano e com o conteúdo, e no âmbito escolar, o professor tem o papel fundamental de desenvolver atividades e avaliá-las de forma adequada e panejada, contribuindo com esta formação

## REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J. A. P., AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência&Educação**, v.7-1, p. 15-27, 2001.

APA. **National Center for Biotechnology Information (2023)**. PubChem Compound Summary for CID 7873, Tetraethyl pyrophosphate. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tetraethyl-pyrophosphate> Acesso em: 01 mar. 2023.

ARNALDO, M. A.; SANTANA, L. C. Políticas públicas de educação ambiental e processos de mediação em escolas de Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v.24, n. 3, p. 599-619, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WjG5Bh8qBF8rF4MTspjq3yb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 abr. 2022.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio – pesquisa em educação em ciências**, v. 3, n. 1, p.105- 115, 2001.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Bachelard1996.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BARBIERI, J. C., SILVA, D. Desenvolvimento Sustentável e Educação Ambiental: Uma Trajetória Comum com Muitos Desafios. **Revista ADM. MACKENZIE**, v. 12, n. 3, p. 51 – 82, Edição Especial, São Paulo, 2011.

BASSO, C.; SIQUEIRA, A. C. F.; RICHARDS, N. S. P. S. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e43110817529, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17529>.

BELCHIOR, D. C. V.; SARAIVA, A. S.; LÓPEZ, A. M. C.; SCHEIAL, G. N. Impacto de Agrotóxicos sobre o Meio Ambiente e a Saúde Humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-151, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164063/1/Impactos-de-agrotoxicos-sobre-o-meio-ambiente.pdf>. Acesso em 29 fev.2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografias autorizadas**. Brasília, DF: ANVISA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas-por-letra>. Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, [...] e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 5, p. 1-12, 8 jan. 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm). Acesso em: 06 mar.2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc\\_ensino\\_medio.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/bncc_ensino_medio.pdf) Acesso em: 06 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em 28 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018**: química – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. 2018. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. Lei 9.795/1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm) Acesso em: 06 de mar. 2023.

BRAIBANTE, M. E. F.; JANESSA, A. A química dos agrotóxicos. **Química Nova na Escola**. São Paulo, vol. 32, nº 1, 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf). Acesso em: 29 fev. 2022.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 32 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BORSOI, A.; SANTOS, P. R. R.; TAFFAREL, L. E.; JUNIOR, A. C. G. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. **Acta Iguasu**, Cascavel, v.3, n.1, p. 86-100, 2014. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9650/7083>. Acesso em: 11 abr. 2022.

BOTELHO, M. G. L., PIMENTEL, B. S., FURTADO, L. G., LIMA, M. C. S., CARNEIRO, C. R. O., BATISTA, V. A., MARINHO, J. L. M., MONTEIRO, A. L. P. R., SILVA, T. P., PONTES, A. N., & COSTA, M. S. S. Agrotóxicos na agricultura: agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável. **Research, Society and Development**, 9(8), e396985806, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5806/4940>. Acesso em: 11 abr. 2020.

CARRARO, G. Agrotóxicos e Meio Ambiente: uma proposta de ensino de ciências e química. **Série Química e Meio Ambiente**. Porto Alegre, 1997. Disponível em:

<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/agrotoxicos.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

CAVALCANTI, J. C.; DE FREITAS, J. C. R.; DE MELO, A. C. N.; FILHO, J R. F. Agrotóxicos: Uma temática para o ensino de química. **QNESC**, vol. 32, N° 1, fevereiro 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc32\\_1/07-RSA-0309.pdf](http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc32_1/07-RSA-0309.pdf). Acesso em 28 fev. 2022.

CELESTINO, R. B.; VIEIRA, S. C. Sistema Aquapônico: uma forma de produção sustentável na agricultura familiar e em área periurbana. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, 4 (1), 71-85, 2018.

CHAUI, M. S. Intelectual engajado: uma figura em extinção. O silêncio dos intelectuais. 2006. Tradução. São Paulo: Companhia da Letras, 2006. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/eq16.pdf>. Acesso em 28 abr. 2022.

COSTA, E. O.; SANTOS, J. C. O. Uma Proposta para o Ensino de Química Através da Abordagem CTSA: Uma Sequência Didática para a Temática Água. p. 85-91. **Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química**. São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/eq16.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2022.

**CURRÍCULO MÍNIMO 2012 Química.** Disponível em: <https://cedcrj.files.wordpress.com/2018/03/quc3admica.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

EDUC21. **Observação:** Uma prática que deve ser praticada. Educação Montessori Pós-Graduação, 2021. Disponível em: <https://educ-21.com/wp-content/uploads/2021/11/PEM-EAD-Uma-pratica-que-deve-ser-praticada.pdf> Acesso em: 11 jan. 2025.

ENNES, M. **Dioxinas, educação ambiental e a abordagem CTSA.** Disponível em [https://graduacao.cederj.edu.br/ava/pluginfile.php/1096410/mod\\_resource/content/3/2015-SG\\_MARCELO-TCC.pdf](https://graduacao.cederj.edu.br/ava/pluginfile.php/1096410/mod_resource/content/3/2015-SG_MARCELO-TCC.pdf). Acesso em: 20 fev. 2022.

FAGUNDES, R. C. **Do lixo à sustentabilidade:** uma sequência didática para aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana. 122 f. Trabalho de conclusão de curso ( Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

FAZENDA, I. C. A. **Práticas interdisciplinares na escola.** São Paulo: Cortez, 1993.

FARIA, G. A. S. **O ensino de química por meio de metodologias ativas no contexto dos polímeros e agrotóxicos.** Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35498/2/O%20ensino%20de%20qu%C3%ADmica%20por%20meio%20de%20metodologias%20ativas%20no%20contexto%20dos%20pol%C3%ADmeros%20e%20agrot%C3%BDxicos.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; IGLESIAS, J. D. **Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de ciências naturais do 6º ano de escolaridade.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/XcbxVqHYGfXFy58t66Kkgtd/?lang=pt>. Acesso em: 28 fev. 2022.

FRAZ, A. **Agrotóxicos e a educação ambiental.** Monografia (Graduação em Educação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Pamanbi, 2009. 89 f. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1732/Franz\\_Aline.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1732/Franz_Aline.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 09 fev. 2022.

FREIRE, P. **Conscientização:** teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire / Paulo Freire; [tradução de Kátia de Mello e silva; revisão técnica de Benedito Eliseu Leite Cintra]. – São Paulo: Cortez & Moraes, 1979.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** tradução de Rosica Darcy de Oliveira ; prefácio de Jacques Chonchol 7ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983 93 p. (O Mundo, Hoje, v. 24)

FREIRE, P. **La educación de los adultos como acción cultural:** proceso de la acción cultural; introducción a su comprensión. Primera Parte. 1969.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** 17ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa** / Paulo Freire. – São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Política e Educação.** 5ª ed. São Paulo, Cortez, 2001.

GODOY, J. C. B.; BOHRZ, R. (2020). Diálogo, contextualização do saber e autonomia em Paulo Freire e a semipresencialidade na Educação Superior. *Revista Diálogo Educacional*, 20(66), 1436–1461. <https://doi.org/10.7213/1981-416X.20.066.AO03>.

INSTITUTO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVAVEIS. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil:** uma abordagem ambiental/ Rafaela Maciel Rebelo, et al. Brasília: IBAMA, 2010. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/produtosagrotoxicoseafinscomercializadosem2009nobrasildigital.pdf>. Acesso em: 06 mar.2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Ambiente, trabalho e câncer:** aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: [https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente\\_trabalho\\_e\\_cancer\\_-\\_aspectos\\_epidemiologicos\\_toxicologicos\\_e\\_regulatorios.pdf](https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf). Acesso em: 06 mar. 2022.

IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky.** Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/vygotsky/ano/mes/90.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2022.

JARDIM, I. C.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1107, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/j5MZFXpYTWKhQ3GjjgKpW6h/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2022.

KARAM, D.; RIOS, J. N. G.; FERNANDES, R. C. **Agrotóxicos**. Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117159/1/Agrotoxicos.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

LIMA, R. R. J.; SILVA, R. P.; GBUR, D. S.; BARBOZA, M. M.; COSTA, L. C. S. Realidade e Diretrizes Oficiais da Educação em Química: Qual é a distância? **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 1-15, jan/abr. 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/download/5689/pdf>. Acesso em: 10 mai. 2022.

LIBÂNEO, J. **Didática**. Coleção Magistério. Série Formação do professor. São Paulo: Cortez Editora, 1994. Disponível em: [https://www.professorrenato.com/attachments/article/161/Didatica%20Jose-carlos-libaneo\\_obra.pdf](https://www.professorrenato.com/attachments/article/161/Didatica%20Jose-carlos-libaneo_obra.pdf). Acesso em 20 fev. 2022.

LUCKESI, C.C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 17ª edição, São Paulo: Cortez Editora, 2005.

MACHADO, J. C. B. **A proposta pedagógica de Perrenoud**: fundamentos filosóficos da “pedagogia das competências”. 2007. f 108. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: [http://www.proped.pro.br/teses/teses\\_pdf/2005\\_1-134-me.pdf](http://www.proped.pro.br/teses/teses_pdf/2005_1-134-me.pdf) Acesso em: 10 jan. 2025.

MADALÓZ, V. F. S.; DOS SANTOS, A. E.; MARTINHOM, P. T. **Agrotóxicos no cultivo de alimentos** – uma proposta didática para o ensino e aprendizagem de funções orgânicas. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/644649/2/Agrot%C3%B3xicos%20no%20cultivo%20de%20alimentos%20%20-%20uma%20proposta%20did%C3%A1tica%20para%20o%20ensino%20e%20aprendizagem%20de%20fun%C3%A7%C3%A7%C3%85es%20org%C3%A2nicas.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2022.

MALA, E.; SANCHES, R. A.; MARTINHOM, P. T.; SILVA, C. R. S. Jogo didático sobre energias renováveis como legado discente-docente-aprendente. **Revista Scientiarum**, 2, 9. [https://doi.org/10.51919/revista\\_sh.v2i0.97](https://doi.org/10.51919/revista_sh.v2i0.97) Acesso em: 12 jan. 2025.

MANASSERO, M.; VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A. **Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad (COCTS)** Palma de Mallorca: Universidad de las Islas Baleares: Departamento de Psicología, 2001.

MARASELLA C. S. R. M. **A avaliação da aprendizagem escolar na perspectiva da psicologia histórico-cultural**. Porto Velho, Rondônia, 2010. Disponível em: [https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/1306/1/Marasella%20del%20C.%20S.%20R.%20Macedo\\_A%20avalia%c3%a7%a7%c3%a3o%20da%20aprendizagem%20escolar.pdf](https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/1306/1/Marasella%20del%20C.%20S.%20R.%20Macedo_A%20avalia%c3%a7%a7%c3%a3o%20da%20aprendizagem%20escolar.pdf). Acesso em: 28 fev. 2022.

PADILHA, T., MARTINHON, P. T., SOUZA, R. M., ROCHA, A. S., SOUSA, C. R. Diálogos Discente~Docente~Aprendente sobre o combate e a prevenção à Covid-19. **Revista Scientiarum Historia**, 1, 9. [https://doi.org/10.51919/revista\\_sh.v1i0.330](https://doi.org/10.51919/revista_sh.v1i0.330)

PERES, F; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio?** Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/sg3mt/pdf/peres-9788575413173.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2022.

PERRENOULD, P. **Das diferenças culturais às desigualdades escolares:** a avaliação e a norma num ensino diferenciado. *Análises Psicológicas* (1978), II, p.133-155.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 13, p. 71-84, 2007.

RIBAS, P. P., & MATSUMURA, A. T. S. (2013). A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, 10(14), 149–158. Recuperado de <http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/142> Acesso em: 06 mar. 2022.

REIS, S. O. P. **Contribuição de Paulo Freire para o ensino aprendizagem de biologia:** os temas geradores como procedimento dialógico de compreensão do todo da vida(bíos). 2019. 125 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019.

RODRIGUES, F. F. S. **Educação Ambiental na Perspectiva da Produção de Sentido de Justiça Social e Cidadania:** Representações Sociais de Licenciados e Professores de Biologia. 2018. 194 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22502/3/Educa%C3%A7%C3%A3oAmbientalPerspectiva.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

ROSA, S. R. B. de O. FILIPAK, S. T. Paulo Freire: Educação como transformação social. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 12, Vol. 06, pp. 131-141. Dezembro de 2019. ISSN: 2448-0959

RUEGG, E.F.; PUGA, F. R.; SOUZA, M. C. M.; UNGARO, M. T. et al. O impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente, a saúde e a sociedade. São Paulo: Ícone Ltda, 1986. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/ripsa/resource/pt/lil-120427>. Acesso em: 06 mar. 2022.

SANTOS, W. L. P. **Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças.** *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Belém, v. 9, n. 17, p. 49-62, dez. 2012. ISSN 2317-5125

SCHRAM, S. C.; CARVALHO, Marco A. B. **O pensar educação em Paulo Freire: Para uma pedagogia de mudanças.** v. 17, p. 852-2, 2017.

SILVA, A. G. S.; GONZAGA, A. M.; BERNARDES, A. F.; DINIZ, A. K. C.; SILVA, M. F. G.; LIMA, A. F.; LACERDA, N. O.; SILVA, V. J. A interdisciplinaridade e o enfoque CTSA nas propostas do PIBID – Química Licenciatura da UEG de Anápolis. v. 1 (2014): **Anais do I Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás** (CEPE/UEG). Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/download/5577/3359>. Acesso em: 06 mar. 2022.

SIQUEIRA, G. C.; RIBEIRO, S. A. F.; FREITAS, C. C. G.; SOVIERZOSKI, H. H.; LUCAS, L. B. CTS e CTSA: em busca de uma diferenciação. **Revista Tecnologia e Sociedade**. UFPR: 2021.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; JUNIOR, L. A. F. Educação ambiental como política pública. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/WMXKtTbHxzVcgFmRybWtKrr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 abr. 2022.

TORRES, P. L. IRALA, E. A. F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. **Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento**. Curitiba: Senar. p. 61-93, 2014. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4514719/mod\\_folder/content/0/Aprendizagem-colaborativa.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4514719/mod_folder/content/0/Aprendizagem-colaborativa.pdf) Acesso em 12 jan. 2025.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B. PINHEIRO, N. A. M. **O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na educação: Uma revisão**. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. P. 98-116. 2009. ISBN: 978-85-7014- 048-7.

VIEIRA, H. V. P., MARTINHON, P. T., SIMÕES, A. L., ROCHA, A. S., SOUSA, C. O uso de aplicativos de celular como ferramenta pedagógica para o ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, 5 (1ESP), 125-138. Recuperado de <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2321>.

VILCHES, A.; PÉREZ, D. G.; PRAIA, J. **De CTSA a CTSA: educação por um futuro sustentável**. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011, p. 161-184

VYGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente**. 153.65-V631. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3317710/mod\\_resource/content/2/A%20formacao%20social%20da%20mente.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3317710/mod_resource/content/2/A%20formacao%20social%20da%20mente.pdf). Acesso em: 12 dez. 2022.

VYGOTSKI, L. S. **A Transformação Socialista do Homem**. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/vygotsky/1930/mes/transformacao.htm>. Acesso em: 12 dez. 2022.

# APÊNDICE A – Material didático autoral

## CARTILHA DO PROFESSOR

# AGROTÓXICOS



<https://blogdopedlowski.com/2021/01/12/observatorio-dos-agrotoxicos-disponibiliza-a-lista-completa-dos-1001-agrotoxicos-liberados-nos-dois-anos-do-governo-bolsonaro/>

## CARTILHA DO PROFESSOR

Prezado Professor,

Essa cartilha tem como objetivo auxiliá-lo na condução da atividade de debate sobre os agrotóxicos, proposta para os estudantes do ensino médio, com enfoque na educação ambiental e no ensino de química.

Os agrotóxicos são compostos químicos utilizados na agricultura para controlar pragas e doenças que afetam as plantas, porém, esses compostos podem ter efeitos nocivos na saúde humana e no meio ambiente. Embora o seu uso possa aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, ele também pode trazer danos para o meio ambiente e para a saúde humana.

Esses produtos químicos, possuem em sua formulação, compostos que podem contaminar o solo e água da fauna e da flora, causando desequilíbrios ecológicos e afetando a qualidade dos recursos naturais, e consequentemente, a qualidade de vida. Além disso, o consumo de alimentos contaminados por esses produtos pode representar um risco para nossa saúde, pois muitas dessas substâncias são tóxicas e podem causar problemas como alergias, intoxicações e até mesmo doenças crônicas como câncer.

A toxicidade aguda mais elevada é observada em alguns compostos como os organofosforados, que podem causar danos ao sistema nervoso central. Dessa forma, é importante que os alunos entendam os riscos associados ao uso desses produtos químicos e se conscientizem em técnicas agrícolas mais sustentáveis, a fim de minimizar os impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente.

Nesse contexto, é importante debater sobre o uso desses produtos e refletir sobre a influência da cultura, da sociedade e do meio ambiente na escolha do seu uso. Essa atividade busca fomentar o diálogo e a reflexão crítica sobre o tema, visando contribuir para uma agricultura mais sustentável e uma alimentação mais saudável.

Esses compostos químicos podem ser sólidos ou líquidos, voláteis ou não, e apresentam diferentes graus de solubilidade em água e solventes orgânicos. Os compostos organoclorados, em especial, são conhecidos por serem muito estáveis e pouco reativos, o que dificulta a sua transformação. A presença de átomos de cloro na molécula dos agrotóxicos também contribui para sua resistência à degradação.

De modo geral, os agrotóxicos podem ser classificados em três categorias, de acordo com sua função: inseticidas, fungicidas e herbicidas. Os inseticidas são utilizados para controlar insetos que atacam as plantações, os fungicidas são usados para controlar fungos que podem prejudicar as plantas e as herbicidas, para controlar plantas daninhas nas culturas.

Esses produtos podem apresentar diferentes características químicas, como solubilidade em água, estabilidade química e toxicidade. Muitos agrotóxicos são solúveis em

água e podem dispersar facilmente no ambiente, afetando a qualidade dos recursos hídricos. Outros são muito estáveis quimicamente, persistindo no ambiente por longos períodos e aumentando o seu potencial de contaminação.

A dispersão ambiental dos agrotóxicos é outro fator preocupante, tornando-se um problema de dimensões globais. Os compostos voláteis podem ser facilmente transportados pelo ar, enquanto os compostos menos voláteis tendem a se adsorver a particulados que se depositam em solos, sedimentos e corpos d'água. A toxicidade crônica dos agrotóxicos está relacionada aos processos de bioacumulação e biomagnificação, onde a substância se acumula nos organismos vivos ao longo da cadeia alimentar, resultando em efeitos negativos para a saúde humana e dos ecossistemas.

Além disso, muitos agrotóxicos são tóxicos para os organismos não-alvo, como animais silvestres e insetos benéficos para o controle natural de pragas, e podem afetar a cadeia alimentar causando desequilíbrios ecológicos. Por isso, é importante que os agrotóxicos sejam utilizados de forma responsável e consciente, visando minimizar os seus impactos sobre o meio ambiente e nossa saúde.

Existem diversos tipos de agrotóxicos que você pode utilizar como exemplo para a atividade, aqui citamos o glifosato ( $C_3H_8NO_5P$ ), vulgo Roundup. O glifosato é um produto herbicida amplamente usado para o controle de plantas daninhas e age inibindo uma enzima essencial para o crescimento das plantas. Seu nome químico é N- (fosfonometil)glicina e sua fórmula estrutural encontra-se abaixo (figura 1). É relativamente estável quimicamente e pode persistir no ambiente por longo período.

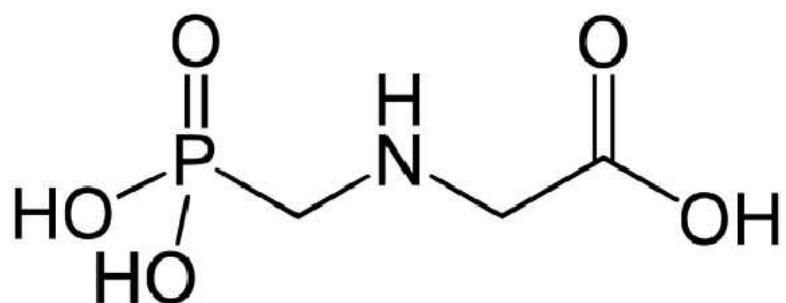


Figura 8 – Estrutura química do glifosato, vulgo Roundup.

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estrutura-quimica-do-glifosato-N-fosfonometil-glicina-C3H8NO5P\\_fig4\\_340467394](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Estrutura-quimica-do-glifosato-N-fosfonometil-glicina-C3H8NO5P_fig4_340467394)

O glifosato é um composto incolor e amarelo-claro, com alta solubilidade em água (em torno de 12 g/L a 25°C), o que pode contribuir para a sua dispersão no meio ambiente e

aumento do risco de contaminação de corpos d’água, além de ser um composto volátil, o que significa que sua vaporização no ar é baixa. Você pode pedir que os alunos identifiquem as principais funções orgânicas do glifosato: amina –  $\text{H}_3\text{C}-\text{N}-\text{H}$  representa o grupo amina, já que tem um átomo de nitrogênio (N) ligado a átomos de hidrogênio (H); ácido carboxílico – a parte  $\text{COOH}$  representa um grupo ácido carboxílico, que consiste em um carbono ligado a um grupo carbonila ( $\text{C}=\text{O}$ ) e a um grupo hidroxila ( $\text{OH}$ ). Além desses grupos principais você pode perguntar se os alunos são capazes de identificar o fosfonato, que consiste em um átomo de carbono ligado a três grupos fosfato ( $\text{PO}_3$ ), indicando a presença do fósforo (BOTELHO et al., 2020).



Figura 9 – Roundup, agrotóxico utilizado como herbicida.

<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/05/14/monsanto-e-condenada-pela-3a-vez-a-indenizacao-bilionaria-por-agrotoxico-roundup-a-base-de-glifosato.ghtml>

Quimicamente, o Roundup, é um composto orgânico com um grupo amino e um grupo carboxílico em sua estrutura molecular, é classificado como ácido fosfônico, que é um tipo de ácido orgânico com um grupo fosfonato ( $-\text{PO}(\text{OH})_2$ ) em sua estrutura. Essa característica química é importante para os mecanismos de ação do glifosato como herbicida, que envolve a inibição da enzima EPSPS (enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase), necessária para a síntese de aminoácidos aromáticos em plantas.

Vale destacar, que o glifosato tem alta capacidade de adsorção a partículas do solo, o que pode limitar a sua mobilidade no meio ambiente e contribuir para a sua degradação por micro-organismos presentes no solo. Sua persistência no solo pode variar dependendo das

condições ambientais e da presença de micro-organismos degradadores, podendo levar a efeitos a longo prazo na qualidade do solo.

Os problemas decorrentes do uso dessas substâncias ficaram evidentes quando herbicidas desfolhantes foram usados como arma na guerra do Vietnã, como agente laranja, causando efeitos graves no meio ambiente e em nossa saúde. Durante a guerra, esse agente era utilizado para desfolhar as florestas a fim de eliminar a cobertura vegetal usada como esconderijo pelos inimigos dos EUA.

Outro exemplo de herbicida, o agente laranja é um precursor dos agrotóxicos modernos e que são usados em larga escala na agricultura mundial. Muitos agroquímicos contêm ingredientes ativos que são semelhantes aos componentes químicos do agente laranja e podem causar câncer, problemas reprodutivos, doenças neurológicas etc. A comunidade internacional condenou tal uso, e a partir desse evento muitos países, incluindo o Brasil, criaram leis e regulamentações mais rigorosas para o uso desses compostos a fim de proteger a sociedade.



Figura 10 – Agente Laranja no Vietnã.

<https://2.bp.blogspot.com/-aq2gpYoxfXI/TjxV9nGiYAI/AAAAAAAABV4/JXZuw2Ik8ew/s1600/Ataque+com+g%25C3%25A1s+napalm+em+1972+no+Vietnam.jpg>

Os agrotóxicos são considerados produtos perigosos, pois muitas vezes não percebemos de forma imediata sua presença na natureza e nos alimentos que consumimos. São produtos oriundos da ação humana, que não são encontrados na natureza, são resultados

de processos industriais e em sua produção são envolvidas substâncias químicas altamente tóxicas.

Sua produção envolve síntese de substâncias químicas em larga escala em indústrias químicas, muitas vezes em países com poucas regulamentações ambientais. Esses produtos são transportados em grandes quantidades e armazenados em depósitos até serem distribuídos para as propriedades rurais.

Durante a sua aplicação nas plantações, podem ocorrer diferentes formas de liberação ou contaminação do ambiente. A pulverização aérea é uma das formas mais comuns de aplicação, que pode causar a sua dispersão por grandes áreas e contaminar os solos, rios, lagos e até mesmo comunidades próximas. Também podem contaminar o ambiente por meio do escoamento superficial ou lixiviação, que é o movimento dos produtos químicos através do solo e da água para áreas próximas, o que pode levar a contaminação de lençóis freáticos e outras fontes de água (BOTELHO et al., 2020).

Outra forma de contaminação é através da ingestão de alimentos contaminados por resíduos de agrotóxicos. Pode ocorrer quando as plantas absorvem esses produtos e os armazenam em suas partes comestíveis, o que pode levar a exposição crônica a essas substâncias e trazer risco à nossa saúde.

Os mecanismos de ação que tornam esses produtos eficazes no combate às pragas e doenças que afetam as plantações, são muitos e diferentes. Esses mecanismos podem afetar o sistema nervoso, reprodutivo e metabólico dos organismos alvos.

Um exemplo de mecanismo é o das substâncias que atuam no sistema nervoso, como os inseticidas que afetam os neurotransmissores dos insetos, levando à paralisia e morte dos mesmos. Outro exemplo é o herbicida que afeta a síntese de clorofila nas plantas, o que causa amarelamento e a morte das folhas.

Os fungicidas e bactericidas atuam inibindo ou interferindo na produção de fungos e bactérias, afetam as células dos organismos-alvo, impedindo o crescimento e a reprodução desses organismos.

Vale destacar que, a ação dos agrotóxicos não é seletiva e pode afetar outros organismos, como os polinizadores e os predadores naturais de pragas. Além disso, a exposição crônica a esses produtos químicos pode gerar resistência nas pragas e doenças, tornando necessária a aplicação de doses cada vez maiores de produto para obter os mesmos resultados.

Como exemplo desses processos temos a produção de pesticidas, herbicidas e fungicidas que contêm substâncias como os organoclorados, organofosforados, carbamatos e

neonicotinoides, produtos altamente prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Portanto, é fundamental conscientizar a população sobre os riscos ligados ao uso excessivo de agrotóxicos na agricultura e promover práticas sustentáveis de produção de alimentos que não comprometam nem nossa saúde e nem o meio ambiente.

Em lugares onde já ocorreu a contaminação por agrotóxicos é importante adotar medidas para minimizar os danos e proteger a saúde da população: monitoramento da qualidade de água e do solo para identificar a contaminação e avaliar os riscos às pessoas e ao meio ambiente; restringir o uso desses produtos para evitar novas contaminações; educar e conscientizar a população sobre os riscos e danos e as medidas preventivas a serem adotadas; descontaminação da área, em casos graves de contaminação, para minimizar os riscos à saúde e restaurar o meio ambiente; e investir em práticas sustentáveis, como produção sustentável, cultivo orgânico e controle biológico de pragas; entre outros (BOTELHO et al., 2020).

Existem diversos recursos pedagógicos que podem ser utilizados para complementar, combinando diferentes atividades para que os alunos tenham experiência enriquecedora, para essa atividade:

- Vídeos educativos sobre o tema, que podem ser usados para apresentar conceitos e informações do tema.
- Jogos educativos, que simulam o uso dos agrotóxicos, permitindo que os alunos entendam melhor o funcionamento desses produtos e suas consequências.
- Experimentos para demonstrar algumas características, como solubilidade em água ou ação nas plantas.
- Debates em sala de aula para incentivar a participação dos alunos e estimular o pensamento crítico.
- Visitas a campo, em propriedades rurais para conhecer de perto o uso desses produtos, suas vantagens e desvantagens, e refletir sobre as possíveis alternativas sustentáveis.

Essa atividade se adéqua perfeitamente a abordagem CTSA. Pois, essa abordagem, busca integrar os conhecimentos científicos e tecnológicos com as dimensões sociais, culturais e ambientais, buscando desenvolver uma visão crítica e reflexiva dos alunos sobre os impactos das tecnologias e das ciências na sociedade e no meio ambiente.

Nela, os estudantes são incentivados a refletir sobre a utilização de agrotóxicos na produção agrícola, suas vantagens e desvantagens, e sobre possíveis alternativas mais sustentáveis. A CTSA estimula a participação ativa dos alunos, através de debates, experimentos e jogos educativos, permitindo que eles desenvolvam uma compreensão mais ampla e crítica sobre o assunto.

#### Atividade: Debate de ideias sobre os agrotóxicos

##### Objetivos:

- Ampliar o conhecimento dos discentes sobre os agrotóxicos;
- Promover reflexão crítica sobre o uso desses produtos químicos e incentivar a adoção de práticas sustentáveis;
- Reconhecer as Funções Orgânicas Químicas presentes nos principais agrotóxicos;
- Desenvolver habilidades de argumentação e expressão oral.

##### Material:

- Artigos e reportagens sobre o tema, com diferentes abordagens e perspectivas;
- Vídeos explicativos sobre o uso de agrotóxicos;
- Papel e caneta para anotações

##### Passo a passo:

###### Aula 1: 50 minutos

1. Faça perguntas de sondagem: Você sabe o que são defensivos agrícolas? Você conhece algum desses produtos químicos? Você tem ideia dos riscos desses produtos ao meio ambiente e a saúde humana? Duração: 10 minutos.
2. Aula expositiva dialogada: Você fará uma introdução sobre o tema explicando a importância do uso dos agrotóxicos para a agricultura e os riscos ambientais envolvidos no uso excessivo desses produtos, apresente os conceitos e definições importantes sobre o assunto e relate os conceitos a funções orgânicas. Peça aos alunos

que identifiquem as funções orgânicas presentes em moléculas de agrotóxicos que você apresentará. Duração: 30 minutos.

3. Os alunos serão divididos em grupos de 4 ou 5 e sorteie um produto químico para que cada grupo possa fazer uma pesquisa a respeito, apresente o tema aos demais colegas, faça análise das funções orgânicas químicas presentes no composto e se possível que encontre um substituto sustentável para o produto químico. Duração: 10 minutos.

Aula 2: 50 minutos.

4. Os grupos farão suas apresentações, identificando as funções orgânicas presentes nos compostos do qual falarão, apresentarão os usos e perigos do produto, caso tenha e ofereçam alternativas ao seu uso. Duração: 30 minutos.
5. Os alunos terão um tempo para reflexão individual sobre o tema que foi discutido e fazer anotações sobre suas impressões, dúvidas e questionamentos. Isso é importante já que nem todo aluno tem o mesmo desempenho enquanto apresentador. Duração: 10 minutos.
6. O professor fará uma síntese, uma conclusão, das ideias apresentadas durante o debate e como um produto que gere efeito multiplicador, pedirá que os alunos produzam material de divulgação (veja anexo C, para ter uma ideia do que os alunos podem produzir). Esse material será distribuído dentro da escola ou na comunidade em que se encontra a escola, a depender do professor. Duração: 10 minutos.

Se seus alunos forem oriundos de áreas rurais, você poderá sugerir, ainda, que sejam adicionados ao folder, cuidados a serem seguidos em relação ao uso dos agrotóxicos, como:

1. Utilização EPIs: como luvas, máscaras e óculos de proteção.
2. Seguir as instruções de uso: ler atentamente as instruções do rótulo antes de usar qualquer tipo de agrotóxico, seguindo as doses recomendadas e as diluições indicadas.
3. Armazenamento correto: armazenar em locais adequados e seguros, longe do alcance de crianças e animais.
4. Descarte correto das embalagens: as embalagens devem descartadas em lugares específicos, seguindo as normas de segurança e proteção ambiental.

5. Optar por alternativas mais sustentáveis: controle biológico de pragas, uso de plantas naturais e o cultivo orgânico, buscando informações sobre práticas mais sustentáveis na produção e consumo de alimentos.

Desejamos sucesso na realização desta atividade!

## **APÊNDICE B - Material didático autoral**

### **CARTILHA DO ALUNO**

# AGROTÓXICOS



<https://blogdopedlowski.com/2021/01/12/observatorio-dos-agrotoxicos-disponibiliza-a-lista-completa-dos-1001-agrotoxicos-liberados-nos-dois-anos-do-governo-bolsonaro/>

CARTILHA DO ALUNO

Olá, alunos!

Nesta atividade, vamos debater sobre a relação entre o uso de agrotóxicos e a sustentabilidade ambiental, identificando diferentes pontos de vista acerca do tema e refletindo sobre a influência da cultura, da sociedade e do meio ambiente na escolha do uso de agrotóxicos.

Os agrotóxicos são substâncias químicas utilizadas na agricultura para controlar pragas, doenças e plantas daninhas que possam prejudicar as plantações e, consequentemente, a produção de alimentos. Embora o uso dessas substâncias possa aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção, ele também pode trazer consequências negativas para o meio ambiente e para a saúde humana.



Figura 11 – Aplicação de agrotóxico na cultura.

<https://www.poder360.com.br/congresso/camara-aprova-proposta-para-facilitar-registro-de-agrotoxicos/>



Figura 12 – Alimentos contaminados.

<http://cnq.org.br/noticias/audiencia-publica-inedita-apresenta-dados-alarmantes-sobre-contaminacao-por-agro-710b/>

Essas substâncias podem apresentar diferentes características químicas, como solubilidade em água, estabilidade química e toxicidade. Muitos agrotóxicos são solúveis em água e podem dispersar facilmente no ambiente, afetando a qualidade dos recursos hídricos.

Alguns são também muito estáveis quimicamente, persistindo no ambiente por longos períodos e aumentando o seu potencial de contaminação. Além disso, muitos desses produtos são tóxicos para organismos não-alvo, como animais silvestres e insetos benéficos para o controle natural de pragas, podendo afetar a cadeia alimentar e causar desequilíbrios ecológicos.

São compostos por substâncias que podem afetar a fauna e a flora do solo e da água, causando desequilíbrios ecológicos e afetando a qualidade dos recursos naturais. Além disso, o consumo de alimentos contaminados por agrotóxicos pode representar um risco para a saúde humana, pois muitas dessas substâncias são tóxicas e podem causar problemas como alergias, intoxicações e até mesmo doenças crônicas como o câncer.



Figura 13 – Agente Laranja no Vietnã.

<https://2.bp.blogspot.com/-aq2gpYoxfXI/TjxV9nGiYAI/AAAAAAAABV4/JXZuw2Ik8ew/s1600/Ataque+com+g%25C3%25A1s+napalm+em+1972+no+Vietnam.jpg>

Um exemplo de agrotóxico é o glifosato, conhecido como Roundup, um produto, herbicida não-seletivo amplamente utilizado na agricultura. É um composto incolor a amarelo-claro, com alta solubilidade em água (em torno de 12 g/L a 25°C), o que pode contribuir para a sua dispersão no meio ambiente e o aumento do risco de contaminação de corpos d'água. Além disso, o glifosato é um composto pouco volátil, o que significa que a sua vaporização no ar é baixa.



Figura 14 – Roundup, agrotóxico utilizado como herbicida.

<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/05/14/monsanto-e-condenada-pela-3a-vez-a-indenizacao-bilionaria-por-agrotoxico-roundup-a-base-de-glifosato.shtml>

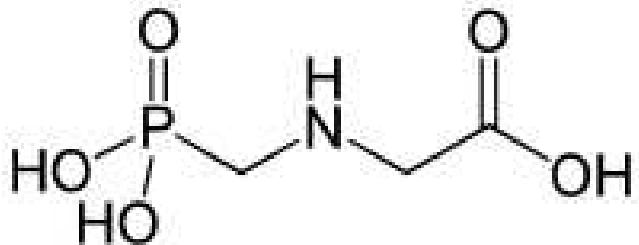


Figura 15 – Fórmula estrutural do glifosato, vulgo Roundup.

<https://www.wikiwand.com/pt/Glifosato>

Quimicamente, o Roundup é um composto orgânico com um grupo amino e um grupo carboxílico em sua estrutura molecular. Seu nome químico é N- (fosfonometil)glicina e sua fórmula estrutural encontra-se abaixo (figura 4). É classificado como um ácido fosfônico, que é um tipo de ácido orgânico com um grupo fosfonato (-PO(OH)<sub>2</sub>) em sua estrutura. Essa característica química é importante para o seu mecanismo de ação como herbicida, que envolve a inibição da enzima EPSPS (enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase), necessária para a síntese de aminoácidos aromáticos em plantas. Você seria capaz de identificar na fórmula estrutural do glifosato as principais funções orgânicas? Se sim, identifique-as.

Além disso, é importante destacar que o glifosato tem alta capacidade de adsorção a partículas do solo, o que pode limitar a sua mobilidade no meio ambiente e contribuir para a sua degradação por micro-organismos presentes no solo. No entanto, sua persistência no solo

pode variar dependendo das condições ambientais e da presença de micro-organismos degradadores, podendo levar a efeitos a longo prazo na qualidade do solo.

Algumas das medidas que podemos tomar diante desse quadro são:

- Utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs): ao manusear esses produtos, é fundamental utilizar EPIs como luvas, máscaras e óculos de proteção.
- Seguir as instruções de uso: ler atentamente as instruções de uso contidas no rótulo antes de usar qualquer tipo de agrotóxico e seguir as recomendações de dose e diluição indicadas.
- Armazenar corretamente: essas substâncias devem ser armazenadas em local adequado e seguro, longe do alcance de crianças e animais.
- Descarte correto: esses produtos devem ser descartados em locais específicos, seguindo as normas de segurança e proteção ambiental.
- Optar por alternativas mais sustentáveis: existem diversas alternativas mais sustentáveis ao uso dos agrotóxicos, como o controle biológico de pragas, o uso de plantas repelentes naturais e o cultivo orgânico. Busque por informações e adote práticas mais sustentáveis na produção e consumo de alimentos.

Diante desse contexto, é importante debater o uso desses produtos químicos e refletir sobre a influência da cultura, da sociedade e do meio ambiente na escolha do uso dessas substâncias. Essa atividade busca fomentar o diálogo e a reflexão crítica sobre o tema, visando contribuir para a agricultura mais sustentável e uma alimentação mais saudável.

Para isso, seguem algumas instruções para ajudá-los a participar do debate:

1. Antes da apresentação, cada grupo deverá ler e analisar os textos e artigos sobre o uso de agrotóxicos, em especial sobre o defensivo agrícola que o seu grupo recebeu no sorteio, com diferentes abordagens e perspectivas.
2. Faça anotações sobre as informações mais relevantes e as ideias apresentadas.
3. Não esqueça que você deve apresentar a molécula referente ao agrotóxico e falar das Funções Orgânicas presentes.
4. Durante a leitura, cada grupo deverá elaborar perguntas sobre o tema para serem feitas aos outros grupos após a apresentação.
5. Lembre-se de buscar alternativas sustentáveis para os agrotóxicos, caso haja algum.

6. Após a apresentação, cada grupo terá a oportunidade de apresentar suas ideias e argumentos sobre o uso dos agrotóxicos e responder as perguntas dos outros grupos. Ouça com atenção e respeite as diferentes perspectivas apresentadas.
7. Após a apresentação, reserve um tempo para que você possa refletir sobre o que foi discutido e fazer anotações sobre suas impressões, dúvidas e questionamentos. Lembre-se de que a reflexão individual é importante para o seu próprio desenvolvimento.

Lembre-se de que é importante manter uma postura crítica e respeitosa durante as apresentações de seus colegas, buscando sempre aprender com as diferentes perspectivas apresentadas.

Bons estudo e bom debate!

## APÊNDICE C - Material didático autoral



Você sabe o que são Defensivos Agrícolas?

Agrotóxicos ou defensivos agrícolas são produtos químicos, físicos ou biológicos usados para controlar pragas e doenças em ambientes agrícolas, pastagens, florestas e urbanos.

**PRINCIPAIS PERIGOS DO USO DE AGROTÓXICOS:**

- Contaminação do Meio Ambiente
- Contaminação dos Alimentos
- Intoxicação



Com o aumento da população mundial, aumentaram também as demandas, principalmente a de se produzir mais alimentos para todo esse povo.

Para aumentar a produtividade, a agricultura utiliza os agrotóxicos para diminuir ou eliminar as pragas nas lavouras e aumentar a produtividade.

No entanto, esses produtos podem gerar alguns danos ao homem e ao meio ambiente.



**PERIGO DOS AGROTÓXICOS**

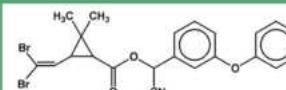
Conscientize-se!

Frente



## DELTAMETRINA

Deltametrina é um inseticida utilizado na agricultura para matar pulgões e cochonilhas e agem por contato e/ou ingestão. Ela é absorvida pelo esoesqueleto do inseto atingindo seu sistema nervoso. Com isso o sistema de regulação do sódio nas células é afetado, levando o inseto à morte.



<https://questoes.granicurasonline.com.br/prova/companhia-de-aguas-de-joinville-sc-2023-fepese-analista-quimico/33>

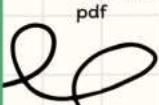


### RECEITA CHÁ DE FUMO DE ROLO PARA COMBATE A PULGÕES E COCHONILHAS

Pique 10 cm de fumo de rolo, **1** coloque em 1 litro de água. Coloque em recipiente não metálico com tampa. Deixe descansar de um dia para o outro.

**2** No dia seguinte, dilua o conteúdo em 10 litros de água e borrie em suas plantas. Esse produto serve para combate a pulgões, cochonilhas e lagartas.

**3** SAIBA MAIS EM:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/984074/1/folderplantasmedicinaisreceitas.pdf>



### FAÇA SUBSTITUIÇÕES SUSTENTÁVEIS



A substituição sustentável de agrotóxicos por alternativas menos nocivas é fundamental para a saúde humana, ambiental e econômica. Eses métodos diminuem os impactos negativos no solo, na água e na biodiversidade, além de protegerem agricultores e consumidores de resíduos tóxicos nos alimentos.

Faça a sua parte e divulgue esse conteúdo!

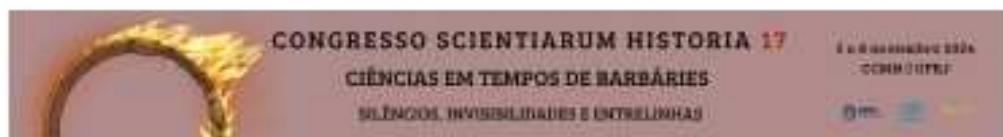
**Preservar o Meio Ambiente é tarefa de todos nós!**



Verso

## ANEXO – Produções Bibliográficas em eventos científicos





## Agrotóxicos, Educação Ambiental e Abordagem CTSA

### *Pesticides, Environmental and CTSA Approach*

Karina Falz Leandro Vieira

Graduanda em Licenciatura em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
[karinafalz.quim.ufrj@gmail.com](mailto:karinafalz.quim.ufrj@gmail.com)

Priscila Tamiasso Martinhon

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
[pris@q.ufrj.br](mailto:pris@q.ufrj.br)

Angela Sanches Rocha

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
[angela.rocha@uerj.br](mailto:angela.rocha@uerj.br)

Célia Regina Sousa da Silva

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
[sousa@iq.ufrj.br](mailto:sousa@iq.ufrj.br)

*Abstract. One of the many problems we face when it comes to the environment is the use of pesticides in agriculture as a way to control or eradicate pests and, consequently, increase food production. The negative effects of these chemicals are increasingly evident on the environment and on our health. According to a study carried out by Embrapa, the Brazilian agro is responsible for feeding 800 million people in the world and this number may increase in the coming years. One thing is certain, the world needs to eat, however, to what extent can we use pesticides so as not to harm nature, on which we depend, and maintain food security on the planet. Environmental education is fundamental for the development and formation of citizens who are aware and engaged in the preservation of the environment. Through it, society can recognize the problem related to the indiscriminate use of pesticides, can adopt less aggressive agricultural practices, and take responsible and more sustainable actions, less harmful to nature. Thus, we can say that environmental education can be considered as an important solution to educate*



people about environmental problems. To integrate these themes, the use of pesticides and environmental education, we used the CTSA – Science, Technology, Society and Environment approach. This approach can integrate different types of themes, providing critical reflection on the role of science and technology on society and the environment. In this way, our work aims to bring the discussion to the classroom the problems that exist in the use of pesticides, such as poisoning of the individual by handling them, contamination of the environment and animals, and consequent change of the ecosystem within the content of chemistry using the CTSA – Science, Technology, Society and Environment approach.

**Keywords:** Pesticides. Environmental education. CTSA approach.

**Resumo.** Um dos diversos problemas que enfrentamos quando se trata do meio ambiente é a utilização de agrotóxicos na agricultura como forma de controle ou erradicação de pragas e, consequente aumento na produção de alimentos. Os efeitos negativos desses produtos químicos, são cada vez mais evidentes sobre o meio ambiente e sobre a nossa saúde. Segundo um estudo feito pela Embrapa, o agro brasileiro é responsável por alimentar 800 milhões de pessoas no mundo e esse número poderá aumentar nos próximos anos. Uma coisa é certa, o mundo precisa comer, porém, até que ponto podemos utilizar os agrotóxicos de modo a não prejudicar a natureza, da qual dependemos, e manter a segurança alimentar do planeta. A educação ambiental é fundamental para o desenvolvimento e formação de cidadãos conscientes e engajados na preservação do meio ambiente. Através dela, a sociedade pode reconhecer o problema referente aos usos indiscriminados dos agrotóxicos, pode adotar práticas agrícolas menos agressivas, e tomar ações responsáveis e mais sustentáveis, menos prejudiciais à natureza. Desse modo, podemos dizer que a educação ambiental pode ser considerada como uma solução importante para educar as pessoas sobre os problemas ambientais. Para integrar esses temas, utilização de agrotóxicos e educação ambiental, recorremos a abordagem CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Essa abordagem é capaz de integrar diversos tipos de temas proporcionando reflexão crítica sobre o papel da ciência e tecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente. Desse modo, nosso trabalho visa trazer a discussão para a sala de aula os problemas que existem na utilização de agrotóxicos, como envenenamento do indivíduo pelo seu manuseio, contaminação do meio ambiente e dos animais, e consequente mudança do ecossistema dentro do conteúdo de química utilizando a abordagem CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

**Palavras-chave:** Agrotóxicos. Educação Ambiental. Abordagem CTSA.

## 1. Introdução

O uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura é um dos principais problemas ambientais enfrentados atualmente em todo o mundo. Embora essas substâncias químicas sejam usadas para aumentar a produtividade e o controle de doenças e pragas, seus efeitos negativos sobre a



saúde humana e o meio ambiente são significativos. Os problemas incluem a contaminação de lençóis freáticos, do solo e alimentos, intoxicação de trabalhadores rurais, impactos em organismos não alvo da substância, entre outros. A abordagem CTSA pode ajudar a conscientizar as pessoas sobre esses problemas e incentivar o pensamento crítico e a tomada de decisão em relação ao uso desses produtos químicos. Ao adotar a abordagem CTSA, os professores podem fornecer aos alunos a oportunidade de investigar os problemas reais e atuais relacionados ao uso de produtos químicos na agricultura. Essa abordagem permite que os discentes desenvolvam possíveis soluções e se tornem cidadãos críticos e participativos na sociedade, engajados na luta pela preservação do meio ambiente. Através do ensino de química e da conscientização, a educação ambiental pode ser eficaz para minimizar os impactos negativos do uso de agrotóxicos na agricultura.

## 2. Considerações iniciais e referenciais teóricos

A Educação Ambiental é um processo educativo que busca criar valores éticos e regras políticas de convivência social, visando equilibrar a apropriação e uso da natureza entre benefícios e prejuízos. Para definir quais valores devem ser incentivados, é preciso elaborar políticas públicas que envolvam a participação social, já que é responsabilidade do Estado garantir os direitos sociais e individuais fundamentais dos cidadãos, bem como promover políticas públicas que beneficiem toda a sociedade. A Constituição Federal de 1988 tornou o Estado protagonista na garantia de direitos e na promoção do bem comum através da criação de leis que estabelecem o que é permitido ou não para manter a ordem e os valores coletivos. A legislação determina que o meio ambiente é um bem comum e essencial para a qualidade de vida, impondo ao poder público e à coletividade o dever de preservá-lo e defendê-lo. Por isso, é necessário conscientizar a população em todos os níveis de educação (ARNALDO E SANTANA, 2018).

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), define a educação ambiental como um processo no qual o *indivíduo* e a *coletividade* constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, essencial à qualidade de vida e sua sustentabilidade. Ela determina que é dever do Estado definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente (Lei 9.795/99). Além disso, a sociedade também deve manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação *individual* e *coletiva* voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais.

Os documentos oficiais, como o PCNEM (Parâmetros Nacionais Curriculares para o Ensino Médio) e o OCEM (Orientações Curriculares para o Ensino Médio), ressaltam a importância do desenvolvimento de habilidades que permitam aos estudantes compreenderem o mundo em sua complexidade e subjetividade, levando à formação cidadã completa e consciente de seus



direitos. No que se refere ao conhecimento da Química, é importante que os alunos compreendam os aspectos econômicos, sociais e políticos, desenvolvam a comunicação, a investigação, a compreensão e a contextualização sociocultural dos temas cotidianos.

Na BNCC (Base Nacional Comum Curricular), encontramos as definições das habilidades e competências que devem ser adquiridas em cada disciplina, incluindo a química, e serve como referência para a elaboração dos currículos nas escolas. O Currículo Mínimo, orientado pela BNCC, define os conteúdos e as habilidades que devem ser adquiridos no ensino médio de química em cada ano letivo, servindo como base para que os professores elaborem suas atividades. O ensino de química deve possibilitar que os alunos desenvolvam habilidades para compreender estruturas e propriedades das substâncias, bem como suas transformações, incluindo as dos agrotóxicos.

Embora existam leis e canais de fiscalização para responsabilização pelo não cumprimento das leis ambientais, ainda há indivíduos, grupos, empresas e indústrias que não as respeitam. É necessário investir em programas de educação ambiental, fiscalização e punição rigorosas para quem descumpre as leis, incentivos fiscais para empresas que adotem práticas sustentáveis, financiamento de projetos que fomentem o desenvolvimento de tecnologias verdes, entre outras ações. A educação ambiental busca desenvolver uma compreensão mais profunda da relação entre natureza e sociedade e promover a conscientização da importância de se preservar o meio ambiente e desenvolver a responsabilidade individual e coletiva na utilização de seus recursos. A preservação do meio ambiente contribui para a distribuição mais justa dos recursos naturais e afeta diferentes camadas da sociedade de diferentes maneiras, o que inclui as minorias. Portanto, é necessário promover a educação ambiental no ambiente escolar para identificar problemas críticos e buscar soluções de forma colaborativa e organizada.

De acordo com Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo humano é resultado da interação social proporcionada pela linguagem, e as habilidades sociais e cognitivas são adquiridas por meio da interação com outras pessoas, colegas de trabalho, escola e meios culturais. A contribuição social é necessária como um tipo específico de aprendizagem, que ocorre por meio da interação social entre crianças e adultos, ou professores e alunos. Durante essa colaboração, a linguagem é introduzida como um instrumento de comunicação e interação social, que ao longo do tempo se transforma em um instrumento de organização psíquica. O desenvolvimento humano é influenciado tanto pela natureza quanto pela cultura, comunicação, colaboração e orientação, sendo a aprendizagem um processo de construção social. Em seu artigo "A Transformação Socialista do Homem" lemos:

*A educação deve desempenhar o papel central na transformação do homem, nesta estrada de formação social consciente de gerações novas; a educação deve ser a base para alteração do tipo humano histórico. As novas gerações e suas novas formas de educação representam a rota principal que a história seguirá para criar o novo tipo de homem.*



A linguagem é um instrumento fundamental para ligar as atividades sociais que realizamos com nosso pensamento individual e permite que nós vejamos influenciados pelas normas e valores da sociedade ao mesmo tempo que utilizamos a linguagem para refletir sobre nossas próprias ações. As atividades sociais, por sua vez, são muito importantes para nosso desenvolvimento cognitivo e nos permitem construir o conhecimento e as habilidades necessárias para compreender o mundo ao nosso redor. Chomsky, em sua Teoria Linguística, afirma que a linguagem é uma capacidade inata do ser humano que nos permite construir representações mentais do mundo e que é um processo social e cultural. As interações que temos ao longo da vida, seja com pessoas ou com objetos culturais, desenvolvem nossa consciência e contribuem para a formação social de nossa mente. O desenvolvimento humano, portanto, é resultado da interação entre as pessoas e o meio social em que vivem e, nossa mente é formada através dessas interações que resultam em conhecimento compartilhado e habilidades sociais que acabamos adquirindo no decorrer do processo.

Para Hannah Arendt, a educação desempenha um papel crucial na formação da condição humana e, portanto, no desenvolvimento humano, permitindo que os indivíduos desenvolvam a capacidade de agir e participar da sociedade. Para ela, a educação deve ir além da mera transmissão do conhecimento e das habilidades de modo geral, e sim, estar direcionada na formação de cidadãos autônomos e éticos, capazes de se engajar na ação política e contribuir para a construção de uma comunidade significativa, ou seja, que não busque a conformidade e a homogeneização, mas que incentive a pluralidade e o pensamento crítico, preparando os alunos para enfrentar um mundo complexo e imprevisível.

Se por um lado Arent destaca a importância da ação como o aspecto distintivo da condição humana, enfatizando que a ação ocorre no espaço público e é essencial para a formação de uma comunidade significativa, por outro lado, Paulo Freire destaca a conscientização e a libertação como elementos cruciais da condição humana. Freire diz que os indivíduos devem ser cientes de sua realidade social e política e lutar por sua própria libertação. A relação entre a condição humana e a educação, sob a ótica de Freire, está ligada intimamente a conscientização. A educação de Paulo Freire é um meio de despertar a consciência crítica dos alunos, capacitando-os a analisar o mundo a sua volta e a transformá-lo, isso é fundamental para a emancipação individual e coletiva.

Os autores, tanto Freire como Arent compartilham a visão de que a educação deve ser mais do que a mera transferência de conhecimento. O primeiro, defende uma educação que promova a conscientização e a ação transformadora, o segundo ressalta a necessidade de uma educação que cultive a pluralidade e o pensamento crítico. A condição humana sob a perspectiva de Freire é marcada por um compromisso com a justiça social, ele acreditava que a educação poderia ser uma ferramenta poderosa na luta contra a opressão e na construção de uma sociedade mais igualitária. Arent, por sua vez, enfatiza a importância da política como um meio de agir em



conjunto para moldar o destino em comum, um conceito que ecoa na visão de Freire sobre a transformação social por meio da educação. Ambos argumentam que a educação deve ir além do simples acúmulo de informações e habilidades, visando a transformação de cidadãos comuns em cidadãos ativos politicamente.

No ensino de química, a abordagem crítica e libertadora está relacionada à conscientização política e à compreensão dos mecanismos de poder que estão relacionados à ciência e tecnologia, como a utilização dos recursos naturais por determinadas classes em detrimento de outras e a responsabilidade social das empresas. A educação deve desempenhar o papel central na transformação do homem. Estratégias de ensino baseadas na resolução de problemas na área da química propõe que os professores utilizem situações reais do dia a dia dos alunos para que estes desenvolvam a capacidade de pensar criticamente e aplicar os conceitos químicos que estão aprendendo (ARNALDO E SANTANA, 2018).

Os desafios podem ser propostos em grupo, o que permite aos alunos colaborarem uns com os outros e compreenderem os conceitos de forma mais eficaz. É importante que os docentes planejem a atividade, forneçam orientação adequada e feedback regular para que os estudantes possam aprender com os erros. Devem ser discutidos com os alunos temas como o uso de agrotóxicos, para que estes possam pensar criticamente sobre os impactos desses produtos químicos no meio ambiente e na saúde humana. Além disso, é importante que o professor utilize ferramentas tecnológicas, como programas de computador, jogos educacionais e experimentos virtuais, para ampliar a percepção dos conceitos químicos e ajudar a compreender a matéria de forma mais eficaz, e que o professor adapte as atividades, intencionalmente, de acordo com o nível de conhecimento dos alunos para que estes sejam desafiados sem serem sobrecarregados.

A abordagem CTSA, que relaciona Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, tem como objetivo principal possibilitar o conhecimento científico, auxiliando os discentes a construir o saber, habilidades e valores necessários para tomada de decisões responsáveis diante dos aspectos científicos e tecnológicos na sociedade. Essa abordagem busca compreender como a ciência e a tecnologia influenciam e são influenciadas pela sociedade e pelo ambiente, examinando as implicações sociais, políticas e ambientais das inovações tecnológicas e dos avanços científicos.

Essa abordagem, surge no século XX, com a crescente onda de industrialização e o impulso em direção a racionalização que nos fez acreditar que poderíamos controlar a natureza. O progresso passo a ser representado pela Ciência e Tecnologia que conhecemos pela sigla C&T. Contudo, as incertezas surgiram com as duas guerras mundiais, em especial a Segunda Guerra, que lançou dúvidas sobre essa trajetória. As armas nucleares, por exemplo, deixaram clara a extensão de nosso poder destrutivo. Com o passar do tempo, o emblema que inicialmente parecia



inquestionavelmente benéfico revelou suas múltiplas facetas. Tornou-se cada vez mais evidente o uso excessivo de tecnologia, à medida que os problemas ambientais se agravavam, tornando-se mais visíveis. Isso desencadeou um questionamento da concepção amplamente aceita de que o objetivo primordial da C&T era facilitar a exploração da natureza em prol de nosso bem-estar.

O movimento CTS, a partir da década de 1970, deu origem à proposta de novos currículos de ciências, que passaram a incorporar uma perspectiva reflexiva sobre as implicações ambientais. Posteriormente, essa abordagem passou a ser conhecida como CTSA, quando as implicações ambientais foram obrigatoriamente integradas à rede de inter-relações CTS. A CTSA promove o engajamento tanto individual quanto coletivo na preservação e defesa da natureza, reconhecendo esse compromisso como um valor essencial na prática da cidadania. Seu objetivo principal é promover uma abordagem crítica e reflexiva da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (DOS SANTOS et al., 2020).

A relevância desse movimento reside na imperatividade de educar cidadãos conscientes, capazes de tomar decisões esclarecidas e responsáveis em um mundo cada vez mais intrincado e globalizado. A abordagem CTSA ultrapassa os limites do ensino convencional das disciplinas científicas, almejando promover uma compreensão mais abrangente e reflexiva da ciência e da tecnologia em seu contexto social, cultural, político e ambiental. Ela reconhece que a ciência e a tecnologia não são imparciais, sendo moldadas por valores, interesses e poderes. Portanto, torna-se essencial analisar as implicações sociais, éticas e ambientais das descobertas científicas e dos avanços tecnológicos.

A abordagem CTSA encontra afinidade com a abordagem pedagógica de Paulo Freire, um eminente educador brasileiro conhecido por seu compromisso com a educação crítica e libertadora. Freire salientava a importância de uma educação que capacitasse os estudantes a compreenderem sua realidade social, questionar as estruturas de poder e se tornar agentes ativos na transformação da sociedade (KAKUANO & MARANDINO, 2022).

A contribuição de Paulo Freire, como destacado no contexto, é igualmente significativa. Sua abordagem pedagógica, fundamentada na conscientização crítica e na educação libertadora, pode ser vista como convergente com os princípios do movimento CTS/CTSA. A visão de Freire sobre a educação como um processo de diálogo, problematização e transformação social está em consonância com a ideia de promover uma educação científica que se volta para a cidadania e para a compreensão das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente e poder (JESUS, 2019; KAKUANO & MARANDINO, 2022; DOS SANTOS et al., 2020).

O tema dos agrotóxicos pode se apresentado aos alunos por meio dessa abordagem no ensino de química, destacando o que são esses produtos e seus impactos nas áreas científicas, tecnológicas, sociais, políticas e ambientais. Para ensinar esse tema, é fundamental que os



professores tenham domínio do conteúdo e estejam cientes das dificuldades dos alunos, inserindo-os em diferentes contextos sociais, culturais e ambientais. Ao integrar essas diferentes áreas e contextos, os professores podem ajudar os alunos a compreenderem de forma mais ampla e profunda os conceitos e temas abordados, preparando-os para serem cidadãos críticos e responsáveis.

A abordagem de aprendizagem baseada na solução de problemas busca promover a aprendizagem ativa e reflexiva por parte do aluno, onde o professor tem um papel de mediador, ajudando o aluno a compreender e analisar um problema, a partir do qual surgem hipóteses de solução que são avaliadas e selecionadas com base na viabilidade. Esse processo de resolução de problemas envolve a aplicação de conceitos e conhecimentos já adquiridos pelos alunos, bem como o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e de análise, o que torna o estudante sujeito ativo do processo de aprendizagem, construindo seu próprio conhecimento de forma significativa e participando ativamente na construção de soluções de problemas.

É importante que os professores estejam abertos a rever seus conhecimentos e a direcioná-los para um entendimento mais amplo e aberto da realidade. Isso permitirá que o professor se torne um "docente engajado" capaz de opinar e intervir no ambiente escolar, formando cidadãos críticos e responsáveis que são capazes de mudar a realidade em que vivem. A formação teórica-científica não deve estar separada da formação pedagógica e que o processo de ensino deve ser guiado pelo professor com o objetivo de promover meios para que os estudantes desenvolvam seus conhecimentos, habilidades, ações e convicções.

Para que a aprendizagem e o desenvolvimento sejam intencionais, é preciso que haja também um ensino intencional. Para Luckesi (2011), a aprendizagem intencional é uma forma sistemática e dirigida de ensinar, em que se busca maior eficiência no processo educativo e pressupõe uma relação dialógica entre professor e aluno, em que o professor é o mediador do conhecimento e o aluno é o sujeito ativo do processo de aprendizagem. O aluno deve ser incentivado a participar ativamente das atividades propostas pelo docente, buscando construir seu próprio conhecimento por meio da teorização, aplicação da realidade, e do desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico.

A abordagem histórico-cultural de Vygotsky é muito importante na compreensão da aprendizagem como um processo contínuo e moldado por fatores culturais e históricos. Como processo contínuo, entendemos que não basta só voltar as atenções para as atividades que desenvolvemos, mas também pensar no modo como avaliamos os alunos. Segundo Luckesi (2011), a avaliação escolar é vista como um meio para acompanhar o desenvolvimento da aprendizagem de forma mais precisa e consciente, e deve ser realizada de maneira a considerar a singularidade dos sujeitos envolvidos no processo e os fatores que moldam o desenvolvimento humano. E, portanto, abandonar a pedagogia do exame e buscar uma avaliação que supere a



classificação e busque realizar diagnósticos e embasar tomadas de decisão para avanços no processo de ensino e aprendizagem. Para isso, é necessário considerar todo o processo de aprendizagem e todas as interações dos alunos ao longo do desenvolvimento da atividade, não se limitando apenas a provas objetivas.

Luckesi (2011) argumenta que a pedagogia do exame corresponde a um modelo burguês capitalista que compromete a todos, pois os exames têm características excludentes. A avaliação da aprendizagem, em seu verdadeiro sentido, deve ser democrática, inclusiva e oposta ao modelo social hierarquizado e excludente da sociedade burguesa. O autor propõe uma avaliação diagnóstica, que visa identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos por meio de instrumentos e técnicas que permitam uma análise mais precisa e aprofundada das habilidades e competências dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados.

Esse tipo de avaliação deve contribuir para a aprendizagem dos alunos e não classificá-los ou rotulá-los, e os resultados obtidos devem ser interpretados com atenção e utilizados para orientar o trabalho do professor em favor do desenvolvimento dos alunos. A avaliação diagnóstica deve estar comprometida com uma proposta pedagógica crítica e histórica, que valorize a aprendizagem significativa e a formação integral dos alunos. Os professores devem ter uma concepção pedagógica crítica que considere o contexto social, político e cultural em que a escola está inserida e que vise formar cidadãos críticos e participativos.

Luckesi (2011) enfatiza que o planejamento educacional deve ser abordado de forma integrada, combinando elementos políticos, sociais, científicos e técnicos. Isso implica que o planejamento da avaliação diagnóstica deve considerar questões filosóficas e políticas, tais como objetivos e metas pedagógicas, bem como questões técnicas e metodológicas, como a escolha de técnicas e instrumentos adequados, definição de critérios de avaliação e organização dos dados coletados. Na fase de execução do planejamento, o professor deve ter uma compreensão profunda dos princípios pedagógicos que norteam a avaliação, além de estar atento às características individuais dos alunos, suas dificuldades e potencialidades. O docente deve criar um ambiente de aprendizagem que valorize a participação ativa dos alunos, incentivando sua capacidade de reflexão crítica.

A avaliação deve ser usada como um instrumento efetivo para a melhoria do processo educativo e para o desenvolvimento integral dos alunos. Para isso, é necessário que a avaliação seja realizada de forma diagnóstica, para que possa estar a serviço da proposta política de "estar interessado em que o educando aprenda e se desenvolva". É importante que sejam utilizadas as ferramentas adequadas e que os resultados sejam analisados de forma cuidadosa e criteriosa, comparando-os com os objetivos estabelecidos no planejamento da avaliação.

O ensino de química é importante para uma educação ambiental adequada e para a formação de cidadãos críticos e reflexivos. A abordagem crítica na formação do espírito científico é fundamental para superar obstáculos imaginários e dogmáticos que impedem o avanço do conhecimento científico. O uso excessivo de agrotóxicos pode causar impactos devastadores no meio ambiente e na saúde humana, e a educação ambiental é fundamental para conscientizar as pessoas sobre os riscos desses produtos e promover práticas agrícolas mais sustentáveis. Ou seja, a integração da educação ambiental de forma transversal no currículo escolar para que os alunos compreendam as implicações das práticas agrícolas para o meio ambiente e para a sociedade é necessária.

## 2.1 Metodologia

O que sugerimos é um debate sobre o tema "Agrotóxicos", que enfatiza a importância da educação ambiental com abordagem CTSA.

Inicialmente, sugere-se que o professor apresente o tema e faça perguntas aos alunos para identificar o que eles já sabem sobre o assunto e o que precisam aprender. Os alunos são encorajados a trazer para a aula notícias de revistas e jornais e rótulos de embalagens de produtos com agrotóxicos para que possam observar e discutir os grupos funcionais presentes nas fórmulas dos compostos químicos, a origem, a evolução e o uso desses produtos. A partir dessa análise, o professor pode conduzir a discussão sobre os impactos ambientais e sociais do uso de agrotóxicos e como diminuir sua utilização, levando em conta a responsabilidade social e a indústria química.

Você pode começar com uma apresentação sobre os agrotóxicos, destacando os riscos associados ao seu uso para a saúde humana e o meio ambiente. Em seguida, proponha um debate para que os alunos possam refletir sobre os prós e contras do uso dos agrotóxicos na agricultura e como isso pode afetar nossa alimentação e o meio ambiente. Depois do debate, você pode sugerir que os alunos pesquisem sobre alternativas sustentáveis ao uso de agrotóxicos, como a agricultura orgânica e agroflorestal, e discutam as vantagens e desvantagens desses métodos em relação aos agrotóxicos convencionais. Para complementar a atividade, você pode utilizar recursos como filmes, documentários, artigos e outras fontes de informação para discutir os impactos dos agrotóxicos na saúde humana e no meio ambiente, bem como as alternativas sustentáveis.

Outra ideia é propor aos alunos que realizem uma pesquisa sobre o uso de agrotóxicos em sua região e como isso afeta a qualidade dos alimentos que eles consomem. A partir disso, eles podem elaborar um relatório com sugestões para minimizar os impactos negativos do uso de agrotóxicos e promover uma agricultura mais sustentável.

Sugerimos também como avaliar a aprendizagem dos alunos em relação ao tema. Uma das formas é a observação direta do engajamento dos alunos na atividade proposta, como a



participação ativa no debate e a elaboração de perguntas relevantes. Outra forma é pedir que os estudantes elaborem uma cartilha que possa ser distribuída na escola. Por fim, a realização de debates em que os alunos possam expor suas ideias e opiniões, incentivando a troca de ideias e a reflexão crítica sobre o tema e sua relação com o cotidiano.

## 2.2 Resultados e discussão

Esperamos que nossa proposta sirva como sugestão de estímulo de abordagem dos temas propostos e possa ser mais uma ferramenta útil para os docentes em química. Esperamos também que os alunos possam aprender o conteúdo de forma dinâmica e crítica.

## 3. Conclusão

O agro brasileiro apresenta alta produtividade, mas o consumo excessivo de agrotóxicos pode levar ao aparecimento de resistência a pragas, além de contaminar solos, rios e oferecer riscos à saúde humana e animal. Muitos trabalhadores rurais utilizam esses produtos de forma inadequada, e parte da sociedade desconhece os perigos dos agrotóxicos. É possível reduzir o uso dessas substâncias através da agricultura orgânica, agroecologia, tecnologias sustentáveis e educação ambiental, promovendo a conscientização e a busca por soluções. A escola e o professor têm um papel fundamental na formação cidadã e devem promover discussões sobre ações reais relacionadas ao cotidiano e ao conteúdo, contribuindo para uma mudança de postura em relação ao uso de agrotóxicos.

Para a formação de um cidadão crítico e reflexivo, é essencial que o indivíduo seja capaz de detectar problemas e buscar soluções. A escola deve promover a conscientização e discussões sobre ações reais relacionadas ao cotidiano e conteúdo, enquanto o professor tem o papel fundamental de desenvolver atividades e avaliá-las adequadamente, contribuindo para essa formação. O uso excessivo de agrotóxicos pode ser reduzido através de práticas sustentáveis, como a agricultura orgânica e a agroecologia, além da educação ambiental, promovendo a conscientização e a busca por soluções.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Histórias das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A todo o apoio da rede colaborativa que engloba o Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA), ao Grupo Interinstitucional e Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ciências (GiMEnPEC) e ao Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão de Diálogos em Rede Transdisciplinar (GEPEDI-RT) que possibilitou a elaboração do presente trabalho.



## Financiamento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Código de financiamento 001.

## Referências

- ARENT, HANNAH. *Condição Humana*/Hanna Arent; tradução de Roberto Raposo, prefácio de Celso Lafer. – 10 ed. – Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2007.
- ARNALDO, M. A.; SANTANA, L. C. *Políticas públicas de educação ambiental e processos de mediação em escolas de Ensino Fundamental*. Ciência & Educação, Bauru, v.24, n. 3, p. 599-619, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WjG5Bh8qBF0rF4MTspjq3yb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso 11/04/2022.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fis2008/Bachelard1996.pdf>. Acesso 20/01/2023.
- CAPELLINI, V. L. M. F.; MENDES, E. G. *História da Educação Especial: em busca de um espaço na história da educação brasileira*. UNESP/Bauru, 1995.
- BRAIBANTE, M. E. F.; JANESSA, A. A *química dos agrotóxicos*. Química Nova na Escola. São Paulo, vol. 32, n.º 1, 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbo.org.br/online/qnesc34\\_1/03-Q5-02-11.pdf](http://qnesc.sbo.org.br/online/qnesc34_1/03-Q5-02-11.pdf). Acesso 29/02/2022.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. *Estratégias de ensino-aprendizagem*. 32. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.
- DOS SANTOS, D. B.; AFFONSO, A. L. S.; KATAOKA, A. M. *Contribuições da Educação Ambiental Crítica para abordagem CTSA*. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 11, n. 3, p. 418-135, 2020.
- FREIRE, PAULO. *Pedagogia do Oprimido*. 17 ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.
- IVIC, I. *Lev Semionovich Vygotsky*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/vygotsky/ano/mes/90.pdf>. Acesso 09/02/2022.
- JARDIM, I. C.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. *Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs*. Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 1107, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/j5MZFXpYTWKhQ3GjjgKpW6h/?lang=pt>. Acesso 09/02/2022.

JESUS, C. P. F. *Educação CTS/CTSA baseada em Paulo Freire: produção de saberes de ciências biológicas e geociências no ensino médio no noroeste capixaba*. 2019.

KARAM, D.; RIOS, J. N. G.; FERNANDES, R. C. *Agrotóxicos*. Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117159/1/Agrotoxicos.pdf>. Acesso 06/03/2022.

KAUANO, R. V.; MARANDINO, M. *Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. e35064-28, 2022.

LIBÂNEO, J. *Didática*. Coleção Magistério. Série Formação do professor. São Paulo: Cortez Editora, 1994. Disponível em: [https://www.professorrenato.com/attachments/article/161/Didatica%20Jose-carlos-libaneo\\_obra.pdf](https://www.professorrenato.com/attachments/article/161/Didatica%20Jose-carlos-libaneo_obra.pdf). Acesso 20/02/2022.

LUCKESI, C.C. *Avaliação da aprendizagem escolar*. 17ª edição. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2000. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso 28/02/2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso 28/02/2022.

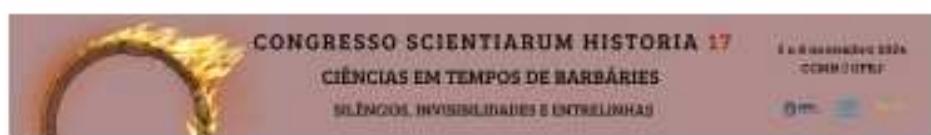
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PNLD 2018: química – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. 2018. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>. Acesso 09/02/2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS + (PCN+) - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso 28/02/2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

- VYGOTSKI, L. S. *A Formação Social da Mente*. 153.65-V631. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3317710/mod\\_resource/content/2/A%20formacao%20social%20da%20mente.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3317710/mod_resource/content/2/A%20formacao%20social%20da%20mente.pdf). Acesso 12/12/2022
- VYGOTSKI, L. S. *A Transformação Socialista do Homem*. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/vygotsky/1930/mes/transformacao.htm>. Acesso 12/12/2022





## Perspectivas históricas da CTSA

### *Historical perspectives of CTSA*

Karina Faltz Leandro Vieira

Graduanda em Licenciatura em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[karinatalz.quim.ufrj@gmail.com](mailto:karinatalz.quim.ufrj@gmail.com)

Priscila Tamiasso Martinhon

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[pris@iq.ufrj.br](mailto:pris@iq.ufrj.br)

Angela Sanches Rocha

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[angela.rocha@uerj.br](mailto:angela.rocha@uerj.br)

Célia Regina Sousa de Silva

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[sousa@iq.ufrj.br](mailto:sousa@iq.ufrj.br)

Kátia Correia Gorini

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[kcorreia@eba.ufrj.br](mailto:kcorreia@eba.ufrj.br)

Grazieli Simões

Departamento de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro

[grazielisimoes@iq.ufrj.br](mailto:grazielisimoes@iq.ufrj.br)

**Abstract.** The evolution of thinking in relation to CTSA highlights environmental insertion. Dominating nature through development based on Science and Technology was considered progress, but social and environmental problems led to questioning its benefits. The CTS Movement emerges, concerned with the influences of scientific-technological policy, sustainable development and global warming. The article deals with the historical perspective of CTS and CTSA, based on published works, discussing the reasons and interests behind the choice of these terms, without seeking definitive consensus.

**Keywords:** Science; Environment; Technology; Society.





**Resumo.** A evolução do pensamento em relação à CTSA, destaca a inserção ambiental. Dominar a natureza através do desenvolvimento baseado na Ciência e Tecnologia era considerada progresso, mas problemas sociais e ambientais levaram a questionar seus benefícios. Surge o Movimento CTS, preocupado com influências da política científico-tecnológica, desenvolvimento sustentável e o aquecimento global. O artigo trata da perspectiva histórica da CTS e CTSA, com base em trabalhos publicados, discutindo os motivos e interesses por trás da escolha desses termos, sem buscar consenso definitivo.

**Palavras-chave:** Ciência; Meio Ambiente; Tecnologia; Sociedade.

## 1. Introdução

O trabalho proposto aborda a evolução do pensamento em relação a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), uma perspectiva histórica e a incorporação da dimensão ambiental nesse contexto. No século XX, impulsionado pela industrialização, a ideia de dominar a natureza por meio do desenvolvimento baseado na Ciência e Tecnologia (C&T) era considerado um símbolo de progresso: uma sociedade capitalista poluindo a natureza em troca do consumo exagerado de bens de consumo industrializados, tóxicos e não duráveis, que são descartados, acumulando-se no ambiente e causando danos ao mesmo.

Com as guerras mundiais, em especial a Segunda Guerra, surgiram dúvidas sobre os benefícios desse desenvolvimento, evidenciadas pelo poder destrutivo das armas nucleares. Ao longo do tempo, os problemas ambientais e o uso excessivo da tecnologia se tornaram mais evidentes, levando a um questionamento da concepção amplamente aceita de que a C&T tem como objetivo facilitar a exploração da natureza em prol do bem-estar humano. O surgimento do Movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), a partir do século XX, reuniu cientistas, pesquisadores e cidadãos, preocupados com as influências da política científico-tecnológica em suas vidas, que buscavam uma compreensão aprofundada das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Inicialmente concentrado nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, o movimento gradualmente incorporou a dimensão ambiental, considerando os impactos das práticas científicas e tecnológicas na natureza e nos ecossistemas. Eventos como a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 e os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) impulsionaram a discussão sobre o desenvolvimento sustentável e o aquecimento global.

Nesse contexto, o movimento CTS surge com o objetivo de promover a educação científica para a cidadania, buscando uma abordagem mais humanística e reflexiva em contraposição a uma educação excessivamente focada na formação de cientistas. No Brasil, seu reflexo foi sentido no ensino de ciências, inserindo a educação científica para a cidadania a partir da década de 1970, e a partir de 1990, dezenas de trabalhos acadêmicos começam a aparecer, refletindo o



crescimento do movimento, posteriormente dando origem ao que conhecemos como CTSA (Ciéncia, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

Neste artigo, a partir de pesquisa qualitativa exploratória, trataremos da perspectiva histórica da CTS e CTSA com o objetivo de discutir os motivos, ideias ou interesses que priorizam a escolha de alguns pesquisadores por este ou aquele termo. Vale ressaltar que nosso trabalho não visa encerrar o debate, tendo em vista que não existe consenso entre as ideias do que é CTS em comparação com as ideias do que é CTSA, tão pouco existe consenso sobre os sentidos que se dá ao meio ambiente em cada termo.

Selecionamos trabalhos acadêmicos, na base de dados do Google Acadêmico, no campo da área de ensino que abordam tanto o termo CTS quanto o termo CTSA: Quais as semelhanças e diferenças entre esses termos? Se são diferentes, em que se relacionam? Na escolha dos artigos, foram utilizadas as palavras "CTS" e "CTSA" identificadas em títulos, resumos e palavras-chave. Das categorias encontradas, analisamos o movimento CTS e CTSA, meio ambiente e educação.

Em seguida, a partir dos artigos já selecionados, buscamos autores de maior ocorrência nesses trabalhos, sobre os dois assuntos e pesquisamos o que continham a respeito: Quais as semelhanças e diferenças entre esses termos? Se são diferentes, em que se relacionam?

Aqui, trataremos, na maior parte do artigo, como "Movimento CTS" e "Movimento CTSA" seguindo o raciocínio de LUZ (et. al, 2019) "Utilizamos "Movimento CTS" para nos referir à gênese dos estudos CTS, às repercussões históricas desse movimento" em contexto escolar.

## 2. Resultados e discussão: desenvolvendo o trabalho

### 2.1. Nasce um movimento

No século XIX, impulsionado pelo processo de industrialização, houve um aumento na racionalidade que nos levou a ideia de que deveríamos dominar a natureza. Nesse contexto, o desenvolvimento baseado na C&T passou a ser considerado um símbolo de progresso. No entanto, com as guerras mundiais, especialmente a Segunda Guerra, dúvidas foram levantadas sobre esse desenvolvimento. As armas nucleares, por exemplo, deixaram claro o nosso poder destrutivo. Ao longo do tempo, o emblema, que inicialmente parecia ser um inquestionável benefício revelou outras faces.

O uso excessivo de tecnologia tornou-se mais evidente, junto com problemas ambientais cada vez mais visíveis. Isso levou a um questionamento da concepção amplamente aceita de que a C&T tem como objetivo facilitar a exploração da natureza em prol de nosso bem-estar (ANGOTTI e AUTH, 2001; SIQUEIRA et al., 2021). O que inicialmente era considerado um recurso de sucesso



e ícone de avanço, passa a despertar debates sobre os benefícios e prejuízos da C&T. À medida que o tempo vai passando, o rei fica nu: vivemos em função da moda tecnológica sem questioná-la, seguindo a manada. Enquanto isso, se evidencia a exploração descontrolada da natureza acompanhada de avanços científicos e tecnológicos que não beneficiam a todos. Com um discurso de neutralidade da C&T, poucos aumentam seu domínio sobre muitos, e muitos tem seus domínios reduzidos passando a padecer com a marginalização e a miséria (ANGOTTI e AUTH, 2001; SIQUEIRA et al., 2021).

Devido a contínuos avanços e da complexidade dos manufaturados resultantes da interação entre C&T, Ciência e Tecnologia passaram a ser considerados grandes fenômenos de destaque na sociedade. Isso tem permitido que a sociedade viva em um mundo cada vez mais artificial e fundamentado nos progressos da tecnociência. Como resultado, passamos a depositar confiança na C&T como se fossem divindades, a lógica de nosso comportamento nos orientou para a eficácia tecnológica e nossas motivações passaram a ser baseadas na ciência. Como esses fenômenos estão intrinsecamente ligados, frequentemente são usados como sinônimos (SANTOS, 2007; SIQUEIRA et al., 2021).

A palavra Ciência recebeu várias definições ao longo do tempo, mas uma das mais utilizadas e amplamente aceita pela comunidade científica é aquela proposta pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), que a descreve como um conjunto organizado de conhecimentos sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, adquiridos por meio do estudo objetivo de fenômenos empíricos. Originada do termo em latim "scientia" que significa "saber" ou "conhecimento", a ciência, em perspectiva tradicional, é compreendida como uma herança conceitual, autônoma, objetiva, neutra e baseada na aplicação de códigos racionais independentes de qualquer tipo de interferência externa (SILVEIRA; BAZZO, 2009 apud SIQUEIRA et al., 2021; VAZ et al., 2009).

Comumente, o termo "tecnologia" está frequentemente associado à aplicação da ciência. No entanto, a medida que se integrou ao nosso vocabulário, adquiriu diferentes significados. Seu maior propósito é dominar e controlar a natureza, tanto física quanto socialmente. Podemos defini-la, portanto, como um conjunto de atividades humanas, que envolvem um sistema de símbolos, instrumentos e máquinas, com o objetivo de construir coisas e produtos por meio do conhecimento ordenado. Além, é claro, de ser uma ferramenta utilizada como forma de organizar e perpetuar as relações sociais no âmbito das forças produtivas (BASTOS, 1998; VARGAS, 1994 apud SIQUEIRA et al., 2021; TRIGUEIRO, 2008).

Segundo Siqueira (et al., 2021), tomando esses dois conceitos é possível condensar a ciência e a tecnologia. A primeira como um conjunto de conhecimentos que visa explicar a natureza, e a segunda, como aplicação desse conjunto de conhecimentos com a intenção de dominar a natureza. Em função de relações tão próximas, atualmente, não se pode tratar as duas como entes separados. Segundo Pizatto (2013), estando estes fenômenos tão intimamente ligados, podem ser sintetizados em uma única palavra – Tecnociência. Essa definição apresentada por





Pizatto (2013), sugere uma forma mais adequada de descrever a ciência contemporânea, pois ela é simultaneamente uma construção social e o principal agente de transformação social. Além de Ciência e Tecnologia estarem ligadas entre si, estão ligadas também, as dinâmicas sociais e culturais, influenciando e sendo influenciadas por elas (CARO, 2001; VON LINSINGEN, 2007 apud SIQUEIRA et al., 2021).

Dagnino (2002) afirma que a abordagem C&T inicialmente era tratada como técnica, não política e neutra. Que todos poderiam se apropriar desse "patrimônio da humanidade" e que ele colocaria fim à pobreza, trazendo paz e felicidade. No entanto, à medida que o trabalhador se sujeitava à especialização e execução de uma única tarefa, uma nova classe surgia, que é a classe de especialistas em C&T. A sociedade civil então, percebe que o crescimento do bem-estar social não estava acompanhando o crescimento da tecnociência, e à medida que a disparidade aumentava, os debates também aumentavam, e o meio ambiente começava a entrar em pauta.

Ainda dentro desse enfoque, percebeu-se que a adesão à ética neoliberal e aceitação da liberdade de mercado no contexto ambiental implicava aceitar a irresponsabilidade de um sistema altamente consumista e degradante, que se baseia na mentalidade do "deixe fazer, deixe passar", que sustenta a ideia de que o consumo ilimitado leva ao progresso. No entanto, não fica claro que essa proposta resulta na marginalização progressiva daqueles que não conseguem manter seu poder aquisitivo e não considera que os nossos recursos naturais são finitos e devem ser usados de forma correta e com moderação (STAFFEN e BODNAR, 2013).

A partir dessas discussões, realizou-se em Paris, em 1923, o I Congresso Internacional de Proteção da Natureza, que regulamentava a pesca da baleia. Esse congresso foi um marco importante que simbolizou a criação efetiva do movimento de institucionalização da proteção da natureza e representou a verdadeira origem da luta pela criação de uma instituição permanente dedicada a esse propósito (ANGOTTI & AUTH, 2001 apud ACOT, 1990). No Brasil, as preocupações da sociedade civil e das instituições públicas com a natureza deram origem a I Conferência Brasileira de Proteção à Natureza, em 1934. A primeira, pretendia chamar atenção para a necessidade de se regulamentar e controlar as atividades de caça e pesca. A segunda, pretendia cobrar ações do poder público para proteção do nosso patrimônio florestal (FRANCO, 2002; SOUZA, 2013).

Na década de 60, década nomeada por Herbert Marcuse como "Grande Recusa", as bases da sociedade industrial ocidental foram postas a prova. Obras como a de Rachel Carson, *Primavera Silenciosa*, fez com que todo o mundo passasse a considerar de forma séria os efeitos da C&T sobre a sociedade, de modo crítico. Nesse novo ambiente de debate, a década da Contracultura deixou como legado, a necessidade de se propor novos modelos de desenvolvimento que incluissem o meio ambiente. Na década de 70, são lançadas as "bases de uma legislação internacional do meio ambiente", na Conferência de Estocolmo (1972), que buscava por soluções para os conflitos entre homem e natureza. Nessa conferência, foram discutidas questões como a poluição atmosférica, da água e do solo, oriundos da industrialização, além da



pressão do crescimento populacional sobre os recursos naturais (ANGOTTI e AUTH, 2001; MARTINS, 2015; MONTEIRO et al., 2012 apud SILVA, 2019; RIBEIRO, 2001; SIQUEIRA et al., 2021).

Ao mesmo tempo que Carson, Murray Bookchin, um escritor americano, alertava sobre a expansão industrial e sua relação direta com os problemas sociais e ambientais, utilizando o termo "ecologia social" como referência a ameaça da crise ecológica emergente. Para Bookchin, a ecologia social não se limitaria apenas a uma dimensão crítica, mas também se apresentaria como uma dimensão reconstrutiva diante da crise ecológica, capaz de transformar a sociedade atual em uma associação racional ecológica (SILVA, 2007; MARTINS, 2015).

Além de Carson e Bookchin, Thomas Kuhn, lança seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, em 1962, que mudou o curso das discussões acadêmicas sobre C&T, enfatizando a questão social. Seu livro teve grande impacto na filosofia e sociologia da ciência, questionando a visão tradicional de progresso científico. Para Kuhn, a ciência não evolui de forma contínua e linear, mas sim através de revoluções científicas. As comunidades científicas passam por períodos de paradigmas estabelecidos, nos quais as teorias e métodos dominantes orientam a pesquisa e que esses paradigmas são eventualmente substituídos por novos em momentos de crise e mudança. Essas mudanças não ocorrem apenas com base em critérios lógicos e objetivos, mas também devido a fatores sociais, culturais e históricos (RIBEIRO et al. 2021).

Para Schnorr e Rodrigues (2014), as novas demandas das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade se distânciam da visão tradicional em que a mudança científico-tecnológica é predominantemente autônoma e objetiva e a Tecnologia é considerada apenas como estudo da técnica e um modo de produção. As novas demandas colocam a responsabilidade da mudança científico-tecnológica nos fatores sociais e compreende que a C&T é um processo intrinsecamente ligado ao contexto social, no qual elementos não epistemáticos ou técnicos, como valores morais e religiosos, interesses profissionais, pressões econômicas e ambientalistas, desempenham um papel fundamental na origem e consolidação das ideias científicas e das ferramentas tecnológicas, justificando a necessidade de uma renovação educativa.

Diversos fatores contribuíram para o surgimento do Movimento CTS, alguns deles são: crises ambientais, conscientização pública, críticas ao modelo de progresso e ampliação das discussões. Essa perspectiva ressaltava a necessidade de uma compreensão aprofundada das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, considerando as implicações ambientais das práticas científicas e tecnológicas, bem como a necessidade de promover a sustentabilidade e uma abordagem responsável em relação ao meio ambiente (VILCHES et al., 2011; MONTEIRO et al., 2012 apud SILVA, 2019).

Dai, então, no século XX, surge o movimento CTS em várias partes do mundo, reunindo cientistas, pesquisadores e cidadãos preocupados com as influências da política científico-tecnológica em suas vidas. Sua origem se dá a partir de reflexões sociológicas e epistemológicas sobre a natureza e a função da Ciência e Tecnologia em seu contexto social. O movimento



contribuía para um cenário de lutas contra o controle social. Inicialmente os estudos sobre CTS se concentravam na tradição europeia, mais acadêmica e conceitual, e na norte-americana, com maior ativismo social. Atualmente, essas divisões não são mais relevantes, os estudos buscam maior participação social (SILVA, 2019; SIQUEIRA et al., 2021).

Segundo Schnorr e Rodrigues (2014), de acordo com Angotti e Auth (2001), e Auler e Bazzo (2001), essas reflexões sobre neutralidade da C&T e seu modelo de progresso, levaram, nas décadas de 1960 e 1970, a formação do Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade, que conhecemos como Movimento CTS. Esse Movimento trouxe uma perspectiva crítica em relação ao paradigma predominante, deslocando as discussões técnicos-científicas para o âmbito político. Novas dimensões sociais, políticas, culturais e econômicas foram incorporadas às reflexões sobre o conhecimento científico e as tecnologias. Posteriormente, essa nova concepção foi incorporada à Educação, por meio do desenvolvimento de propostas pedagógicas CTS.

O estudo das inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade é conhecido como CTS ou Movimento CTS. Esse movimento passa a exercer influência nas reformas educacionais, direcionando o Ensino e a formação dos professores para atender às necessidades individuais dos alunos e aos interesses da sociedade. Esse movimento ganhou destaque a partir da década de 1970, principalmente na Europa e nos EUA. No geral, existem dois campos de pesquisa dentro desse movimento: os estudos CTS, que se concentram nas questões internas das relações CTS no âmbito acadêmico; e a educação CTS, que se dedica ao Ensino de Ciências e seu impacto no contexto social (SHNORR e RODRIGUES, 2014).

As propostas de Ensino CTS surgem em resposta a diversas condições na sociedade industrializada: busca por melhor qualidade de vida, a necessidade de maior participação popular nas decisões públicas (que estão cada vez mais nas mãos de uma elite detentora do conhecimento científico), e os temores e frustrações decorrentes dos excessos tecnológicos. Além da influência e aplicações da C&T no meio ambiente que seriam objeto de debates éticos, tornando inconcebível a ideia de se fazer ciência sem considerar seus efeitos e o resultado de suas aplicações na natureza (MORTIMER, 2002; TEIXEIRA, 2003, WAKS, 1990 apud SHNORR e RODRIGUES, 2014).

Angotti e Auth (2001), diz que, segundo Borrero e Mitcham (1990), os estudos em CTS têm reconhecido a importância dos aspectos históricos e epistemológicos da ciência, bem como da interdisciplinaridade, no processo de alfabetização em ciências e tecnologia. Essas abordagens apontam para a necessidade de se explorar os conhecimentos de forma mais abrangente, com uma reflexão crítica integrada, embora reconheçam as dificuldades de implementar isso na prática. É fundamental contrastar as visões oficiais presentes nos sistemas de ensino e estabelecer fontes de visões alternativas para a educação científica.



Após 1990, o termo CTSA substituiu a utilização da denominação CTS, em algumas publicações, passando a ser utilizada por diversos autores (SILVA, 2019; SIQUEIRA et al., 2021).

## 2.2. Movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

Ao longo das últimas décadas, o mundo passou por mudanças significativas em todas as suas esferas: política, econômica e social. A rápida evolução da ciência e da tecnologia tem impactado diretamente ou indiretamente as relações sociais, assim como a sociedade, ou parte dela, influenciam as decisões sobre a tecnologia a ser utilizada em diversos setores. Existe uma interação mútua entre a ciência, a tecnologia e sociedade, em que avanços tecnológicos moldam a sociedade e, ao mesmo tempo, as necessidades e demandas sociais influenciam a direção do desenvolvimento científico e tecnológico.

Atualmente, o papel da ciência não é mais percebido apenas como uma busca pelo domínio do mundo, mas sim como uma salvaguarda do mesmo. Nesse contexto, o conhecimento científico ainda representa uma forma de poder que é compreendida como uma prática social, econômica e política, e um fenômeno cultural mais do que um sistema teórico-cognitivo. A ciência está presente no nosso cotidiano e tem chamado cada vez mais a atenção das ciências sociais, que buscam compreender sua extensão e seu lugar na sociedade (FONSECA, 2007 apud VAZ et al., 2009).

A tecnologia engloba o conhecimento que nos capacita a controlar e modificar o mundo ao nosso redor. Atualmente, ela está intrinsecamente ligada ao conhecimento científico, de modo que tecnologia e ciência são termos inseparáveis como sugeriu Pizzatto (2013). No entanto, essa associação tem levado a uma confusão comum que consiste em reduzir a tecnologia à dimensão da ciência aplicada. Na verdade, ela abrange um conjunto de atividades humanas que envolvem sistemas de símbolos, instrumentos e máquinas, com o objetivo de construir obras e fabricar produtos por meio do conhecimento sistematizado (VARGAS, 1994 apud VAZ et al., 2009).

A Sociedade é um organismo estruturado em todos os níveis da vida social, resultante da união de indivíduos que vivem sob um sistema econômico específico de produção, distribuição e consumo, em um determinado regime político, que seguem normas, leis e instituições. O desenvolvimento tecnológico tem causado mudanças profundas na estrutura social como, por exemplo, novas formas de socialização e até mesmo novas definições de identidade cultural e coletiva (BAZZO et al., 2003; CANTÚ, 2005; SIMON, 1999 apud VAZ et al., 2009).

Os debates sobre CTS estavam focados inicialmente nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, como apontam alguns autores como Bazzo (1998), Colombo (2001), Palacios (et al., 1996), Acevedo (et al., 2001 e 2004), Cerezo (et al., 2003) entre outros. Mas houve uma crescente compreensão da interdependência entre esses elementos e o meio ambiente. A incorporação da dimensão ambiental expandiu a análise para considerar os impactos das



tecnologias e práticas científicas na natureza e nos ecossistemas. No Brasil, alguns dos acontecimentos importantes para a ampliação dos debates foram a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 e a divulgação dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), ambos os eventos, trouxeram a discussão sobre desenvolvimento sustentável e o aquecimento global.

Após a realização da Conferência do Rio 92, a ideia de desenvolvimento sustentável começou a ganhar força. No entanto, apesar de ser considerada uma solução aparente para os problemas ambientais, revelou-se uma tentativa pouco significativa de enfrentar os desafios reais. Isso ocorreu porque o termo não possuía critérios bem definidos e um significado claro, o que abriu espaço para interpretações variadas. Infelizmente, essa falta de clareza transformou o desenvolvimento sustentável em um slogan vago e suscetível a manipulação por muitos. O fato de todos, independentemente de serem ricos ou pobres, exploradores ou explorados, incluídos ou excluídos, defenderem o desenvolvimento sustentável levantava questionamentos sobre sua eficácia. A utilização polissêmica desse termo contribuiu mais para manter a "lógica vigente" do que para realmente desafiá-la e alterá-la de forma significativa (ANGOTTI & AUTH, 2001 apud JICKLING, 1992).

Ainda, Segundo Angotti e Auth (2001), citando Borrero (1990), a grande maioria da população continuava sendo passiva diante das contradições e demandas, observando-as sem tomar ações significativas. A lógica da eficiência científica e tecnológica, combinada com a ausência de uma política social autêntica e a busca incessante por necessidades básicas para garantir a sobrevivência, levou os menos privilegiados a se tornarem involuntariamente cúmplices da degradação ambiental. Como resultado, surgiram pensamentos difundidos que sugeriam a quase impossibilidade de implementar ações efetivas que promovessem a justiça social, especialmente em países emergentes.

A partir das décadas de 1960 e 1970, crises ambientais significativas, como a poluição industrial, a degradação dos ecossistemas e a conscientização sobre os impactos ambientais nas atividades humanas, ganharam destaque na agenda global. Isso levou a necessidade de incluir a dimensão ambiental nos debates sobre Ciência e Tecnologia. Além do livro de Carson, que alertava sobre os impactos negativos dos agrotóxicos no meio ambiente e na saúde humana, ocorreram nesse interim, dois grandes episódios. O primeiro, o vazamento de petróleo no Santa Barbara Channel (EUA) que gerou uma onda de protestos e chamou a atenção para os danos ambientais causados pela indústria petrolífera. O segundo evento, foi o desastre do Rio Cuyahoga (EUA), em que um rio altamente poluído pegou fogo, mostrando a gravidade da poluição industrial (VILCHES et al., 2011; MONTEIRO et al., 2012 apud SILVA, 2019; SIQUEIRA et al., 2021).

Nessas mesmas décadas, o movimento ambientalista ganhou força e popularidade, com uma crescente conscientização pública sobre as questões ambientais e a necessidade de ações para proteger o meio ambiente. Isso influenciou no surgimento da demanda por uma abordagem



mais ampla que considerasse as interações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Alguns dos exemplos são a criação do Dia da Terra em 22 de abril de 1970, marcando o início do movimento ambientalista moderno que envolveu protestos e ações em todo o mundo. E o caso Love Canal, em que uma comunidade residencial foi construída em um local que havia sido utilizado como depósito de resíduos químicos, resultando em problemas graves de saúde e levando a um aumento da conscientização sobre a poluição tóxica (VILCHES et al., 2011).

No ensino de ciências, baseado nos grandes projetos elaborados e traduzidos no país nessas décadas, a atenção estava voltada mais para seduzir os alunos a seguirem carreiras científicas e tecnológicas do que em promover discussões profundas sobre CTS. No entanto, esse objetivo de profissionalizar os estudantes se revelou um fracasso, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento, levando à distância e rejeição das carreiras científicas pela maioria dos discentes (ANGOTTI & AUTH, 2001).

As críticas ao paradigma de progresso baseado no desenvolvimento tecnológico e na exploração ilimitada dos recursos naturais limitados também foram um fator importante. Surgiram preocupações sobre os impactos sociais e ambientais negativos das tecnologias e práticas científicas, o que levou à busca por uma abordagem mais crítica, reflexiva e responsável. Além do movimento contracultural (Hippie e pugwash) que defendia uma abordagem mais holística e sustentável em relação ao ambiente, ocorreu, na década de 1970, a crise do petróleo. Essa crise deixou evidente a dependência da sociedade por esse recurso, o que levou a maior conscientização não apenas sobre os impactos ambientais, mas, sobre necessidade de se buscar alternativas ao recurso natural não renovável (MONTEIRO et al., 2012 apud SILVA, 2019).

Assim, a combinação desses fatores citados levou ao surgimento do Movimento CTS, que buscavam abordar de forma integrada as interações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente das práticas científicas e tecnológicas. Cabe ressaltar que os exemplos históricos que citamos ilustram a perspectiva histórica dos fatores que contribuíram para o surgimento do Movimento CTS e que não são acontecimentos isolados, mas sim parte de um contexto mais amplo de mudanças sociais, políticas e culturais (VAZ et al., 2009).

O Movimento da educação CTS no ensino de ciências surgiu na década de 1970, com o propósito de promover a educação científica para a cidadania, uma demanda levantada por educadores em ciências que desejavam uma educação mais humanística, insatisfeitos com a prática de ensino excessivamente focada na formação de cientistas. Para esses educadores a educação CTS deveria ser voltada para cidadania, desenvolvimento da capacidade de tomar decisões e de formar valores (AIKENHEAD, 2003; AIKENHEAD, 1994; AULER, 2003 e 2007; AULER e DELIZOICOV, 2001; SANTOS, 2012; VAZ et al., 2009).

Segundo Pinheiro (2005), o Movimento surgi com a bandeira de defesa da importância de os cidadãos conhecerem os seus direitos e seus deveres, pensarem por si próprios e terem uma visão crítica da sociedade em que vivem, com o objetivo de transformá-la positivamente.



Embora não tenha surgido no contexto educacional, a reflexão sobre ele tem aumentado consideravelmente nessa área, reconhecendo que a escola é um ambiente propício para que se iniciem as mudanças necessárias.

No Brasil, segundo Santos (2012), a partir da década de 1970, o ensino de ciências inseriu a educação científica para a cidadania. A partir de 1990, o número de trabalhos sobre CTS começou a crescer na área de ensino, o que na opinião do autor, mostra que havia um crescente interesse em pesquisas nesse campo. A partir de 1998, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), ambos para o Ensino Médio, aparecem objetivos que expressam relações com esse Movimento: no campo educacional, uma abordagem tem se destacado como uma orientação para o ensino de ciências, chamada "Ensino de Ciências na Pós-Mudança Conceitual".

Além da simples construção de conceitos, o ponto inicial para a aprendizagem são as "situações-problemas", relacionadas a contextos da vida cotidiana. O surgimento dessa abordagem aponta para a valorização da educação em Ciências que integram as dimensões da CTS. Adaptando essa abordagem no entender de Paulo Freire, podemos dizer que a educação em ciências tem menos a ver com ler palavras e mais a ver com a leitura do mundo (AULER e DELIZOICOV, 2001).

Para Schnorr e Rodrigues (2014), a maioria dos estudos sobre educação em Ciências, Tecnologia e Sociedade destaca a pedagogia para a cidadania como uma de suas principais metas. Essa abordagem enfatiza especialmente a participação pública nas decisões políticas e escolares, assim como nos processos sociais em geral. O objetivo é formar cidadãos bem informados, capazes de opinar e tomar decisões sobre problemas e questões relacionados às interações entre CTS, a fim de exercer um certo controle social sobre as atividades científicas, tecnológicas e as políticas públicas que promovem a pesquisa e a inovação em C&T.

Ao abordar a evolução da inovação educacional nos currículos de ciências no Brasil entre 1950 e 1985, destaca-se que, na década de 1970, começou a ser incorporada uma visão de ciência como resultado do contexto econômico, político e social. Já na década de 1980, a renovação do Ensino de ciências passou a ter como objetivo analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso, em relação aos estudos de CTS no Brasil, é relevante mencionar a realização da "Conferência Internacional Ensino de Ciências para o Século XXI: ACT – Alfabetização em Ciências e Tecnologia" em 1990, cujo foco principal foi a educação científica dos cidadãos. Também é importante destacar que a atual reforma curricular do Ensino médio incorpora elementos dos currículos com ênfase em CTS em seus objetivos e fundamentos (SANTOS e MORTIMER, 2002 apud VAZ et al. 2009).

A busca por compreender novas abordagens para o desenvolvimento científico e tecnológico, por meio das relações entre CTS, tem gerado discussões em todo o mundo. O movimento CTS surgiu em contextos específicos, principalmente nos chamados países capitalistas centrais, como EUA, Inglaterra, etc. e outros países europeus. Nessas regiões, os estudos das relações CTS



apresentavam preocupações e abordagens diferenciadas em relação ao tema (AULER; BAZZO, 2001 apud SILVA, 2010).

Em 1977, nos EUA, o Projeto Synthesis organizou a educação científica em cinco domínios, um dos quais intitulado "A interação da ciência, tecnologia e sociedade (C/T/S)". Esse projeto tinha como objetivo traçar um panorama da educação em ciências nas escolas do país. Para isso, foram realizadas entrevistas com professores e diretores de escolas para entender suas concepções sobre as disciplinas científicas. A análise desses dados revelou que os educadores das disciplinas de ciências, naquela época já reconheciam a necessidade de movimentos acadêmicos e sociais, bem como do descontentamento dos profissionais com o Ensino da disciplina até aquele momento (AIKENHEAD, 2003).

Os estudos relacionados à origem do movimento CTS na América Latina destacam a reflexão sobre a ciência e a tecnologia como competências das políticas públicas. Embora inicialmente não tenha sido explicitamente nomeado como parte da comunidade CTS, posteriormente foi chamado de PLACTS - Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade. O PLACTS surgiu na década de 1960 e enfatizou a importância das políticas científicas e tecnológicas como impulsionadoras de mudanças tanto econômicas quanto sociais. Esses estudos conceberam a C&T como processos sociais com características específicas e dependem do contexto em que são introduzidos, compartilhando a perspectiva CTS de não-neutralidade e não-universalidade. A partir dessa compreensão, emerge o que foi percebido como um paradoxo: embora os países menos desenvolvidos busquem produzir conhecimento científico local, estão submetidos a uma relação de dependência em relação ao conhecimento gerado em países industrializados (LINSINGEN, 2008 apud SILVA, 2010).

Em 1951, no Brasil, foi criado o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), um órgão dedicado ao financiamento da pesquisa, voltado principalmente para o apoio às investigações em física nuclear. Em 1961, foi fundada a Universidade de Brasília e promulgada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) – Lei nº 4024, em 21 de dezembro de 1961, que trouxe reformulações significativas, incluindo alterações no currículo de ciências. A disciplina de introdução à Ciência foi incluída desde a segunda etapa do Ensino fundamental, e a carga horária das disciplinas científicas, como física, química e biologia aumentou substancialmente (MOTOMAYA, 1985; KRASILCHIK, 1987 apud SILVA, 2010).

Nesse contexto as Feiras de Ciências ganharam destaque no Brasil, em paralelo à implementação dos Centros de Treinamento de Professores de Ciências a partir de 1965. O objetivo desses centros era estimular e organizar Clubes de Ciências e Feira de Ciências. Essas atividades receberam um forte estímulo do IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura), que na época lançou o concurso "Cientista do Amanhã" (OOSTA, 1994 apud SILVA, 2010). No entanto, assim como nos EUA, a tentativa de popularizar a C&T fracassou. Somente a partir de 1990, com a "Conferência Internacional sobre o Ensino de Ciências para o século XXI: ACT – Alfabetização em Ciências e Tecnologia" é que o Movimento CTS começou a se desenvolver.



No Brasil, uma das abordagens mais utilizadas nas inter-relações CTS é a abordagem crítica de Freire. A Pedagogia Crítica de Paulo Freire propõe uma abordagem educacional que vai além do modelo tradicional de Ensino, conhecido como "concepção bancária". Nesse modelo, a educação é vista como um processo unidirecional, em que o educador deposita conhecimento no educando, tornando-o passivo em sua aprendizagem. Em contraste, a pedagogia crítica busca engajar o sujeito na ação educativa como um agente ativo em seu próprio processo de aprendizagem (FREIRE, 1987 apud SCHNORR e RODRIGUES, 2014).

Para Schnorr e Rodrigues (2014), tanto a abordagem CTS quanto o método de investigação temática proposta por Freire rompem com a abordagem tradicional no Ensino de ciências. Em vez de selecionar conteúdos exclusivamente com base nas preferências do professor de cada disciplina, essas abordagens buscam identificar temas que estejam relacionados às situações cotidianas dos alunos. Isso inclui a exploração do uso de tecnologia, compreensão dos problemas reais que afetam sua comunidade local e análise de questões sociopolíticas que estão ligadas a CTS e a pedagogia crítica. Dessa forma, os conteúdos selecionados estão mais conectados à realidade dos alunos, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada.

A proposta de Freire assegura uma forte contextualização ao identificar as situações-problema em que os estudantes estão imersos. Em seguida, na etapa de redução da temática (etapa de seleção e organização dos conteúdos científicos para relacioná-los as situações-problema), os conteúdos são selecionados de forma a fazer sentido para um determinado grupo de estudantes. No caso do Ensino básico, a disciplina de ciências naturais, presente no currículo do Ensino fundamental, é altamente propícia para o debate de temas interdisciplinares que explorem abordagens CTS. Isso ocorre porque essa disciplina não se baseia em uma única área da ciência, permitindo a incorporação de programas CTS que envolvem a interação de múltiplas disciplinas (SCHNORR e RODRIGUES, 2014).

A educação em CTS, não fica restrita a educação básica. No Ensino médio, tem um foco central no desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos. Seu objetivo é auxiliar os alunos na construção de conhecimentos, habilidades e valores necessários para a tomada de decisões responsáveis sobre questões de CTS contribuindo para a busca de soluções para as mesmas (SCHNORR e RODRIGUES, 2014). Segundo Loureiro e Lima (2009), existe uma inter-relação entre educação ambiental e a perspectiva CTS na educação em ciências que contribui para uma educação crítica e reflexiva, "voltada para a construção de uma sociedade socioambientalmente equilibrada e justa."

O PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) menciona a CTS como uma tendência que surgiu nos anos 80 e continua relevante até hoje. Diz ainda que, essa abordagem é uma resposta à problemática existente nesse campo. No âmbito da pedagogia em geral, as discussões sobre as relações entre educação e sociedade têm sido associadas a correntes progressistas, que tiveram uma importante organização no Brasil e influenciaram o Ensino de Ciências Naturais. Essas

correntes enfatizam a importância de conteúdos socialmente relevantes e processos de discussão coletiva de temas e problemas que possuam um significado e importância real (BRASIL, 1998).

Ainda sobre a CTS, o PCN fala que, tanto a abordagem CTS quanto as correntes progressistas questionaram a forma como os conteúdos eram abordados e organizados, reconhecendo a necessidade de um Ensino que integrasse diferentes áreas de conhecimento, com um caráter também interdisciplinar. Esse desafio tem sido importante para a didática da área, pois demanda uma reorganização dos conteúdos, buscando uma integração que permita uma compreensão mais ampla e contextualizada da ciência e sua relação com a sociedade (BRASIL, 1998).

A Educação CTS, portanto, pode ser compreendida como um campo de conhecimento que busca problematizar as complexas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade por meio do processo de Ensino aprendizagem. Trata-se de uma abordagem educativa inovadora que procura entender como a Ciência e a Tecnologia impactam a vida social e natural, e como as sociedades constroem sua própria Ciência e Tecnologia ao longo do tempo (CHRISPINO, 2017 apud SILVA, 2019).

A característica central da Educação CTS é sua natureza interdisciplinar, que se baseia na integração dos diversos conhecimentos historicamente produzidos e compartimentalizados pelas instituições educacionais. O objetivo é contribuir para a formação de cidadãos capazes de participar ativamente nos processos decisórios de suas comunidades, desenvolvendo habilidades de tomada de decisão sobre questões sociais relevantes relacionadas à Ciência e à Tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2002 apud SILVA, 2019).

Para Silva (2019), existem diferentes formas de se abordar as relações CTS, pois os elementos que compõem essa triade são muito diversos e complexos, mesmo que tomados de forma isolada, não é possível chegar a um consenso. Essa diversidade se reflete nas diferentes tentativas de se renomear o campo de estudos CTS, como a proposta de adjetivação de CTS em CTSA.

### 2.3. Movimento CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente)

O movimento CTS resultou na proposta, a partir da década de 1970, de novos currículos de ciências e passaram a incorporar uma perspectiva de reflexão sobre as consequências ambientais. Mais tarde, essa abordagem passou a ser denominada CTSA, quando as implicações ambientais foram incluídas obrigatoriamente na cadeia de inter-relações CTS (SIQUEIRA et al., 2021).

Existem diferentes opiniões e debates em relação a inclusão do "A" em CTS, alguns argumentam que as questões ambientais sempre estiveram implícitas nas discussões CTS e que sua adição é



desnecessária, pois seria redundante. Uma vez que as atividades científicas e tecnológicas tem impactos diretos e indiretos no meio ambiente, a dimensão ambiental já está inserida ou abordada nas análises de CTS (VILCHES et al., 2011; INVERNIZZI, 2007; FRAGA, 2007 apud SIQUEIRA et al., 2021).

Segundo Tomazello (2009), citando Ricardo (2007), CTSA é questionável, bastaria CT – Ciência e Tecnologia. Se o objetivo das letras é dar destaque para cada intituição, CTSA se justifica, no entanto, se Ciência e Tecnologia forem utilizadas de forma adequada, talvez CT fosse suficiente para definir educação em Ciência e Tecnologia. A adição de siglas poderia se tornar um obstáculo para sua compreensão e implementação.

Para Cosenza e Martins (2011), a sigla CTSA é frequentemente utilizada sem uma reflexão mais aprofundada sobre sua natureza ou sobre os novos significados que ela traz para o debate em torno de CTS. Ao adicionar essa sigla, parece não haver uma intenção ou compromisso político-pedagógico adicional além dos já estabelecidos pela abordagem CTS. No entanto, é importante examinar outros espaços de produção acadêmica para investigar como os trabalhos relacionados a essa abordagem são tratados, a fim de compreender melhor suas propostas e ações.

Ainda, segundo trabalhos analisados, Cosenza e Martins (2011), perceberam o uso do termo CTSA de três formas: "1) explicitando pressupostos teóricos, metodológicos, epistemológicos dessa abordagem à luz de reflexões que a distinguem, em maior ou menor grau, da abordagem CTS, 2) explicitando pressupostos CTSA, mas vinculando-os à abordagem CTS, e 3) não explicitando pressupostos teórico/metodológicos da abordagem CTSA."

No primeiro caso, os autores concluíram que essa abordagem promove a compreensão do papel dos autores sociais diante das controvérsias socioambientais e estimula o senso de responsabilidade e compromisso cidadão. A introdução da CTSA nas aulas de ciências pode quebrar a visão neutra da ciência, despertar o interesse dos alunos, melhorar o pensamento crítico, ajudar na resolução de problemas pessoais e sociais, aumentar a consciência das interações entre ciência, tecnologia e sociedade, e promover um envolvimento ativo dos alunos em questões sociais, políticas, econômicas e ambientais (COSENZA & MARTINS, 2011).

No segundo caso, uma pesquisa com professores de física do ensino médio buscou compreender como eles construíram estratégias para abordar o tema da produção e consumo de energia elétrica usando a abordagem CTSA. O estudo mostrou como os professores evoluíram de concepções reducionistas para abordagens mais críticas que refletem sobre a crise energética no Brasil e incorporaram o debate científico ao contexto socioambiental.

No entanto, o artigo menciona a sigla CTSA sem diferenciá-la teoricamente e metodologicamente da abordagem CTS, e não fica claro como o ambiente é incorporado nessa problematização. Isso pode levar ao risco de reduzir o aspecto ambiental como uma mera adição. Outro trabalho aborda a relação CTSA ao investigar parâmetros físicos e químicos da água em um córrego de uma bacia hidrográfica em São Carlos, SP, realizado por estudantes do



Ensino Fundamental e Médio. Os autores defendem que essa relação tem grande potencial como proposta educativa no campo da Educação Química e Ambiental. No entanto, o artigo não esclarece claramente as conexões sociais e naturais que compõem o problema de estudo, como a poluição dos recursos hídricos locais. O ambiente é apresentado como um elemento motivador e uma estratégia para facilitar a aprendizagem, mas não são evidenciadas as perspectivas críticas que a abordagem CTS (COSENZA & MARTINS).

No terceiro e último tópico, um estudo analisou uma prática pedagógica sobre levitação eletrodinâmica no contexto das interações CTSA, mas não esclareceu como o tema permite atitudes críticas dos alunos em relação a ciência, tecnologia e meio ambiente, típicas da abordagem CTS/CTSA. O artigo apresentou uma abordagem interna do campo da física, sem diálogo com as questões socioambientais. Outro estudo buscou investigar como uma sequência didática pode iniciar o processo de alfabetização científica, mas não qualificou adequadamente o referencial da abordagem CTSA, apesar de ter sido mencionado nas palavras-chave do artigo (COSENZA & MARTINS, 2011).

No estudo de periódicos a respeito do tema, Cosenza e Martins (2011), dizem que a pesquisa em CTS que trata da dimensão Ambiental, o fazem em sua maioria em contextos de intervenção didáticas. Além disso, existem um número considerável de trabalhos em CTS que interage com a questão Ambiental, principalmente em trabalhos publicados nos periódicos brasileiros.

Por outro lado, existem autores que defendem que a inserção do "A" é necessária para destacar especificamente a importância do meio ambiente como uma dimensão distinta nas análises de CTS. Para eles, a crise ambiental global e os desafios associados, como mudanças climáticas, perda da biodiversidade e escassez de recursos naturais, exigem uma atenção especial e uma abordagem integrada na análise das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. A adição de "A" não quer dizer que ambiente não esteja contido em CTS, a letra serve para dar "maior ênfase na educação científica, para evitar um tratamento particularmente insuficiente das questões ambientais quando se incorporam as relações CTS" (VILCHES et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2021; PEDRETTI, et al., 2008; MARTÍNEZ, 2012, apud SIVA, 2019).

Para Loureiro (2004 apud Cosenza e Martis, 2011), "a adjetivação ambiental se justifica tão somente à medida que serve para destacar dimensões 'esquecidas' historicamente pelo fazer educativo, no que se refere ao entendimento da vida e da natureza, e para revelar ou denunciar as dicotomias da modernidade capitalista e do paradigma analítico-linear, não-dialético".

Ribeiro (et al., 2021), citando Vilches, Gil-Pérez e Praia (2011), diz que alguns autores defendem a inclusão do "A" argumentando que a reflexão sobre questões ambientais promove a convergência dos objetivos da educação Ambiental e da abordagem CTSA, resultando em uma inovação educacional na tomada de decisões fundamentadas sobre a emergência do planeta, visando um futuro sustentável. Portanto, a incorporação do "A" em CTS se justifica, pois evita reducionismos nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, além de destacar as consequências ambientais dos processos científicos e tecnológicos. Diz ainda que, a abordagem



CTSA possui grande potencial para aprimorar o ensino de ciências e que as discussões apresentadas até agora não têm a intenção de esgotar as bases históricas e epistemológicas da abordagem CTSA, mas sim extraír subsídios que apontem seus princípios, especialmente aqueles que se relacionam com sua origem. Ou seja, superar visões distorcidas de ciência e tecnologia e promover uma cultura de participação.

Para Tomazello (2009), a adição da letra "A" em CTS se deu pela transposição do Movimento do campo da pesquisa para o campo educacional, "a sigla ganhou mais uma letra, [...], em alusão ao ambiente. [...] embora a dimensão ambiental fosse um dos tópicos fundantes do campo CTS a explicação do "A" na sigla, denota, por um lado, a importância crescente que a dimensão sociambiental vem conquistando no sistema de Ensino por meio da Educação Ambiental e, por outro, o desafio de integrar essa última com o enfoque CTS."

Para autores como Aikenhead (2003), Pinto (et al., 2013), entre outros, CTSA é uma vertente mais abrangente da CTS. Enquanto CTS aborda interações entre ciência, tecnologia e sociedade, CTSA incorpora também a dimensão ambiental, destacando a importância de compreender e analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Enquanto CTS já reconhece a influência mútua entre ciência, tecnologia e sociedade, CTSA amplia o panorama ao incluir as questões ambientais como parte fundamental das discussões. CTSA busca examinar não apenas como a ciência e a tecnologia afetam a sociedade, mas também como essas interações impactam o meio ambiente e a sustentabilidade.

E, portanto, o Movimento CTSA teria surgido como uma expansão do movimento CTS, incorporando a dimensão ambiental às discussões de forma mais abrangente, buscando promover uma compreensão mais crítica e reflexiva das implicações das práticas científicas e tecnológicas na sociedade e no meio ambiente. O surgimento e a evolução do Movimento CTSA não estão restritos a eventos específicos, mas sim a um processo contínuo de reflexão, debate e mobilização social (AIKENHEAD, 2003).

Para Siqueira (et al., 2021), a questão Ambiental deve ser abordada de forma mais ampla, levando em consideração uma visão histórica, sistêmica, holística e dinâmica, que inclua as pessoas e seus valores na busca por uma transformação socioambiental sustentável. Com o objetivo de diferenciar o Movimento CTSA do Movimento CTS original, foi proposto uma série de sete princípios para enriquecer o debate a respeito: compreender a realidade de forma sistêmica; entender a realidade como um processo histórico-social; reconhecer e respeitar a diversidade cultural; buscar soluções para as demandas sociais; aprendizagem e participação da população permitindo que se torne ativa; repensar as práticas educativas; e estimular o fortalecimento da consciência crítica sobre os problemas ambientais e humanos.

Compreender a realidade de forma sistêmica quer dizer que é essencial compreender a realidade, reconhecendo que ela envolve um conjunto de interações sociais entre os seres humanos e a natureza. A realidade é um processo dinâmico e sistêmico e somente ao compreender corretamente a realidade do contexto em questão é que poderemos promover

ações ou soluções efetivas que abordem a causa do problema. Devemos evitar soluções simplistas. Qualquer discussão orientada pela abordagem CTSA deve considerar a problemática ambiental no qual, diversos elementos estão em constante interação (SIQUEIRA et al., 2021).

Entender a realidade como um processo histórico-social é compreender a realidade como uma construção social moldada por relações sociais em um contexto ambiental ao longo do tempo. A abordagem CTSA deve abranger uma perspectiva que envolva aspectos históricos, antropológicos, econômicos, sociais, culturais e ecológicos, sendo portanto, uma educação política, uma vez que todas as decisões que afetam o meio ambiente são decisões políticas. Somente quando consideramos essas questões é que podemos enxergar a realidade ambiental como um todo. A educação ambiental tem como objetivo transformar a sociedade em busca de um futuro melhor, implica fazer convergir movimento CTSA e a educação Ambiental nas tarefas de pesquisa e inovação educacional (SIQUEIRA et al., 2021).

O terceiro princípio, segundo Siqueira (et al., 2021), consiste em reconhecer e respeitar a diversidade cultural. A abordagem CTSA, além de reconhecer a realidade como um processo sistêmico e dinâmico, deve levar em conta os indivíduos que fazem parte da sociedade. Isso envolve reconhecer os valores, a identidade, a pluralidade e a cultura da sociedade em um determinado contexto. Não há como promover mudanças nas práticas se não houver respeito às pessoas. Muitos problemas ambientais são decorrentes de nossas ações e nós que sofremos as consequências a médio e longo prazo. Não é possível impor mudanças efetivas, a imposição resultará em ações temporárias e não permanentes.

O quarto princípio fala sobre buscar soluções para as demandas sociais. Segundo a Lei nº 9795/99, o objetivo da educação ambiental é estimular a cooperação entre diferentes regiões do país, visando à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundamentada na liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade. Para que possamos alcançar uma sociedade justa, é preciso que as necessidades básicas dos indivíduos sejam atendidas. A discussão ambiental na perspectiva CTSA deve se concentrar em equilibrar a relação entre as necessidades humanas e o impacto ambiental, de forma crítica e construtivista, e proporcionar a inclusão de todos (SIQUEIRA et al., 2021).

O quinto princípio trata da participação e aprendizagem ativa da população. A aprendizagem, a participação e o envolvimento são elementos essenciais na abordagem CTSA. Todo indivíduo é capaz de adquirir conhecimento e aprender na cultura em que está inserido. A conscientização se dá por meio da relação entre "eu" e "outro" através da prática social reflexiva e fundamentada teoricamente. A CTSA incentiva a participação individual e coletiva na preservação e defesa da natureza como valor fundamental no exercício da cidadania (SIQUEIRA et al., 2021).

Ainda, segundo Siqueira (et al., 2021), temos o sexto princípio: repensar as práticas educativas. A CTSA deve repensar as práticas educativas para reafirmar valores e capacitar cidadãos a agirem

com autonomia e competência. Isso implica em preparar os indivíduos para a transformação social, ética e exercício da cidadania por meio da diversidade de ideias e abordagens pedagógicas, com uma perspectiva inter, multi e transdisciplinar. A CTSA não busca uma linguagem universal e única, mas sim o desafio constante de entender a relação entre o particular e o universal, superando limites impostos por uma linguagem que reforça distinções de poder entre diferentes áreas do conhecimento. A perspectiva crítico-emancipatória é legítima e necessária para uma prática educativa abrangente, que esteja conectada às esferas da vida social e promova políticas públicas democráticas, bem como iniciativas capazes de romper com o modelo atual de sociedade.

O sétimo e último princípio, destaca o estímulo da consciência crítica sobre os problemas ambientais e humanos. É necessário estimular uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social, proporcionando aos alunos uma formação que os capacite a participar de debates e tomar decisões fundamentadas sobre questões socioambientais. Isso envolve desenvolver uma compreensão integrada do meio ambiente, considerando suas múltiplas e complexas relações em diversos aspectos, como ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos. A Educação Ambiental Crítica, transformadora e emancipatória busca refletir sobre a vida e a natureza, promovendo a transformação da nossa relação com o mundo. Além da ênfase nas questões ambientais, é essencial aprofundar estudos e ações em prol da sustentabilidade, abordando também a superação da pobreza e do analfabetismo, proporcionando oportunidades e promovendo a participação ativa dos cidadãos com uma abordagem humanista, holística e democrática (SIQUEIRA et al., 2021).

Esses princípios tem como objetivo fundamental dar suporte ao debate sobre CTSA e a questão Ambiental, superando a visão fragmentada da realidade e enfatizando a necessidade de compreender as questões ambientais em uma perspectiva mais social e crítica (SIQUEIRA et al. 2021).

Um trabalho de pesquisa feito por LUZ (et al., 2019), apontou que os termos CTS e CTSA podem ser compreendidos de quatro formas. A primeira, como sinônimos, mesmo significado, mesmo que se substitua os termos, o sentido não é comprometido. Segundo, podem ser entendidos como complementares, assumindo diferenças dependendo do modo como são abordados, “os termos são admitidos como diferentes em algum aspecto, de modo que pode ocorrer a alternância das abordagens de acordo com o assunto que está sendo discutido”. Terceiro, CTSA como evolução de CTS, já que a primeira tende a referência ambiental por causa do “A”, complementado a CTS, “a perspectiva CTSA, ao resgatar questões ambientais para as investigações sobre CTS, acaba superando essa perspectiva e ressignificando-a”. E a quarta e última, como termos sem semelhanças e diferenças ou sem que uma derive necessariamente uma da outra, “não são explicitadas diferenças ou semelhanças no usadas denominações CTS e CTSA, nem justificativas de filiação a uma ou a outra nomenclatura”.

Strieder (2012), a partir de pesquisas de artigos acadêmicos, em sua tese de doutorado, destaca que embora tenha considerado trabalhos que utilizavam tanto a designação CTS quanto CTSA,

essa distinção não foi considerada durante suas análises. Uma leitura preliminar indicou que a distinção era desnecessária devido à natureza das categorias e ao fato de os trabalhos analisados mencionarem tanto CTS quanto CTSA, utilizando a sigla CTS/CTSA. Dos trabalhos pesquisados, apenas um teve a preocupação em identificar possíveis diferenças entre as duas abordagens. Diz ainda que, para Abreu, Fernandes e Martins (2009), não é possível encontrar evidências claras de diferenças quanto aos objetos de interesse de pesquisa entre os dois termos.

Cosenza e Martins (2011), realizaram um estudo qualitativo da produção científica na linha de CTS, da década de 80 até 2009. Dos artigos selecionados, identificou-se que CTSA é considerado um desdobramento de CTS. Em outro momento, a diferença entre os termos se dá pela ênfase da letra "A", a letra é um reforço da questão Ambiental. Também foi encontrado trabalhos que não deixavam claro a diferenciação dos termos CTS e CTSA.

Assim, a diferença entre CTS e CTSA reside na abrangência temática das duas vertentes. A primeira, aborda interações entre ciência, tecnologia e sociedade, e a segunda, vai além, incluindo a dimensão ambiental como parte integral das discussões, engloba os aspectos abordados por CTS, como as dimensões sociais, políticas, econômicas e culturais da ciência e tecnologia, e também expande essa análise para incluir as implicações ambientais, a relação entre as atividades científicas e tecnológicas e a conservação dos recursos naturais, bem como os desafios relacionados às mudanças climáticas, à preservação da biodiversidade, entre outros temas ambientais (SIQUEIRA et al., 2021).

Strieder (2012), reafirma que a sigla CTSA vem sendo usada principalmente por pesquisadores como Dori e Herscovitz (1999) apud Cachapuz, et al. (2008), Solbes e Rios (2007), Bernardo, Viana e Fontoura (2007), como forma de evidenciar a dimensão ambiental. E diz ainda que, a discussão sobre qual designação é mais apropriada está longe de chegar a um consenso. Além disso, mesmo entre aqueles autores que utilizam o mesmo termo, CTS e CTSA, existem diferenças no entendimento sobre as intenções e formas de implementar essa abordagem. Os autores mais frequentemente citados como Walter Bazzo e Décio Auler, Acevedo Diaz e Lopes Cerezo, observam que não existe uma diversidade muito ampla entre os termos (STRIEDER, 2012).

Para alguns autores, a inclusão do ambiente no CTSA se justifica pela compreensão de que as atividades científicas e tecnológicas não ocorrem de forma isolada no meio ambiente, mas sim em constante interação com ele. O reconhecimento dessa interação e das implicações ambientais das práticas científicas e tecnológicas é fundamental para uma análise completa e abrangente dos desafios contemporâneos (TOMAZELLO, 2009; VIEIRA, 2017; GARCIA, 2017 apud SIQUEIRA et al., 2021).

A crescente conscientização sobre as crises ambientais, como as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e a degradação dos ecossistemas, levou a necessidade de incluir o ambiente como uma dimensão essencial nas discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade. Atualmente, essas crises evidenciam ainda mais os impactos das atividades humanas no meio ambiente e



destacam a importância de uma abordagem que considere a interdependência entre ação humana, ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Dessa forma, o CTSA, assim como a CTS, busca examinar a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, compreendendo as interações complexas e os dilemas éticos, políticos e econômicos que surgem nesse contexto. Isso implica considerar não apenas os aspectos sociais, políticos e culturais da ciência e da tecnologia, mas também as consequências ambientais e a necessidade de promover uma abordagem sustentável e responsável em relação ao meio ambiente.

#### 2.4. Importância do movimento CTS/CTSA e sua relação com Paulo Freire

O movimento CTS/CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) desempenha um papel fundamental na educação e na sociedade contemporânea, oferecendo uma abordagem interdisciplinar e crítica para compreender a relação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente AGUIAR-SANTOS et al., 2016).

A importância desse movimento reside na necessidade de formar cidadãos conscientes, capazes de tomar decisões informadas e responsáveis em um mundo cada vez mais complexo e globalizado. A abordagem CTS/CTSA vai além do ensino tradicional das disciplinas científicas, buscando promover uma compreensão mais ampla e reflexiva da ciência e da tecnologia em seu contexto social, cultural, político e ambiental. Ela reconhece que a ciência e a tecnologia não são neutras, mas influenciadas por valores, interesses e poderes. Portanto, é essencial analisar as implicações sociais, éticas e ambientais das descobertas científicas e dos avanços tecnológicos (PINHEIRO et al., 2007; AGUIAR-SANTOS et al., 2016; DA SILVA, 2020).

Um dos principais objetivos do movimento CTS/CTSA é desenvolver o pensamento crítico e a capacidade de análise dos alunos, permitindo que eles questionem, debatam e tomem decisões informadas sobre questões científicas e tecnológicas que afetam suas vidas e a sociedade como um todo. Ao incorporar o ambiente como elemento central, essa abordagem também enfatiza a importância da sustentabilidade e da preservação ambiental, incentivando uma visão holística das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (AGUIAR-SANTOS et al., 2016; MARTINS, 2022).

Além disso, o movimento CTS/CTSA busca promover a participação cidadã ativa dos alunos, envolvendo-os no debate público e nas decisões relacionadas a questões científicas e tecnológicas. Isso envolve o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, comunicação, trabalho em equipe e negociação, capacitando os alunos a se tornarem agentes de mudança em suas comunidades (AGUIAR-SANTOS et al., 2016; DA SILVA, 2020; DOS SANTOS et al., 2020).

Outro aspecto importante é a formação de professores capacitados para implementar a abordagem CTS/CTSA em sala de aula. Os educadores desempenham um papel crucial na promoção de uma educação voltada para a cidadania e na formação de alunos críticos e reflexivos (PINHEIRO et al., 2007).



Portanto, é essencial investir em programas de formação e capacitação docente que promovam uma compreensão aprofundada do movimento CTS/CTSA e fornecam recursos e estratégias pedagógicas para sua implementação eficaz. Em suma, a importância do movimento CTS/CTSA reside na sua capacidade de promover uma educação mais significativa, contextualizada e crítica. Ao integrar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, essa abordagem contribui para formar cidadãos conscientes, engajados e preparados para lidar com os desafios e dilemas da era moderna, construindo uma sociedade mais justa, sustentável e participativa (PINHEIRO et al., 2007; AGUIAR-SANTOS et al., 2016; DA SILVA, 2020; DOS SANTOS et al., 2020).

O movimento CTS/CTSA encontra afinidade com a perspectiva pedagógica de Paulo Freire, reconhecido educador brasileiro e defensor da educação crítica e libertadora. Freire enfatizava a importância de uma educação que permitisse aos alunos compreenderem sua realidade social, questionarem as estruturas de poder e se tornarem agentes ativos na transformação da sociedade (KAKUANO & MARANDINO, 2022).

Paulo Freire, um renomado educador brasileiro, também desempenha um papel relevante nesse contexto. Sua abordagem pedagógica, baseada na conscientização crítica e na educação libertadora, pode ser considerada em sintonia com os princípios do movimento CTS/CTSA. A visão de Freire sobre a educação como um processo de diálogo, problematização e transformação social se alinha com a ideia de promover uma educação científica voltada para a cidadania e para a compreensão das relações complexas entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente e poder (JESUS, 2019; KAKUANO & MARANDINO, 2022; DOS SANTOS, 2008; DOS SANTOS et al., 2020).

Dessa forma, a inclusão de Paulo Freire na discussão amplia o horizonte do movimento CTS/CTSA, enfatizando a importância da conscientização crítica, do empoderamento dos indivíduos e da transformação social por meio da educação. Ao adotar uma abordagem mais dinâmica, realista e contextualizada da ciência, o movimento CTS/CTSA se distancia de um ensino tradicional e conservador, incentivando uma compreensão mais ampla e engajada dos temas científicos e tecnológicos (DOS SANTOS et al., 2020).

A abordagem CTS/CTSA, ao incorporar elementos da realidade social, política e ambiental nas práticas educativas, está alinhada com o princípio freireano de problematização. Ela encoraja os alunos a questionarem as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, estimulando a reflexão crítica sobre as desigualdades, injustiças e impactos ambientais resultantes do avanço científico e tecnológico (JESUS, 2019; KAKUANO & MARANDINO, 2022; DOS SANTOS, 2008; DOS SANTOS et al., 2020).

Paulo Freire também destacava a importância da conscientização e da participação dos educandos no processo de aprendizagem. Nesse sentido, o movimento CTS/CTSA promove a participação ativa dos alunos, incentivando-os a se envolverem no debate público, a se engajarem em projetos de pesquisa e a tomarem decisões informadas sobre questões científicas e tecnológicas. Essa abordagem fortalece a voz dos alunos, permitindo que eles se tornem protagonistas de sua própria educação e agentes de transformação em suas comunidades (KAKUANO & MARANDINO, 2022; DOS SANTOS et al., 2020).

A integração do pensamento de Paulo Freire ao movimento CTS/CTSA ressalta a importância da educação como prática de liberdade e como ferramenta para a conscientização e ação social.



Através do diálogo, da reflexão crítica e do engajamento com a realidade, os estudantes são capacitados a compreender as implicações da ciência e da tecnologia em suas vidas, a questionar ideias preestabelecidas e a buscar soluções para os desafios sociais e ambientais (JESUS, 2019; DOS SANTOS, 2008; MARTINS, 2022).

Dessa forma, a união do movimento CTS/CTSA com a visão de Paulo Freire fortalece a proposta de uma educação emancipadora, que busca a transformação individual e coletiva. Ao unir conhecimentos científicos, reflexão crítica, participação cidadã e consciência socioambiental, essa abordagem se torna uma poderosa ferramenta para a construção de uma sociedade mais justa, equitativa e sustentável.

### 3. Conclusão

Quais as semelhanças e diferenças entre esses termos? Se são diferentes, em que se relacionam? A princípio ambos os movimentos tratam de meio ambiente, tem foco no meio ambiente, inclusive o meio ambiente é considerado um ponto de partida (incentivo dos movimentos sociais em prol do social e do ambiente) de ambas as vertentes.

Os movimentos CTS e CTSA são perspectivas educacionais que buscam integrar a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente em processos de Ensino e aprendizagem. Embora compartilhem uma base comum, existem algumas diferenças entre elas. Segundo os autores apresentados aqui.

CTS e CTSA têm em comum o objetivo de promover uma abordagem mais crítica e reflexiva da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente no contexto educacional. No entanto, existem diferenças sutis entre eles. Enquanto o movimento CTS enfatiza a análise das interações entre ciência, tecnologia e sociedade, o CTSA expande essa análise para incluir a dimensão ambiental.

Essa inclusão do meio ambiente como parte integrante da discussão CTSA é de extrema importância, pois reconhece a interdependência entre as atividades humanas, a natureza e os ecossistemas. Compreender as implicações ambientais das práticas científicas e tecnológicas é fundamental para enfrentar os desafios globais da crise ambiental atual.

O surgimento do Movimento CTS e sua posterior evolução para CTSA foram impulsionados por uma série de fatores, como o aumento da conscientização sobre os impactos sociais e ambientais das práticas científicas e tecnológicas, as crises ambientais, as críticas ao modelo de progresso baseado no desenvolvimento tecnológico e a demanda por uma abordagem mais crítica e reflexiva.

Ao longo do tempo, a compreensão da interdependência entre esses quatro elementos (CTSA) se tornou mais evidente, levando a necessidade de considerar as implicações ambientais das práticas científicas e tecnológicas. A inclusão da dimensão ambiental nas discussões CTS ampliou a análise para abranger os impactos das tecnologias e práticas científicas na natureza e nos ecossistemas.



O Movimento CTS/CTSA busca uma educação científica voltada para a cidadania, enfatizando a importância da formação de valores, tomada de decisões e desenvolvimento da capacidade crítica dos indivíduos. A educação científica para a cidadania ganha espaço no ensino de ciências e consequentemente, ocorre o aumento do interesse e das pesquisas relacionadas a esses campos. Os debates que surgiram e que ainda surgirão, tornam evidente a importância de ambos os temas, especialmente diante dos desafios globais da crise ambiental.

O surgimento e a evolução do Movimento CTSA não estão restritos a eventos específicos, mas sim a um processo contínuo de reflexão, debate e mobilização social. Diversos teóricos, pesquisadores e ativistas têm contribuído para o desenvolvimento desse campo interdisciplinar, enriquecendo as discussões e explorando novas perspectivas sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Em última análise, a discussão sobre a inclusão ou não do "A" em CTS é um debate conceitual terminológico. Ambas as perspectivas têm méritos e refletem diferentes ênfases e enfoques na análise das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Ambas, reconhecem a interação complexa das letras representadas em suas siglas, e buscam uma compreensão aprofundada dessas relações, promovendo educação científica e crítica, reflexiva e responsável em relação aos desafios ambientais atuais. O importante é reconhecer a importância das questões ambientais e a necessidade de uma abordagem holística e integrada ao lidar com os desafios contemporâneos.

Assim como a CTS, a CTSA se opõe a um Ensino tradicional e conservador, o que permite adequar os conteúdos a uma compreensão diferenciada da ciência, uma compreensão mais realista e dinâmica, e ao mesmo tempo, menos autoritário, neutro e mais interdisciplinar. A interdisciplinaridade possibilita uma visão mais completa e integrada dos problemas, permitindo a análise de suas múltiplas facetas, promovendo o diálogo entre diferentes campos do conhecimento, estimulando a troca de ideias, perspectivas e abordagens, e facilitando a busca por soluções mais efetivas e criativas.

É preciso reconhecer a relevância dos debates em torno desses movimentos, pois eles contribuem para uma educação mais abrangente, que prepara os estudantes para participar ativamente da sociedade, tomar decisões informadas e enfrentar os desafios ambientais e sociais que enfrentamos. A interação entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente é complexa e exige uma abordagem holística e integrada, onde o diálogo, a crítica e a reflexão são fundamentais para uma compreensão mais profunda dessas interações e para a construção de um futuro sustentável.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Histórias das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A todo o apoio da rede



colaborativa que engloba o Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA), ao Grupo Interinstitucional e Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ciências (GiMEnPEC) e ao Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão de Diálogos em Rede Transdisciplinar (GEPEDiRT) que possibilitou a elaboração do presente trabalho.

### Financiamento

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Código de financiamento 001.

### Referências

- AGUIAR-SANTOS, D.; VILCHES PEÑA, A.; PEIXOTO DE BRITO, L. Importância concedida à CTSA e sustentabilidade em revistas de investigações científicas educacionais no Brasil e Espanha. *Indagatio Didáctica*, 2016, vol. 8, num. 1, p. 1809-1820, 2016.
- AIKENHEAD, G. S. What is STS Science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHED, G. (Orgs). *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, 1994. P. 47-59.
- AIKENHEAD, G. S. education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Orgs). *A vision for Science education: responding to the work of Peter Fensham*. London, UK: RoutledgeFalmer, 2003. p. 59-75.
- ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência&Educação*, v.7-1, p. 15-27, 2001.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaios – pesquisa em educação em ciências*, v. 3, n. 1, p.105-115, 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Fundamental (SEF). *Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- COSENZA, A.; MARTINS, I. Contribuições da abordagem CTS para a Educação Ambiental: os "lugares" do ambiente na produção científica sobre CTS. *Ata do*, v.6, p. 1-16, 2011.
- DAGNINO, R. P. Enfoques sobre a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade: neutralidade e determinismo. *DataGramZero – Revista de Ciência da Informação*, v.3, n.6, dezembro/2002.
- DA SILVA, F. R. As abordagens CTS/CTSA e alguns desafios atuais do ensino de ciências. 2020.



DOS SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, 2008.

DOS SANTOS, D. B.; AFFONSO, A. L. S.; KATAOKA, A. M. Contribuições da Educação Ambiental Crítica para abordagem CTSA. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 11, n. 3, p. 418-135, 2020.

FRANCO, J. L. A. A Primeira Conferência Brasileira de Proteção à Natureza e a questão da Identidade Nacional. *Varia História*, n. 26, p. 77-96, 2002.

JESUS, C. P. F. Educação CTS/CTSA baseada em Paulo Freire: produção de saberes de ciências biológicas e geociências no ensino médio no noroeste capixaba. 2019.

KAUANO, R. V.; MARANDINO, M. Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. e35064-28, 2022.

LOUREIRO, C. F. B.; DE LIMA, J. G. S. Educação Ambiental e educação científica na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): pilares para uma educação crítica/Environmental education and science education in a Science, Technological and Society (STS) approach: Basic for a critical. *Acta Scientiae*, v. 11, n. 1, p. 88-100, 2009.

LUZ, R.; QUEIROZ, M. B. A.; PRUDENCIO, C. A. V. CTS ou CTSA: O que (não) dizem as pesquisas sobre educação ambiental e meio ambiente? *Alexandria*, v. 12, p. 31-54, 2019.

MARTINS, I. P. Educação CTS/CTSA ainda é tema para discussão?. *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, v. 17, n. 50, p. 123-129, 2022.

MARTINS, J. P. Década de 1960 da Contracultura marca emergência do ecologismo. Páginas da história ambiental – VI. Agência Social de Notícias. 25/04/2015. Disponível em: <http://agenciasan.com.br/arquivos/3219>. Acesso 18/05/2023.

PINHEIRO, N. A. M. Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o Ensino-aprendizagem do conhecimento matemático. Tese de Doutorado em educação científica e tecnológica. Florianópolis, SC: UFSC, 2005.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 13, p. 71-84, 2007.

RIBEIRO, W. C. A ordem Ambiental internacional. São Paulo, Ed. Contexto, 2001.

RIBEIRO, D. JN. C.; LUCIO, E. O.; ALMEIDA, A. C. P. C. Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e a perspectiva do estudo implicado no Ensino de ciências: um olhar para a

Amazônia brasileira. *Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 17, n. 39, 2021. P. 163-179.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Belém, v. 9, n. 17, p. 49-62, dez. 2012. ISSN 2317-5125.

SILVA, A. L. Da ecologia social à educação ambiental: as contribuições do pensamento libertário de Murray Bookchin. *Dissertação de Mestrado*. Rio Grande, RS: FURG, 2007.

SILVA, R. L. Interfaces entre educação ambiental e a educação CTS e CTSA no Brasil: Possibilidades e limitações. *Dissertação de mestrado*. Ilhéus, BA: UESC, 2019.

SIQUEIRA, G. C.; RIBEIRO, S. A. F.; FREITAS, C. C. G.; SOVIERZOSKI, H. H.; LUCAS, L. B. CTS e CTSA: em busca de uma diferenciação. *Revista Tecnologia e Sociedade*. UFPR: 2021.

SCHNORR, S. M.; RODRIGUES, C. G. História e filosofia do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade na educação e no ensino de ciências: um estudo bibliográfico. *X ANPED SUL*, Florianópolis, outubro de 2014.

SOUZA, J. V. C. Congressos Mundiais de Parques Nacionais da IUCN (1962-2003). *Dissertação de mestrado*. Brasília, DF: UNB, 2013.

STAFFEN, M. R.; BODNAR, Z. A ética neoliberal e o princípio constitucional da eficiência administrativa: (im) possibilidade de flexibilização do direito fundamental ao meio ambiente. *Direito & Paz*, p. 13-32, 2013.

STRIEDER, R. B. Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas. *Tese de doutorado*. USP, São Paulo. 2012.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B. PINHEIRO, N. A. M. O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na educação: Uma revisão. *I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*. P. 98-116. 2009. ISBN: 978-85-7014-048-7.

VILCHES, A.; PÉREZ, D. G.; PRAIA, J. De CTSA a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011, p. 161-184.

SILVA, K. M. A. Abordagem CTS no Ensino médio: um estudo de caso da prática pedagógica de professores de biologia. *Tese de mestrado*. Goiânia, GO: UFG, 2010.

TOMAZELLO, M. G. C. O movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade – Ambiente na educação em ciências. *Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente*. UNIOESTE, 2009.

TRIGUEIRO, M. G. S. O conteúdo social da tecnologia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

