



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

CARLA CRISTINA ONORIO DE SOUZA

**EXPERIMENTOS DE QUÍMICA VERDE NUMA ABORDAGEM  
CTS NO ENSINO MÉDIO:  
FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO DE APRENDIZAGENS E  
PROMOÇÃO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

CARLA CRISTINA ONORIO DE SOUZA

**EXPERIMENTOS DE QUÍMICA VERDE NUMA ABORDAGEM  
CTS NO ENSINO MÉDIO:  
FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO DE APRENDIZAGENS E  
PROMOÇÃO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- Polo Regional Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Alves

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S729e Souza, Carla Cristina Onorio de.  
Experimentos de química verde numa abordagem CTS no ensino médio : ferramenta de construção de aprendizagens e promoção de desenvolvimento sustentável / Carla Cristina Onorio de Souza. - Londrina, 2020.  
88 f. : il.

Orientador: João Carlos Alves.  
Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Química - Estudo e ensino - Tese. 2. Química verde - Tese. 3. Química - Experiências - Tese. I. Alves, João Carlos. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química. III. Título.

CDU 54

CARLA CRISTINA ONORIO DE SOUZA

**EXPERIMENTOS DE QUÍMICA VERDE NUMA ABORDAGEM CTS NO  
ENSINO MÉDIO:  
FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO DE APRENDIZAGENS E  
PROMOÇÃO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional- Polo Regional Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Alves  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Marilde Beatriz Zorzi Sá  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 29 de junho de 2020.

Dedico este trabalho aos meus filhos  
José Antônio e Sara Heloisa, porque depois  
deles tudo é por eles.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu marido Júlio Cesar, por ser o melhor companheiro em todos os momentos, e por dividir comigo cada alegria e angústia desta conquista.

Aos meus pais por acreditarem em mim e por me apoiarem em todos meus projetos.

A minha querida irmã Adriana por me apoiar e ajudar em todos os momentos que precisei.

Ao meu orientador, professor Dr. João Carlos Alves, pelo tempo dispensado, pela atenção dedicada, pela sabedoria e paciência que muito contribuiu para minha evolução durante este processo.

Aos meus alunos participantes dessa pesquisa, pela disposição e comprometimento.

A todos os professores do PROFQUI por contribuírem para meu crescimento intelectual e pessoal.

As amigas do curso de mestrado Amanda, Marcela, Renata e Tamires, companheiras nas disciplinas, nos trabalhos em grupo e na troca de ideias. A vocês minha eterna amizade e gratidão.

DE SOUZA, Carla Cristina. **Experimentos de Química Verde numa abordagem CTS no ensino médio**: ferramenta de construção de aprendizagens e de promoção de desenvolvimento sustentável. 2020. 91 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo, com base numa perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), o ensino da Química utilizando experimentos baseados nos princípios da Química Verde. A proposta possibilitou mudanças de paradigmas com relação à produção na indústria química e ao incentivo e desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, principalmente sobre as ações que as indústrias e a sociedade executam em relação aos cuidados com o meio ambiente e ao futuro da humanidade. Para isso, foram elaborados um conjunto de aulas para alunos do segundo e terceiro ano do Ensino Médio, na sequência eles responderam a um questionário para avaliação dos conhecimentos prévios sobre Química Verde. Para o 2º ano do Ensino Médio, foram abordados o tema cinética química e métodos de separação. Foram realizados experimentos baseados nos princípios de Química Verde: Reação relógio de vitamina C e extração de limoneno de casca de cítricos utilizando CO<sub>2</sub> líquido como solvente verde (solvente supercrítico). Para o 3º ano, o tema abordado em Química Orgânica foi biocombustíveis. O experimento trabalhado foi o da obtenção de biodiesel a partir de óleo de cozinha usado e álcool etílico. Após realização dos experimentos, os alunos escreveram sobre a importância da Química Verde e o desenvolvimento sustentável. Por meio dos questionários aplicados foi possível verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e buscar aperfeiçoá-los. A análise dos dados teve foco qualitativo utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD), que consiste em três etapas, a unitarização das respostas obtidas, a categorização das mesmas e a produção de metatextos. Foi identificado que os alunos conheciam muito pouco sobre o assunto, inclusive sobre a importância desta abordagem. Todavia, no decorrer das aulas teóricas e práticas foi possível mudar concepções e rever paradigmas, de modo que ao final das atividades foi possível responder à pergunta inicialmente proposta de forma afirmativa: sim é possível promover o desenvolvimento sustentável com a construção da aprendizagem no ensino médio utilizando conceitos de química verde.

**Palavras-chave:** Química verde. Ensino de química. Abordagem CTS. Experimentos.

DE SOUZA, Carla Cristina. **Green Chemistry Experiments as promoting tools for Chemistry learning**. 2020, 91 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

This work aims, based on a STS (Science, Technology and Society) perspective, the teaching of Chemistry, using experiments based on the principles of Green Chemistry. The proposal enable at changing paradigms with relation to production in the chemical industry and encouraging the development of students' critical thinking about the actions that industries and society have in relation to caring for the environment and the future of humanity. To this end, a set of classes was prepared for students in the second and third year of high school, in sequence; they answered a questionnaire to assess previous knowledges about Green Chemistry. For the 2nd year of high school, chemical kinetics and separation methods were addressed. Experiments were carried out based on the principles of Green Chemistry: Clock reaction of vitamin C and extraction of limonene from citrus peel using liquid CO<sub>2</sub> as a green solvent (supercritical solvent). For the 3rd year, the topic addressed in Organic Chemistry was biofuels. The experiment worked was to obtain biodiesel from used cooking oil and ethyl alcohol. After carrying out the experiments, the students wrote about the importance of Green Chemistry and sustainable development. Through the applied questionnaires it was possible to verify the students' previous knowledge on the subject and seek to improve them. The data analysis had a qualitative focus using the Discursive Textual Analysis (ATD), which consists of three stages, the unitarization of the answers obtained, their categorization and the production of metatexts. Was identified that the students knew nothing, or very little, about the subject, ignoring the importance of this approach. However, during the theoretical and practical classes, was possible to change conceptions and review paradigms, such that at the end of the activities, was possible to answer the question initially proposed in the affirmative: yes, it is possible promote sustainable development by building high school learning using Green Chemistry concepts.

**Keywords:** Green chemistry. Chemistry teaching. Experimental chemistry. CTS. Sustainable development.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Triângulo de Johnstone.....	14
Figura 2 – Exemplo do questionário aplicado para avaliação do conhecimento prévio sobre Química Verde.....	40
Figura 3 – Alunos do 2º ano do Ensino Médio na sala de informática realizando pesquisas sobre as metodologias tradicionais utilizadas nos experimentos reação relógio e extração de limoneno de cascas de limão .....	44
Figura 4 – Aparato da extração de limoneno por arraste de vapor .....	46
Figura 5 – Aparato tradicional da extração de limoneno por solvente.....	46
Figura 6 – Béqueres contendo a solução B (incolor) e a solução C (alaranjada) .....	48
Figura 7 – Água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido (solução E).....	48
Figura 8 – Béquer contendo o produto da mistura das soluções (Solução B: 20 gotas da solução A em 30 mL de água; Solução C: 20 gotas de tintura de iodo em 30 mL de água). Observou-se mudança da cor para um azul intenso .....	49
Figura 9 – Béqueres contendo respectivamente da esquerda para direita: Solução E (água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido); Solução B (20 gotas da solução A em 60 mL de água) e Solução C (20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água) .....	50
Figura 10 – Béquer contendo o produto da mistura das soluções D e E após aguardar-se 12 min e 10 s.....	50
Figura 11 – Béqueres contendo respectivamente da esquerda para direita: Solução E (água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido); Solução B (20 gotas da solução A em 90 mL de água) e Solução C (20 gotas de tintura de iodo em 90 mL de água) .....	51
Figura 12 – Béquer contendo o produto da mistura das soluções D e E após aguardar-se 20 min e 24 s.....	52
Figura 13 – Imagem do experimento da extração de limoneno de casca de limão, utilizando CO <sub>2</sub> líquido como solvente verde.....	56

Figura 14 – Esquema industrial de obtenção de biodiesel por transesterificação .....	61
Figura 15 – Alunos do terceiro ano do ensino médio na sala de informática pesquisando sobre os métodos tradicionais de obtenção de biodiesel e de diesel derivado de petróleo .....	62
Figura 16 – Béquer contendo a mistura do etanol com óleo vegetal usado e hidróxido de potássio, sob agitação magnética.....	64
Figura 17 – Béquer contendo o produto da mistura do etanol com óleo vegetal usado e hidróxido de potássio, após 50 minutos de agitação .....	64
Figura 18 – Separação do biodiesel e glicerol utilizando funil de separação .....	65
Figura 19 – Lavagem do biodiesel com água após remoção do glicerol pelo funil de separação .....	65
Figura 20 – Béquer contendo o produto final do biodiesel obtido pelo experimento após lavagem com água.....	66

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAIS TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1	O SURGIMENTO DA QUÍMICA VERDE .....	18
2.2	RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE.....	19
2.3	O ENSINO DA QUÍMICA VERDE.....	20
2.4	OS DOZE PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA QUÍMICA VERDE.....	22
2.5	OUTROS DOZE PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE .....	23
2.6	ATIVIDADE EXPERIMENTAL E A QUÍMICA VERDE .....	24
2.7	EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE .....	27
2.8	RECICLAGEM .....	28
2.9	BIODIESEL COMO UMA ALTERNATIVA AMBIENTALMENTE CORRETA AOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS .....	29
2.10	USO DE SOLVENTES ORGÂNICOS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	30
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....	<b>31</b>
3.1	PARTICIPANTES DA PESQUISA .....	31
3.2	DESCRIÇÃO DETALHADA DAS AULAS .....	31
3.2.1	Aulas Desenvolvidas No Segundo Ano Do Ensino Médio.....	31
3.2.2	Aulas Desenvolvidas No Terceiro Ano Do Ensino Médio .....	34
3.3	METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD) .....	36
<b>4</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
5.1	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS NO SEGUNDO ANO DO ENSINO MÉDIO .....	39
5.1.1	Execução Do Experimento Do Relógio De Vitamina C .....	47
5.1.2	Execução Do Experimento Da Extração De Limoneno Utilizando CO <sub>2</sub> Líquido (Solvente Supercrítico) Como Solvente Verde .....	54

5.2	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS NO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO .....	58
5.2.1	Experimento De Obtenção De Biodiesel .....	62
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	69
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	72

## 1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do futuro do planeta tem sido tema de discussão nas mais diversas ciências. Também na Química, tanto no meio acadêmico quanto na produção industrial, abordando principalmente o contexto das desvantagens que o uso inadequado e indevido da Química vem ocasionando ao meio ambiente (SOUSA-AGUIAR *et al.*, 2014; SOUSA; SANTOS; ARAUJO, 2013).

Este movimento ou conscientização recebeu o nome de Química Verde (QV) ou Química Sustentável. Sendo que, por Química Verde entende-se: “a invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos químicos para produzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas.” (LENARDÃO *et al.*, 2003, p.124).

Assim o intuito de ampliar a discussão sobre a preservação ambiental, assim como repensar a gestão e o reuso de materiais, diminuindo a produção exagerada de resíduos e minimizando a produção de materiais, processo esse que requer uso consciente, sobretudo de produtos potencialmente nocivos ao meio (MOREIRA; AIRES; LORENZETTI, 2017).

Assim, as discussões e aplicações em torno da Química Verde são de grande benefício para a conservação do meio ambiente, como também para manter condições adequadas para a vida humana na Terra e prover o desenvolvimento sustentável das nações que prezam por tal valores. Dessa forma, o ensino da Química Verde em todos os níveis de educação se faz necessário, visando desenvolver a capacidade crítica do ser humano em relação ao seu meio. Para isso, as atividades experimentais, quando trabalhadas de forma correta e planejada, são de grande valia, visto que por meio desses pode-se demonstrar visualmente como a Química Verde se aplica, o que conduz a maior assimilação de conceitos abordados nas aulas e conseqüentemente da maior compreensão dos assuntos apresentados teoricamente. Assim, as atividades experimentais proporcionam o manuseio e a visualização dos produtos e processos químicos, enquanto a teoria busca a explicação daquilo que se é observado (HJERESSEN; BOESE; SCHUTT, 2000; JACOBI, 2003).

A dinâmica relacionada à evolução da Química Verde iniciou-se em meados de 1990, de forma mais intensa nos Estados Unidos, Itália e Inglaterra,

com a inserção de novos princípios e ideias para as várias atividades principais da Química, assim como para as diversas áreas do desenvolvimento tecnológico e econômico acerca desta. No ano de 1987 foi divulgado o Relatório Brundtland, desenvolvido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, o qual propôs a concepção de desenvolvimento sustentável, ou seja, que está de acordo com as necessidades do momento e de forma que não ocasione prejuízo as próximas gerações em relação a satisfazer suas necessidades (SOUSA-AGUIAR *et al.*, 2014).

No presente, a definição de sustentável ou verde se faz crucial a fim de se atingir objetivos ambientais, sociais e até econômicos. Assim, criaram-se projetos e centros de estudos em todo o planeta, que visam o desenvolvimento de modernas tecnologias verdes. Enfaticamente, nos últimos anos, tais pesquisas têm se disseminado, assim como disciplinas de Química Verde e Tecnologias Sustentáveis têm sido criadas em várias universidades, inclusive com cursos de graduação dedicados de forma integral a essa temática. Isso se faz primordial, visto a necessidade da inserção dessa área de estudos em todos os níveis escolares, permitindo assim o desenvolvimento de corpo docente capacitado para tal fim (SOUSA-AGUIAR *et al.*, 2014).

A preocupação com assuntos relacionados ao meio ambiente e a saúde humana tem se tornado crescente, como tentativa de minimizar os efeitos da Revolução Industrial, que trouxe vantagens a diversas nações em relação à economia, mas também desvantagens como o crescimento de problemas ambientais. A Ciência e a Tecnologia tendem a manter contínuo seu avanço, visto que é quase que natural que todos busquemos estar atualizados, com computadores e celulares modernos, com novas ferramentas, utilizando de meios de diagnóstico e tratamentos de saúde modernos e com maior eficácia, entre outros desejos que se tornaram parte da vida do ser humano atual.

Todavia estes avanços advindos do desenvolvimento tecnológico e científico estiveram atrelados ao consumo desenfreado de recursos naturais, à produção de resíduos e ao descarte irresponsável. Destaca-se o desenvolvimento da Química, uma vez que “por muitos anos, a química foi considerada vilã, pois, principalmente a indústria química não tinha como preocupação o planejamento e o cuidado com os desperdícios e resíduos,

provocando também acidentes e desastres” (MOREIRA; AIRES; LORENZETTI, 2017).

Não obstante a corrente científica majoritária apontar para ação humana como principal fator das mudanças climáticas, alguns cientistas acreditam que mudanças climáticas radicais não estejam ocorrendo. Ou ainda, que se ocorrem não são causadas pela ação humana, mas sim por fatores naturais (BRYSON; GOODMAN, 1980; FELÍCIO, 2014).

Dentre os cientistas desta última vertente, merece destaque Reid Bryson, e a teoria do “vulcão humano”, na qual o aumento de aerossóis lançados pelo homem na atmosfera iria causar um resfriamento global, e não aquecimento como normalmente se aponta (BRYSON; GOODMAN, 1980). Todavia até mesmo ele em pesquisas posteriores apontou para o fato de que o aquecimento global era incontestável.

No Brasil, destaca-se Ricardo Felício que afirma que o aumento da temperatura é natural e não derivado de fatores antrópicos. Considera a quantidade de CO<sub>2</sub> e dos gases da família do CFC e afins ínfima para causar mudanças climáticas globais, e mesmo que fosse o causador, “a parte supostamente humana é de cerca de 0,0000976%. Até os insetos emitem mais que os humanos” (FELÍCIO, 2014).

No entanto, a vertente cética encontra pouca relevância na discussão sobre climatologia, como aponta Oreskes (2004). A pesquisadora analisou 928 artigos revisados por pares entre os anos 1993 e 2003 que discutiam o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), dos quais absolutamente nenhum discordou da posição do IPCC. Desta forma, seguindo o consenso de que as ações humanas têm forte relevância nas mudanças climáticas, entendemos ser importante a abordagem de novas formas de ciência que põe em pauta a temática da sustentabilidade.

Portanto, as ações em relação às mudanças da práxis científica, tendo em vista uma prática sustentável, devem ser executadas de forma responsável, visto que ações inconscientes e sem planejamento certamente acarretarão em danos ainda maiores ao meio ambiente e a saúde humana. Assim, tais mudanças de atitude devem se basear na formação de um indivíduo enquanto cidadão, consciente que todo o processo de produção e consumo tem consequências ambientais, e assim buscar reduzi-las.

O crescimento exponencial dos problemas relacionados ao meio ambiente, que por sua vez ocasionam danos também à vida do ser humano, implicam na necessidade da promoção de debates acerca do desenvolvimento das ciências sob o ponto de vista social. Esses debates, por sua vez, levaram ao crescimento da abordagem CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade - em todo o mundo, permitindo assim a reflexão acerca do relacionamento intrínseco entre estes elementos e suas múltiplas influências. Assim, a abordagem CTS aplicada ao ensino de Química pode levar ao desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, de forma que o aluno alcance o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades que encaminhem a tomada de decisão de forma crítica em relação a ciência e à tecnologia e às relações destas com a sociedade (MOREIRA; AIRES; LORENZETTI, 2017).

Deste modo, a Química Verde integra os conhecimentos científicos às questões sociais e tecnológicas e vem se tornando prática corrente internacionalmente em ambientes acadêmicos, industriais e governamentais. Esta abordagem tem o intuito de auxiliar a transição da sociedade e da economia em direção a um futuro mais sustentável. A próxima geração de químicos, engenheiros químicos e cidadãos de forma geral devem incorporar a química verde em sua forma de executar suas ações (FERNANDES DE GOES *et al.*, 2013; SOUSA *et al.*, 2013). Assim, é imprescindível que a integração de princípios da química verde seja aprimorada através da educação na escola, universidade e de pós-graduação.

Neste novo contexto, para que a educação seja eficaz, os alunos devem estar envolvidos com a química verde em um nível mais aprofundado (WARBURTON, 2003). Uma metodologia que pode contribuir para que se alcance esse engajamento é por meio do uso de estratégias ativas de aprendizagem em diversos ambientes de ensino.

A aprendizagem ativa é uma estratégia de ensino na qual os alunos participam de forma direta, por exemplo por meio de experimentos, do processo de aprendizagem, permitindo que realizem tarefas cognitivas de ordem superior, como "analisar" e "avaliar", resultando em uma compreensão mais profunda do assunto (FREEMAN *et al.*, 2014). Há uma variedade de metodologias que podem ser implementadas para facilitar o aprendizado ativo, incluindo desenvolvimento de projetos, aprendizagem experimental, aprendizagem contextualizada além do

uso da tecnologia e do aprendizado cooperativo. Tais metodologias estão intimamente relacionadas e frequentemente são utilizadas em conjunto com a integração simultânea do aprendizado social (KARPUDEWAN; ROTH; SINNIHAH, 2016).

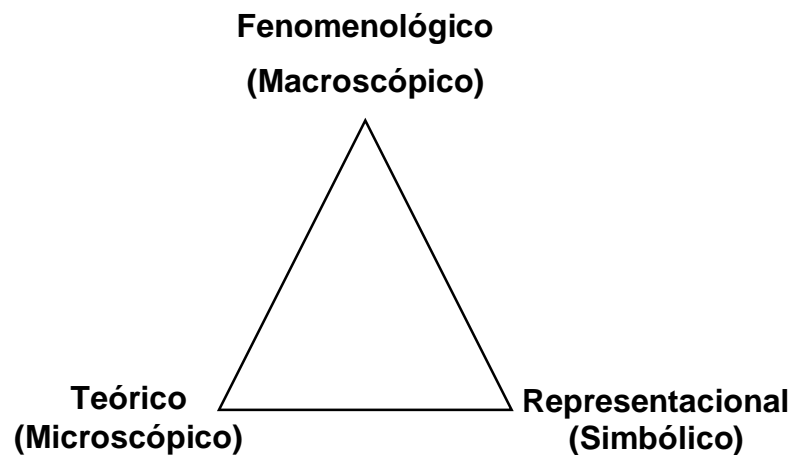
É importante também considerar a diferença da forma com que o aprendizado da disciplina de Química se faz. De acordo com Jonhstone (1993), o conhecimento em Química se realiza em três níveis de abordagens: a observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico), e a representação destes em linguagem científica (universo simbólico).

No plano fenomenológico, ou seja, naquilo que se observa em nível macroscópico, estão os conhecimentos que podem ser obtidos através da visualização concreta assim como da observação de propriedades e comportamento dos materiais. Entram nesse nível os fenômenos que podem ser representados em aulas experimentais assim como a experiência de vida, daquilo que se observa na vivência social, permitindo assim a visão de fato do conhecimento seja vivenciada pelo indivíduo. Por sua vez, o nível teórico do conhecimento químico se relaciona com o nível microscópico, como as informações de natureza atômico-molecular, que envolvem conceitos abstratos, que não são visualizáveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons. Este nível teria como função possibilitar a previsão de ocorrências que se relacionam com o nível fenomenológico.

Já o nível representacional inclui os conceitos simbólicos de Química, como fórmulas químicas, equações de reações, ou seja, são meios utilizados para representação do fenômeno na forma teórica.

Assim, a construção do conhecimento em Química ocorre por meio das articulações entre esses três níveis, de forma que, as atividades experimentais se fazem como parte obrigatória desse processo. Este processo é descrito como triângulo de Jonhstone, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Triângulo de Johnstone



Fonte: Adaptado (JONHSTONE, 2010).

Especificamente sobre as aulas experimentais, diversos autores (BIASOTO, 2007; BORGES, 2002; CARVALHO *et al.*, 1998) citam como contribuições:

- Aprendizagem de conceitos científicos, relembrando informações e verificando ocorrências científicas estudadas de forma teórica ou ainda por meio da assimilação de novos conceitos como resultado da avaliação dos problemas propostos nas aulas experimentais.
- Melhoria da capacidade de observação e registro de informações, por meio de notas escritas pelos alunos acerca das observações evidenciadas nos experimentos.
- Capacidade de análise de informações obtidas assim como da proposição de explicações dos fenômenos, visto que nas aulas experimentais os alunos são levados a observar, raciocinar, analisar e explicar suas observações
- Oportunidade para se verificar a existência e corrigir erros de conceitos, que serão apresentados nas explicações dos alunos (previamente e posteriormente ao experimento) e nos registros escritos das atividades.

Ainda, de acordo com Galiazzi e Gonçalves (2004) e Gonçalves e Marques (2006) podem-se ressaltar contribuições das atividades experimentais relacionadas à formação cidadã, como o trabalho em grupo, melhoria de

habilidades e competências como divisão de tarefas, responsabilidade individual e com o grupo, articulação de ideias e diretrizes para a resolução dos problemas, dentre outras. Também, há contribuições para o desenvolvimento da iniciativa pessoal, já que os alunos são levados a pesquisar e a levantar soluções para os problemas, ou ainda a proporem explicações para o que observam nos experimentos, com a necessidade de se tomar decisões e expressar ideias.

Por fim, as atividades experimentais levam o aluno a compreender como se relacionam ciência, tecnologia e sociedade, avaliando a tecnologia presente no seu cotidiano, observando as formas de relações sociais que acarretam no desenvolvimento da ciência e verificando as consequências ao meio ambiente que decorrem das atividades científicas e tecnológicas.

Dado o exposto até aqui, perpassando pelos problemas oriundos do desenvolvimento tecnológico e científico e pelo desenvolvimento da abordagem CTS, sobretudo no que diz respeito ao ensino de Química, esta pesquisa busca aferir a possibilidade do ensino da química verde no ensino médio.

Neste intuito, busca-se identificar como o professor pode realizar experimentos químicos na abordagem CTS, de modo a desenvolver preocupações com a sustentabilidade e o desenvolvimento da Química Verde. E então, analisar a aceitação, ou não, dos alunos em relação a esta temática e abordagem.

Assim sendo, postulam-se três questões que nortearão a elaboração deste trabalho. São elas:

- 1) Os pressupostos da química verde, podem ser trabalhados no Ensino Médio?
- 2) Como o professor pode realizar experimentos em Química numa abordagem CTS?
- 3) Qual é a aceitação desta nova abordagem?

Desta forma, destaca-se como objetivo geral desta pesquisa, desenvolver a capacidade crítica nos alunos em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, utilizando uma proposta de ensino numa abordagem CTS sobre pressupostos da Química Verde.

Para isso, subdividimos o objetivo geral em objetivos específicos. O primeiro deles é propor o uso de aulas experimentais baseadas em Química Verde, no ensino de tópicos de Química Geral, Físico-Química, Química

Orgânica e desenvolvimento sustentável. Para, em seguida, proporcionar aos discentes, aulas dinâmicas e interativas por meio da realização de experimentos científicos e uso de ferramentas de tecnologia, em relação aos conceitos de Química Verde. E assim, por fim, produzir material didático-pedagógico como produto educacional destinado aos professores de Química do ensino médio.

O cumprimento destes objetivos será relatado no decorrer desta pesquisa, em que se entende necessário explicitar a origem e a abrangência da chamada Química Verde. Isto será feito no primeiro capítulo. Além disso, é imprescindível reflexões sobre a produção de resíduos e as consequências que isso traz ao meio ambiente, bem como possibilidades de redução destes ou de diminuição de seus efeitos.

Ainda neste capítulo discute-se a implementação no Ensino de Química da temática da Química Sustentável, extrapolando assim um ensino meramente técnico e abstrato e apresentando os reflexos deste no corpo social, sobretudo na tentativa de um futuro ecologicamente viável. Neste intuito apresenta-se os princípios que norteiam a prática e a formação de cidadãos a partir da concepção da Química Verde, visando sempre uma práxis preocupada com a preservação ambiental.

Para a implementação desta abordagem entende-se que seja necessário também a transformação do modelo tradicional de ensino, no qual o aluno é mero ouvinte. Por isso opta-se pela experimentação enquanto estratégia de ensino para Química Verde, por aproximar o aluno do objeto de estudo, permitindo sua interação com o meio ambiente, de modo a conscientizá-lo, para assim evitar a destruição e buscar a preservação ambiental.

No Segundo Capítulo busca-se traçar o percurso metodológico a ser percorrido nesta pesquisa. Elege-se como público alvo alunos do 2º e 3º Ano do Ensino Médio, para os quais se apresentam um conjunto de nove e oito aulas, respectivamente.

Após as primeiras aulas aplicou-se um questionário, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a Química Verde. Finalizando o projeto, na última aula, os alunos foram convidados a escrever um texto tratando sobre a importância desta abordagem, que serviu de base para os apontamentos dos capítulos posteriores, apresentado a evolução na

compreensão das turmas a respeito do tema. A análise dos dados teve foco qualitativo utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD).

Já no capítulo referente ao produto educacional produzido, apresenta-se os módulos didáticos-experimentais, ou seja, uma complementação aos materiais já apresentados nos livros didáticos usados correntemente. Com este produto pretende-se trazer, ao contexto de ensino, conceitos e práticas próprias da Química verde, de forma que seja atrativa para os alunos.

E, por fim, no último capítulo, temos os resultados e discussões acerca do desenvolvimento do conjunto de aulas. Também trazemos as informações obtidas, tanto pelo questionário inicial, quanto pelo texto final, evidenciando a evolução crítica dos alunos, sobretudo no que diz respeito ao meio ambiente e a sustentabilidade.

## 2 REFERENCIAIS TEÓRICO

### 2.1 O SURGIMENTO DA QUÍMICA VERDE

A Química Verde tem seu desenvolvimento iniciando-se em meados de 1990, sobretudo nos Estados Unidos, Inglaterra e Itália. A concepção de Química Verde refere-se ainda a outros dois conceitos: produção limpa e inovação verde, estes que são bastante conhecidos em processos industriais de países nos quais a indústria química se apresenta amplamente desenvolvida, que por sua vez, efetuam controles rígidos da emissão resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. Tais ideais baseiam-se no fundamento de que os processos químicos que ocasionam prejuízos ao meio ambiente devem ser substituídos por outros que sejam minimamente prejudiciais ao meio (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2010).

De acordo com Namieśnik (2001), a concepção de Química Verde está profundamente ligada à disseminação das ideias de desenvolvimento sustentável e ao aumento de visibilidade ocasionado pela implementação destes ideais a projetos industriais, desenvolvimento de produtos, pesquisa e tecnologia. Já para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2010), o termo “verde” significa que algo é limpo (ou seja que não gera danos ao ambiente), e sendo a Química o personagem principal da questão ambiental, estes se relacionam para criar o conceito relacionado à sustentabilidade ambiental, social e econômica, tendo a Química Verde como união dessas ideias, vislumbrando nesse contexto o futuro que se deseja para a humanidade.

No presente momento, a concepção de verde ou sustentável é de fundamental importância para se atingir objetivos sociais, ambientais e econômicos. Nesse contexto, estão sendo desenvolvidos programas e centros de pesquisas voltados ao desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis ao redor do planeta. Da mesma forma, deverão ser inseridos nos cursos de graduação e pós-graduação as disciplinas de química e engenharia verde, visando a diminuição dos impactos prejudiciais da evolução da ciência ao meio ambiente. Essas ações se pautam em ocorrências de alterações globais, como mudança climática, produção de energia limpa, disponibilidade de recursos

híbridos, produção de alimentos e eliminação de substâncias tóxicas ao meio ambiente (GONÇALVES, 2005).

De acordo com Sousa-Aguiar *et al.* (2014) a necessidade de desenvolvimento de tecnologias verdes ocorre com o surgimento de novos desafios, os quais, por sua vez, geram oportunidades de novos achados na área da Química. Ainda, com a concepção de Química Verde, se vê uma oportunidade de reestabelecer a credibilidade da indústria química como uma alavanca no desenvolvimento da nação, e não como o causador dos problemas.

## 2.2 RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE

Quando se deseja diminuir o impacto prejudicial de um resíduo gerado por um processo químico, a principal forma de ação se baseia no tratamento deste resíduo, ou seja, a remediação, que apesar de não diminuir o montante de poluente gerado, minimiza os danos que este viria a causar ao meio, visto que age diminuindo a velocidade de contaminação pelas diversas atividades industriais existentes (LENARDÃO *et al.*, 2003).

Assim, o uso dos recursos naturais necessita se pautar no desenvolvimento da qualidade de vida e de um meio ambiente protegido para as futuras gerações. Dessa forma, se faz necessária a busca por novas opções que diminuam o montante de resíduos gerados ao invés de se buscar apenas formas de tratar o resíduo após a geração deste. Tais meios para se analisar e levar as tecnologias a diante são chamados de Química Verde, Química limpa ou Química autossustentável (QUILALA, 2013).

De acordo com Seidl *et al.*, (2011) há três subdivisões em que se podem classificar os produtos e processos da Química Verde: 1) utilização de fontes de matéria prima renováveis (como os derivados da biomassa) ou recicláveis; 2) incremento da eficácia energética, ou seja, obter maior produção dispendendo de menor quantidade de energia e 3) a remediação<sup>1</sup> de poluentes não degradáveis, tóxicos e cumulativos. Baseado nestas classes, um processo químico de produção tende a minimizar seus impactos ao meio ambiente.

---

<sup>1</sup>**Remediação:** aplicação de tecnologias direcionadas à imobilização dos poluentes ou à redução dos poluentes para níveis aceitáveis (SÁNCHEZ, 2004).

As questões relacionadas a Química Verde, mencionadas anteriormente, também podem ser associadas a abordagem CTS, uma vez que ambas podem levar as pessoas a interferirem como cidadãos na sociedade participando das tomadas de decisões que envolvem Ciência e Tecnologia. Relacionar Química Verde a abordagem CTS na sala de aula pode contribuir positivamente para que os alunos adquiram senso crítico. Assim, os conhecimentos científicos de química pura, também proporcionam a eles uma visão crítica do mundo e como esses conhecimentos adquiridos podem ser aplicados em uma situação real, como são os problemas ambientais (FIRME; AMARAL, 2011; MOREIRA, A.; AIRES; LORENZETTI, 2017).

Assim, de acordo com Moreira e colaboradores, essa junção pode contribuir para o ensino de Química de modo que:

Tendo como tema o Meio Ambiente e o conceito de Química Verde os quais, por meio dos seus princípios, visam “proteger” o ambiente e também a saúde humana, e, aliado a estes, a abordagem CTS, consideramos ser possível um ensino de química que possibilite o desenvolvimento do exercício da cidadania. Ou seja, tal abordagem pode contribuir para que o conceito Química Verde seja inserido no ensino (MOREIRA, *et al.*, 2017, p.193).

### 2.3 O ENSINO DA QUÍMICA VERDE

A atual Educação em Química é constantemente desafiada, tanto pelo objetivo político de um desenvolvimento sustentável de nossa sociedade, quanto pelo apelo por estratégias de Química Verde na pesquisa relacionada à Química aplicada e à indústria de transformação. A Educação em Química deve promover competências que capacitem os jovens a se tornarem cidadãos críticos e cientificamente alfabetizados.

Isso significa que a Educação em Química deve contribuir para tornar os alunos capazes de participar ativamente da sociedade. É necessário promover competências para permitir que os alunos entendam e participem do debate social sobre as aplicações da Química e da tecnologia. Um pré-requisito é que os alunos obtenham conhecimentos substanciais de química relacionados as questões de sustentabilidade para entender os desenvolvimentos, alternativas e dilemas subjacentes. Mas o conhecimento do assunto não será suficiente. Os

estudantes como futuros cidadãos também precisam aprender como funciona o debate social sobre questões relacionadas à Química, indústria e meio ambiente, bem como desenvolver habilidades para se envolverem com outras pessoas nos processos sociais da tomada de decisões democráticas (EILKS; RAUCH, 2012).

Mas este é apenas um lado da moeda. A sociedade só pode decidir sobre alternativas para aumentar a sustentabilidade em empreendimentos e negócios relacionados à química, se ainda houver condições para que a vida se mantenha no planeta. Os futuros químicos e engenheiros químicos precisam aprender como é possível a coexistência de uma química mais eficiente em termos de recursos tanto quanto sustentável para o futuro. Isso significa que as ideias de uma química verde devem se tornar parte de seu treinamento desde o início. Alunos do programa de química da universidade devem ser orientados a desenvolver uma profunda consciência da importância das estratégias de sustentabilidade na pesquisa e na indústria de química, e também a desenvolver conhecimentos e habilidades para operá-las (EILKS; RAUCH, 2012, p.57).

Também, a Química Verde permite ao aluno promover interligações entre a Química, demais disciplinas e contextualiza-la em sua vida. A importância desse tema, para além da aprendizagem de conceitos básicos de Química, está em capacitar tal aluno de forma que seja atuante no desenvolver da sociedade. A necessidade de se inserir a Química Verde ao currículo de formação dos docentes vai de acordo com precisão de realizar a educação baseada no desenvolvimento sustentável. A Química Verde, por meio da utilização dos seus 12 princípios e da extensão desses é tida como uma forma de se alcançar o desenvolvimento sustentável (EILKS; RAUCH, 2012; FERNANDES DE GOES *et al.*, 2013). Burmeister *et al.* (2012) propuseram modelos básicos para a implementação de aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável no ensino de química em nível médio e superior, e são descritos a seguir:

**Modelo 1.** Aplicação dos princípios de Química Verde em atividades experimentais: refere-se à realização de experimentos já tradicionalmente aplicados ao ensino, porém moldados à concepção de Química Verde. Tal modelo evidencia como a indústria química e as atividades de pesquisa podem se desenvolver baseadas no uso de recursos renováveis e com uso minimizado de energia, o que leva automaticamente a menor produção de resíduos e de impactos ao meio.

**Modelo 2.** Sustentabilidade como conteúdo curricular em Química: por esse modelo, devem ser inseridas no currículo escolar de Química e disciplinas afins conteúdos acerca dos princípios norteadores da sustentabilidade.

**Modelo 3.** Sustentabilidade contextualizada em aspectos sócio científicos: através desse modelo, busca-se a abordagem dos conteúdos de Química Verde de forma relacionada ao desenvolvimento da química com a sociedade, economia e meio ambiente considerando-se as diversas dimensões da sustentabilidade.

## 2.4 OS DOZE PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA QUÍMICA VERDE

Como reportado recentemente por Anastas e Allen (2016), as teorias e práticas que guiam a Química Verde foram inicialmente propostas há 20 anos e têm sido fortemente inseridas na literatura química. O livro guia desse assunto foi publicados a alguns anos atrás (ANASTAS, WARNER, 1998) incluindo a formulação dos 12 Princípios da Química Verde. Subsequentemente, uma extensão com mais 12 princípios foi sugerida, direcionadas a químicos, engenheiros químicos e profissionais afins (WINTERTON, 2001).

De acordo com Anastas e Warner (1998), os Doze Princípios da Química Verde são:

- 1) Prevenção: é melhor reduzir a formação de resíduos do que remediá-los após terem sido gerados visando minimizar sua toxicidade.
- 2) Economia atômica: as reações de síntese devem ser planejadas visando o máximo consumo dos reagentes utilizados no processo.
- 3) Sínteses menos perigosas: as reações de síntese devem ser planejadas para que os reagentes e produtos sejam os mais compatíveis possíveis com o ambiente e a vida.
- 4) Planejamento a nível molecular de produtos mais seguros: a produção de químicos deve ser planejada a nível molecular de forma que cumpra a função a que se destina e tenha a menor toxidez possível.
- 5) Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras: o uso de substâncias participantes nas reações químicas, mas que não estejam diretamente envolvidos na síntese deve ser minimizado, ou quando indispensáveis, estes devem ser ambientalmente não prejudiciais.

- 6) Planejamento do consumo energético: Os processos químicos devem ser realizados de forma que o uso de energia seja o menos dispendioso, como sínteses em condições normais de temperatura e pressão.
- 7) Uso de matérias primas renováveis: Sempre que possível, deve se optar por matérias primas derivadas de fontes renováveis, como a biomassa.
- 8) Redução das derivatizações: O uso de derivatizações (uso de grupos bloqueadores, de etapas de proteção/desproteção, e de modificações temporárias na molécula para permitir processos físicos/químicos) deve ser evitado sempre que possível visto que tais fases das reações necessitam de reagentes adicionais e podem produzir resíduos.
- 9) Catalisadores: Deve-se dar preferência ao uso de catalisadores (mais seletivos possíveis) e reagentes estequiométricos.
- 10) Planejamento visando a degradação: O planejamento da produção de substâncias químicas deve ser realizado de modo que ao final de sua destinação estes não se acumulem no ambiente, mas que se degradem em produtos biocompatíveis.
- 11) Análise para a prevenção da poluição em tempo real: Todo processo de produção deve ser acompanhado em tempo real de forma a se monitorar a possível formação de substâncias poluentes.
- 12) Química mais segura quanto à prevenção de acidentes: Todo o processo químico assim como os reagentes e produtos deste devem ser planejados de forma a reduzir o risco de acidentes químicos, tais como fugas, explosões e incêndios

## 2.5 OUTROS DOZE PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Os “Segundos Doze Princípios da Química Verde”, formulados por Winterton (2001) são geralmente menos divulgados que os Doze Princípios de Anastas e Warner (1998), mas merecem igual interesse devido a sua utilidade para suportar a prática da Química Verde de forma adequado na transferência da escala de bancada para a escala industrial (MACHADO, 2012; WINTERTON, 2001). De forma a se explicitar a complementação dos primeiros doze princípios, a numeração se faz de forma sequencial a estes.

- 13) Identificar e quantificar os produtos gerados em paralelo (subprodutos eventuais e resíduos) em relação a produção do produto principal.
- 14) Além do rendimento químico das reações de síntese, é necessária a determinação de métricas importantes para a Química Verde, como seletividade e produtividade.
- 15) Especificar e quantificar todas as substâncias usadas para obter o produto final, incluindo os solventes
- 16) Quantificar as perdas de catalisadores e solventes nos resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerados no processo.
- 17) Avaliar e reportar alterações nas energias liberadas em processos exotérmicos, visando identificar eventuais problemas.
- 18) Analisar fatores que interfiram nos processos de transferência de calor e de massa.
- 19) Identificar pontos de constrição no escalonamento industrial pela avaliação dessas por meio da avaliação das técnicas disponíveis e contato com engenheiros químicos.
- 20) Avaliar o processo de forma global, considerando as alternativas possíveis para as variáveis do processo (reagentes, reator, operações unitárias).
- 21) Avaliar e desenvolver os processos visando que estes se realizem de forma mais sustentável possível.
- 22) Determinar e reduzir o uso de “utilidades” proporcionando informações que permitam avaliar as necessidades em todo o processo.
- 23) Verificar a existência de incompatibilidade entre a segurança do processo e a redução de resíduos que levem a limitações para o uso da reação em escala industrial
- 24) Monitorar e reduzir os resíduos produzidos nos processos de síntese.

## 2.6 ATIVIDADE EXPERIMENTAL E A QUÍMICA VERDE

No ensino tradicional o aluno é tratado como mero ouvinte das informações que o professor expõe. Essas informações, em sua maioria, não se relacionam aos conhecimentos prévios que os estudantes construíram ao longo de sua vida. Quando não há relação entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele

está aprendendo, a aprendizagem nem sempre é satisfatória. No entanto, é indispensável as aulas práticas para a construção do conhecimento científico, visto que esta prática estimula a aprendizagem e contribui para a motivação dos alunos (ZANOVELLO *et al.*, 2014).

Partindo do pressuposto que a experimentação é fundamental no ensino de Química, o conhecimento químico vincula-se a uma preocupação crescente como a consideração dos impactos decorrentes das atividades químicas, materializada nos princípios da Química Verde (GUIMARÃES, 2009; SILVA; MACHADO, 2008). Sabe-se que produtos químicos são indispensáveis para a humanidade e estão presentes no nosso dia-a-dia. No entanto, é preciso ter consciência que uma parte deles, se manipulado de maneira inadequada, pode causar danos à saúde ou ao meio ambiente. Nesse contexto, pode-se definir a Química Verde como a ciência que estuda os produtos e processos criados, desenvolvidos e utilizados com o objetivo de se minimizar ou extinguir a utilização e produção de substâncias que prejudiquem o ser humano e o meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Quanto à aplicação da atividade experimental na sala preza-se pela segurança do aluno, instruindo-o sobre a eliminação de resíduos no laboratório dispondo solventes, secantes, derivados em recipientes devidamente rotulados. Todavia, também, discutir sobre os requisitos importantes para o transporte, a eliminação, o período de degradação, e o tratamento relacionados aos problemas de contaminação ambiental (LEITE; ALCANTARA; AFONSO, 2008).

Segundo Karpudewan *et al.* (2012), principalmente em países em desenvolvimento, onde frequentemente as pessoas são menos instruídas em relação aos impactos ambientais que as ações humanas podem causar a longo prazo. As pessoas tendem a desconsiderarem a ocorrência de problemas ambientais, tais como mudanças climáticas, poluição e outras formas de degradação do meio ambiente. Por isso é essencial que a Química Verde seja trabalhada com os professores durante seu processo de formação, para que posteriormente esses possam também levar aos seus alunos uma concepção mais egocêntrica do meio ambiente, deixando de lado a visão homocêntrica e egocêntrica de antes.

Trabalhar com experimentos relacionados a Química Verde pode ser uma importante ferramenta para conscientização em relação aos problemas

ambientais para os professores em processo de formação e posteriormente seus alunos. Porém, para que se alcance o objetivo de mudança de concepção dos estudantes em relação aos problemas ambientais e a Química Verde, o uso dos experimentos deve ser realizado de maneira planejada. Cada roteiro experimental deve começar com discussões pré-laboratório, seguidas de exercícios pré-laboratório, discussões dos materiais e equipamentos necessários para conduzir as experiências, e exercícios pós-laboratório (KARPUDEWAN *et al.*, 2012).

As discussões pré-laboratório destinam-se a preparar o terreno para a introdução dos conceitos de química e princípios ecológicos. Durante as discussões pré-laboratório, os alunos devem pesquisar sobre os riscos dos materiais, além da toxicidade dos reagentes e produtos, utilizados no experimento. Os procedimentos para descarte dos produtos químicos também são discutidos durante as discussões pré-laboratório. Os exercícios pré-laboratório devem ser concluídos antes de iniciar um experimento. Já os exercícios pós-laboratório concentram-se nos (a) resultados obtidos com a experiência, (b) interpretação dos resultados, (c) conceitos de química adquiridos com o experimento e (d) como esses conceitos estão relacionados a situações da vida, à aspectos econômicos e sociais e a acontecimentos na comunidade local e global (KARPUDEWAN *et al.*, 2012).

Além das pesquisas pré-laboratoriais que devem ser realizadas pelos alunos sobre os materiais e reagentes que serão usados no experimento. Segundo Borges (2002), para que o uso de experimentos seja efetivo na construção do conhecimento, o mesmo deve ser trabalhado a partir de uma abordagem investigativa, em que na primeira etapa, pré-laboratório, apresenta-se um problema inicial sobre o assunto estudado aos alunos. Nessa etapa é possível o levantamento das ideias prévias, de forma que reflitam e tomem consciência do que pensam sobre o problema apresentado a eles. Em uma etapa posterior o experimento é realizado, assim os alunos observam, registram, analisam os dados e chegam a conclusões a partir da discussão prévia da situação problema apresentada na etapa anterior. Na fase pós-laboratorial, faz-se a discussão dos dados, resultados e observações feitas durante o experimento, que são comparados com o que foi discutido na primeira etapa.

## 2.7 EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

É de conhecimento de toda humanidade que a qualidade de vida do meio ambiente está ameaçada. Tanto a água como o clima tendem a se transformar por conta do efeito estufa devido à redução da camada de ozônio, mesmo diante de monumental manancial de recursos para o desenvolvimento científico. A questão socioambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que a relação entre a humanidade e o meio ambiente, esta aproximação desenfreada, está causando impactos cada vez mais complexos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, nas condições de vida das populações e na capacidade de suporte planetária com vistas a garantir a qualidade de vida das futuras gerações (ZULAUF, 2000).

Os resultados de tais relações podem ser também verificados nas múltiplas crises sociais e ambientais que levam a reações sociais em escala global, o que tem despertado a formação de uma consciência e sensibilidade novas em torno das questões ambientais. A Educação Ambiental e a sustentabilidade caminham juntas rumo a formação de novos cidadãos comprometidos com o meio ambiente. Para isso, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (BRASIL, 2012) salientam o conceito de educação ambiental e a importância dessa para sociedade e para gerações futuras, conforme cita o Artigo 2:

Art.2- A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental (BRASIL, 2012).

Assim, esta consciência ambiental tem que ser ministrada dentro de casa, para que a criança aprenda de pequeno a preservar o ambiente em que vive, sabendo que não serão só elas a utilizar esses ambientes e sim diversas outras pessoas, sendo um grande desafio para cada pessoa, uma vez que formamos uma sociedade que necessita de exemplos práticos de conscientização de que sim, o meio ambiente com toda sua composição precisa de cuidados para ser usufruído pelas gerações futuras (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Além disso, algumas práticas educacionais criativas para promover o ensino de química verde, podem ser adotadas. Um exemplo disso, é o grupo GCI (*Green Chemistry Initiative*), liderado por estudantes da Universidade de Toronto, que vem organizando uma série de seminários com palestrantes externos, além de simpósios anuais e desafios de perguntas e respostas quinzenais com o tema Química verde. Para estender essas práticas para além da universidade, também foi realizada uma campanha com vídeos publicados no *YouTube*, que articula os Doze Princípios da Química Verde (obteve-se mais de 40.000 visualizações), além de postagens mensais em *blog* e apresentações em conferências (WAKED *et al.*, 2019).

Essas importantes atitudes têm trazido excelentes resultados. Além de alcançarem inúmeras pessoas através das plataformas digitais e dos eventos conscientizadores promovidos dentro da própria universidade, 10 dos 29 integrantes do grupo GCI, atualmente transmitem suas perspectivas de sustentabilidade a uma variedade de indústrias químicas, que se concentram na solução de problemas do mundo real. Dessa forma, continuam a aplicar a Química verde e/ou conceitos de sustentabilidade, em seus cargos atuais (WAKED *et al.*, 2019).

## 2.8 RECICLAGEM

Atualmente toda a sociedade, entidades governamentais, públicas e privadas têm se preocupado com a degradação do meio ambiente, uma vez que a qualidade de vida na Terra tem sido ameaçada pela intensa produção de resíduos e o impacto ambiental causados por esses. Tecnologias de reciclagem de materiais, como alumínio, papel, vidro e plásticos, vem sendo aplicadas pelas indústrias objetivando a diminuição do consumo de energia e matéria prima não renovável, o que colabora para diminuição do impacto ambiental. A sociedade também tem colaborado repensando métodos para redução de descartes, com a intenção de diminuir o problema causado pelo excesso de lixo (NANI, 2007).

Não apenas os resíduos sólidos, mas também resíduos líquidos podem apresentar problemas na destinação final, como por exemplo o óleo de cozinha usado. Diversos estabelecimentos comerciais que preparam alimentos assim como as próprias residências durante muito tempo despejaram seus rejeitos de óleo na rede de esgoto, prática essa que ainda se mantém em uso apesar de

sabido todos os danos ocasionado por tal ação. Como apresenta densidade inferior à da água, o óleo fica na superfície ocasionando uma barreira à penetração de luz solar nos corpos d'água, prejudicando também a oxigenação, o que por sua vez prejudicará todas as formas de vida presentes na água. A presença de óleos e gorduras na rede de esgoto causa o entupimento desta, além de ocasionar mau funcionamento das estações de tratamento e gerar graves problemas de higiene e mau cheiro. Ainda, caso seja necessário retirar ou degradar o óleo poluente das águas, são necessários diversos produtos químicos de alta toxicidade, o que acaba criando, uma cadeia perniciosa. Dessa forma, a possibilidade de reaproveitamento do óleo de cozinha usado na produção de produtos de valor agregado torna-se uma alternativa altamente atraente. Nesse viés, aplicações desse resíduo para produção de tintas, colas e biodiesel vem sendo estudadas (ALBERICI; PONTES, 2004).

## 2.9 BIODIESEL COMO UMA ALTERNATIVA AMBIENTALMENTE CORRETA AOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Atualmente, muitas pesquisas se concentram em combustíveis alternativos e renováveis devido à escassez da reserva de combustíveis fósseis e preocupações em relação ao impacto do uso de combustíveis fósseis em questões ambientais, como poluição do ar e aquecimento global (GOZMEN ŞANLI; ULUDAMAR; ÖZCANLI, 2019; HOSSEINZADEH-BANDBAFHA *et al.*, 2018).

Os biocombustíveis são um dos combustíveis alternativos mais notáveis, devido a suas propriedades semelhantes às dos combustíveis fósseis. O biodiesel, que é o combustível alternativo mais popular para o diesel convencional, é um combustível composto por ésteres mono-alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa derivados de óleos vegetais ou gorduras animais, oferecendo um grande número de vantagens em comparação com combustíveis fósseis. É renovável, não-tóxico e um combustível biodegradável. As outras vantagens do biodiesel incluem redução das emissões de gases, maior ponto de fulgor, menor teor de enxofre e compostos aromático. Além disso, o biodiesel oferece novas oportunidades de trabalho e mercado nas áreas agrícola e logística relacionados à produção e transporte de matérias primas renováveis. O biodiesel também reduz a dependência dos países em relação a necessidade de

combustíveis fósseis e pode ter efeito positivo na economia dos países (GOZMEN SANLI *et al.*,2019, article 116116).

## 2.10 USO DE SOLVENTES ORGÂNICOS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A geração de resíduos é intrínseca à ação do homem sobre o meio em que vive, assim, a necessidade de controle e remediação destes resíduos decorre de muito tempo. Entretanto, nos últimos anos a discussão sobre estes temas tem se ampliado e intensificado, já que o descarte de forma inadequada leva a danos ao meio ambiente e a todos os seres vivos. Faz-se de crucial relevância para a manutenção do meio ambiente e, por sua vez, do bem-estar humano, que seja controlada a produção, transporte, armazenamento e recuperação dos resíduos. Nesse contexto, se fazem necessários o controle e descarte adequado de resíduos, além da utilização de solventes poluentes de forma a diminuir os prejuízos ao meio ambiente, seja no setor industrial ou na pesquisa.

A minimização da produção de resíduos apresenta aspectos econômicos, sociais e legais, visto que existem programas governamentais que incentivam o reuso e reciclagem, que estes são os meios mais adequados para o gerenciamento deles. Os solventes, sendo compostos de extensa utilização em vários processos e apresentarem alto índice poluidor, são focos principais em relação a recuperação e a reutilização. Recuperar ou descartar os solventes são temas de fundamental importância, devido a aspectos econômicos e ambientais, onde se pode enfatizar que a não recuperação destes solventes leva ao aumento de custos em relação ao tratamento de despejos industriais ou ainda a disposição final de um material que poderia ser reaproveitado (ARAÚJO; PIMENTEL, 2015; FALQUETO; KLIGERMAN; ASSUMPÇÃO, 2010; TRIASSI *et al.*, 2015).

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Como forma de propor um produto educacional baseado nos aspectos anteriormente discutidos, esta investigação sugere a inserção de aulas experimentais em determinados tópicos da disciplina de Química. Em especial, temas sobre os quais seja possível realizar experimentos utilizando reagentes de fácil obtenção e que agredem menos o meio ambiente, procedimentos simples e produção de resíduos não tóxicos, ou seja, em um contexto próprio da Química Verde.

#### 3.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

No desenvolvimento das aulas apresentadas nesta pesquisa, além da professora, autora do presente trabalho de pesquisa, participaram 30 alunos do segundo ano e 30 alunos do terceiro ano, do Ensino Médio do Colégio Estadual Paiçandu, na cidade de Paiçandu, Paraná, durante o período de maio a junho de 2019. Os sujeitos são adolescentes entre dezesseis e dezoito anos de idade, sendo que entre os alunos do segundo ano 18 deles são meninas e 12 meninos, já entre os alunos do terceiro ano 16 deles são meninas e 14 meninos. Cada uma das aulas teve duração de 50 minutos. Os experimentos realizados referem-se aos conteúdos selecionados no plano de trabalho docente. Esta pesquisa poderia ser desenvolvida com alunos do primeiro ano do ensino médio, desde que os conteúdos estejam presentes no plano de trabalho docente.

#### 3.2 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS AULAS

##### 3.2.1 Aulas desenvolvidas no segundo ano do Ensino Médio

Aulas 1 e 2) Nas duas primeiras aulas, desenvolvidas no segundo ano do ensino médio com a utilização do quadro negro, giz e livro didático, iniciamos (em sala de aula) com a explicação teórica dos tópicos base para o experimento da reação relógio: velocidade das reações químicas, efeito da temperatura na velocidade das reações e efeito da concentração dos reagentes sobre a velocidade das reações. Nesta etapa os alunos foram divididos em grupos de cinco alunos para realizarem as atividades teóricas sobre os tópicos mencionados.

Aula 3) Na terceira aula, com o objetivo de levantar as concepções prévias dos alunos a respeito da química verde, foi entregue a eles um questionário com as seguintes questões;

- 1) O que é química verde?
- 2) Em suas aulas de química você já ouviu falar em química verde?  
( ) Sim  
( ) Não
- 3) Na sua opinião a indústria química de forma geral traz benefícios ou malefícios para o meio ambiente?
- 4) O que Você entende por resíduos?
- 5) Você acha que os resíduos produzidos nos laboratórios de química podem prejudicar o meio ambiente?  
( ) Sim  
( ) Não
- 6) O que você entende por química sustentável?
- 7) Na sua opinião qual é a importância da química verde?
- 8) Para você, a química verde deve ser inserida na matriz curricular de química?  
( ) Sim  
( ) Não

Nesta etapa houve participação de 90% dos alunos, os outros 10% entregaram o formulário em branco.

Aula 4) Na quarta aula, os alunos foram ao laboratório de informática a fim de pesquisarem acerca do experimento tradicional de reação-relógio, conhecida como Relógio Iodeto/Iodo ou Reação de Landolt (SHAKHASHIRI, 1989; SOTILES, 2014). Foram verificados os reagentes utilizados e materiais necessários, para que depois da realização do experimento com as devidas adaptações os alunos percebessem as substituições realizadas nos procedimentos e nos materiais, sobre a orientação e explicação da professora durante a pesquisa.

Aula 5) Na quinta aula os alunos foram ao laboratório de Química onde realizaram o experimento Reação Relógio de Vitamina C (WRIGHT; PHIL, 2002).

Esse experimento é uma adaptação do experimento tradicional, com o uso de reagentes encontrados no dia a dia dos alunos, ou facilmente adquiridos

em farmácias e supermercados, como tabletes de vitamina C, tintura de iodo, peróxido de hidrogênio (água oxigenada) e mistura para engomar roupas (que é baseada em amido), conforme metodologia apresentada no Anexo.

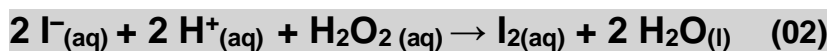
Durante a realização desse experimento foi apontado os seguintes questionamentos aos alunos;

- 1) Como a vitamina C reage com o peróxido de hidrogênio?
- 2) Por que a solução mudou de cor?
- 3) Como o iodo reage nesta reação?
- 4) Se aumentarmos a quantidade de Vitamina C, muda de cor?

Nesse experimento, segundo Wright e Phil (2002), inicialmente quando a Vitamina C, que tem como princípio ativo o ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ), é colocada em contato com a tintura de iodo, fonte de iodo ( $I_2$ ), nas devidas concentrações, ocorre a redução do iodo a íons iodetos, com formação de ácido iodídrico (equação 1):

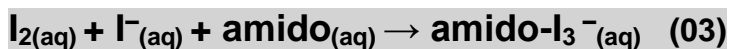


O ácido iodídrico (HI) pode ser oxidado facilmente a iodo e água por um agente oxidante como o peróxido de hidrogênio (equação 2). Assim, a reação entre o peróxido de hidrogênio e o ácido ascórbico, quando mediada por um sistema transportador de elétrons, neste caso as substâncias iodeto-iodo, pode fornecer a base para uma reação relógio. Para que isso seja possível, a reação direta entre o peróxido de hidrogênio e o ácido ascórbico deve ser relativamente lenta, o que pode ser controlado usando-se concentrações adequadas dos reagentes à temperatura ambiente.



Após a oxidação do iodeto a iodo pelo peróxido de hidrogênio (equação 2), esse último é rapidamente reduzido novamente pela vitamina C (equação 1). Assim, enquanto houver vitamina C em solução, os íons iodetos oxidados a iodo, pelo peróxido de hidrogênio, são transformados a iodetos pela vitamina C, o que impedirá o acúmulo de  $I_2$  no sistema. Quando toda a vitamina C for consumida,

a concentração de iodo aumentará, formando-se um complexo de amido, que pode ser identificado pela mudança de coloração da solução para um azul intenso característico do complexo formado, conforme indicado na equação 3:



Aula 6) Na sexta aula, foi abordado por meio de exposição teórica e resolução de exercícios os tópicos sobre extração sólido-líquido, pressão e dióxido de carbono, como base contextual para o desenvolvimento do experimento de extração do limoneno. O Experimento foi discutido em sala de aula, antes da pesquisa dos alunos.

Aula 7) Os alunos foram ao laboratório de informática, a fim de pesquisarem sobre o experimento tradicional de extração de limoneno (destilação por arraste de vapor ou por extração com solventes orgânicos), consultarem imagens representativas e materiais/reagentes utilizados.

Aula 8) Na oitava aula, os alunos foram ao laboratório de química para realização do experimento de extração de limoneno a partir da casca de limão utilizando extração com CO<sub>2</sub> líquido.

Durante a realização do experimentos foram feitos os seguintes questionamentos aos alunos:

- 1) Porque é necessário um recipiente fechado para a realização dessa extração?
- 2) Como a pressão atua nesse processo?
- 3) Como o CO<sub>2</sub> atua neste processo?
- 4) Qual a vantagem de se utilizar CO<sub>2</sub> líquido como solvente em relação aos solventes orgânicos?

Aula 9) Os alunos foram convidados a escrever um texto sobre a importância da Química Verde.

### **3.2.2 Aulas desenvolvidas no terceiro ano do Ensino Médio**

Aula 1) Na primeira aula com a turma do 3º ano do ensino médio foi retomado em sala de aula utilizando quadro, giz e livro didático, os seguintes conteúdos: tipologia de ligações entre os átomos de carbonos: simples, duplas e triplas.

Aula 2) Na segunda aula foram retomados os seguintes conteúdos sobre hidrocarbonetos: alcanos, alcenos, alcinos, cicloalcanos, cicloalcenos, além dos álcoois.

Aula 3 e 4) Na terceira e quarta aulas foram expostas as teorias e atividades sobre combustíveis fósseis (derivados do petróleo, como gasolina e diesel) e biocombustíveis e as propriedades do etanol (como exemplo de biocombustível) selecionadas abaixo: propriedades físico-químicas ponto de ebulição e solidificação, ponto de fulgor e autoignição, poder calorífico, potencial energético e ainda potencial hidrogeniônico (pH). Ao final da aula, os alunos responderam a um questionário com o objetivo de levantar as concepções prévias dos alunos a respeito da química verde.

Aula 5) Os alunos foram ao laboratório de informática sob a orientação da professora pesquisarem sobre a reação tradicional de obtenção de biodiesel (RAMOS, *et al.*, 2011, observando materiais e reagentes necessários.

Aulas 6 e 7) Os alunos foram ao laboratório de química onde realizaram o experimento de obtenção de biodiesel (RAMOS, 2009) utilizando reagentes comuns ao seu cotidiano. Durante a realização do experimento foram apontados os seguintes questionamentos aos alunos;

- 1) Porque utilizou-se óleo de cozinha?
- 2) Porque houve a substituição do metanol por etanol?

Após produzirem o biodiesel, de acordo com o experimento citado, os alunos confirmaram a sua obtenção através do teste de chama, observando a queima de dois algodões, um que havia sido colocado em contato com óleo de cozinha e outro com o biodiesel produzido por eles. Nota-se que o algodão que foi colocado em contato com o biodiesel queima mais rápido e produz menos fuligem. De forma que, os alunos possam identificar a partir deste experimento os benefícios que o uso dos biodieseis pode trazer ao meio ambiente.

Aula 8) Na oitava aula os alunos foram convidados a escrever um texto tratando sobre a importância da Química Verde.

### 3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)

A análise textual discursiva tem sido usada amplamente em pesquisas de natureza qualitativa. Esse modo de análise textual transita entre duas clássicas formas de análise na pesquisa qualitativa, a Análise de Conteúdo e a Análise de Discurso (MORAES; GALIAZZI, 2006). Segundo Moraes (2003) a ATD é composta de três elementos principais que formam um ciclo. O primeiro desses elementos é a desmontagem dos textos (unitarização). O segundo, o estabelecimento de relações (categorização) e o terceiro a captação do novo emergente.

A desmontagem dos textos começa a partir de uma leitura cuidadosa e aprofundada dos dados obtidos pelo pesquisador. Os dados são analisados em seus detalhes e então são fragmentados de modo que se atinjam unidades constituintes referentes aos fenômenos estudados. Essas unidades estarão de acordo com as capacidades e forma interpretativa dos pesquisadores, uma vez que não há uma leitura única de um mesmo texto.

A desconstrução e unitarização consiste num processo de desmontagem ou desintegração dos textos, destacando seus elementos constituintes. Implica colocar o foco nos detalhes e nas partes componentes, um processo de divisão que toda análise implica. Com essa fragmentação ou desconstrução dos textos, pretende-se conseguir perceber os sentidos dos textos em diferentes limites de seus pormenores, ainda que compreendendo que um limite final e absoluto nunca é atingido. É o próprio pesquisador que decide em que medida fragmentará seus textos, podendo daí resultar unidades de análise de maior ou menor amplitude (MORAES, 2003).

O segundo elemento da ATD, o estabelecimento de relações ou categorização é um processo em que se compara as unidades determinadas no elemento anterior. Os conjuntos de unidades que apresentam significação próximos são as categorias. Essas categorias podem ser determinadas por diferentes metodologias. Pelo método dedutivo, que implica construir categorias antes de analisar o *corpus* (conjunto de documentos obtidos com a pesquisa) do texto, sendo as categorias deduzidas a partir das teorias que norteiam a pesquisa. O outro método para categorização é o método indutivo em que as categorias são construídas a partir das informações contidas no *corpus*. É

realizada uma comparação e contrastação constante entre as unidades de análise e o pesquisador organiza os conjuntos de elementos semelhantes com base em seus conhecimentos.

O terceiro elemento que constitui a ATD é a captação do novo emergente, nessa etapa se expressa as compreensões atingidas. Se elabora um texto cuja estrutura tem por base as categorias e subcategorias resultantes da análise. Esses textos são chamados de metatextos e são constituídos de descrição e interpretação dos fenômenos investigados. Esses textos podem apresentar um caráter mais descritivo ou interpretativos, dependendo da metodologia utilizada, também pode se ter como ponto de partida diferentes objetivos de análise.

Por fim, essa abordagem de análise é resumida por Moraes (2003) como um ciclo de operações que se inicia com a unitarização dos dados obtidos com a pesquisa. Passa pela categorização dessas unidades de análises definidas. E no terceiro momento do ciclo se constrói um metatexto elaborado a partir das descrições e interpretações das categorias e emergindo assim novas compreensões.

Diante do que foi exposto em relação à ATD, os questionários aplicados e os textos escritos pelos alunos contidos nesta pesquisa, serão analisados por meio dessa abordagem. A ATD foi escolhida para análise dos dados uma vez que se apresenta como mais do que um conjunto de procedimentos definidos, sendo uma metodologia aberta, a qual permite ao pesquisador um pensamento investigativo e criativo, baseado por exemplo na sua vivência em sala de aula. Como um processo auto-organizado de compreensão de novos entendimentos, que se dá a partir das três etapas explicadas anteriormente, essa abordagem se apresenta promissora para análise dos questionários propostos no presente trabalho, com a finalidade de analisar a capacidade crítica nos alunos em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável.

#### **4 PRODUTO EDUCACIONAL**

O Produto Educacional elaborado, baseado nas atividades desenvolvidas no decorrer deste trabalho, são módulos didáticos-experimentais a serem utilizados em conjunto ou como complementação aos livros didáticos atualmente utilizados. Abordam determinados assuntos de Química nos quais se podem inserir atividades experimentais alternativas, baseadas no contexto da Química Verde, utilizados como recursos didáticos estratégicos para melhoria dos processos de ensino e aprendizagem, em tópicos como cinética química, métodos de separação e química orgânica, todos para alunos do Ensino Médio. Assim, seu público alvo são alunos e professores da Educação Básica no ensino de química. Tal produto atende à exigência do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, no âmbito da Universidade Estadual de Londrina, para a obtenção do título de Mestre em Química.

Durante o planejamento para a elaboração do produto, foi considerado o desenvolvimento de um material que fosse atrativo aos alunos (atividades experimentais), porém baseadas nos conceitos da Química Verde. Conduzindo-os assim à análise crítica das atividades relacionadas à Química, sob o ponto de vista da possibilidade de se planejar e realizar os experimentos com produtos de fácil aquisição, biodegradáveis e menos poluentes.

Deste modo, tal material foi cuidadosamente elaborado para que, por meio de atividades experimentais com materiais alternativos, os alunos conseguissem construir um novo conceito relacionado a Química, como uma ciência ambientalmente adequada, e desconstruindo a visão errônea que se tem da Química como o maior inimigo da natureza.

Uma versão dos módulos propostos está disponível no Apêndice A.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo dedica-se à interpretação e à discussão dos resultados obtidos no trabalho realizado em sala de aula.

### 5.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS NO SEGUNDO ANO DO ENSINO MÉDIO

Após a introdução dos conceitos teóricos de Cinética Química, sobre velocidade das reações químicas, efeito da temperatura na velocidade das reações e efeito da concentração dos reagentes na velocidade das reações químicas, os alunos responderam um questionário a fim de avaliar os conhecimentos prévios destes acerca de Química Verde. Um exemplo dos questionários é apresentado na Figura 2. As respostas obtidas e a frequência dessas respostas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Respostas obtidas para o questionário aplicados ao segundo ano do Ensino Médio.

Questão	Resposta	Nº absoluto	Frequência
1	Não sei	25	96%
	Química que aborda os fatores da natureza	01	04%
2	Sim	00	-
	Não	26	100%
3	Benefícios	04	15%
	Malefícios	08	31%
	Depende	07	27%
	Não sei	03	12%
	Outros	04	15%
4	Sobras/Restos	13	50%
	Lixo	02	08%
	Sobra que pode ser reutilizada	01	04%
	Sobra de reagentes	05	19%
	Coisas pequenas	01	04%
	Não sei	04	15%
5	Sim	19	73%
	Não	07	27%
6	Não prejudica o meio ambiente	03	12%
	Não sei	23	88%
7	Não sei	26	100%
8	Sim	12	46%
	Não	11	42%
	Não sei	03	12%

Figura 2- Exemplo do questionário aplicado para avaliação do conhecimento prévio sobre Química Verde.



**COLÉGIO ESTADUAL PAIÇANDU  
ENSINO FUND. MÉDIO, NORMAL E  
PROFISSIONAL**

01) O que é química verde?

não sei

02) Em sua aulas de química você já ouviu falar em química verde?

( ) Sim

( X ) Não

03) Na sua opinião a indústria química de forma geral traz benefícios ou malefícios para o nosso meio ambiente?

Sim

04) O que você entende por resíduos?

A sobra de algo

05) Você acha que os resíduos produzidos nos laboratórios de química podem prejudicar meio ambiente.

( X ) Sim

( ) Não

06) O que você entende por química sustentável?

que não prejudica o meio ambiente

07) Na sua opinião qual é a importância da química verde?

não sei

08) Para você, a química verde deve ser inserida na matriz curricular de química?

( X ) Sim

( ) Não

A análise dos dados obtidos foi realizada de acordo com o que foi apresentado no item 5.3 em relação a abordagem ATD (MORAES, 2003). Após uma leitura cuidadosa e detalhada, as respostas foram inicialmente fragmentadas em unidades menores, a fim de se obter uma compreensão mais aprofundada das mesmas. Posteriormente, foram atribuídas categorias para um conjunto de unidades semelhantes e, por fim, elaborou-se uma discussão em torno das categorias criadas.

As respostas obtidas para a questão de número 1, foram divididas em duas categorias principais. A dos alunos que responderam não saber o que é Química Verde, o que totalizou 26 alunos e a categoria formada pela resposta de apenas 01 aluno, o qual respondeu que é a “*Química que aborda os fatores da natureza*”. Este aluno, apesar de ser o único a propor um conceito para o que entende por Química Verde, apresentou um conceito que está em desacordo com o conceito científico. Com esses resultados pode-se chegar à conclusão que Química Verde é um assunto totalmente desconhecido, ou parcialmente desconhecido, para todos os alunos avaliados do 2º ano do Ensino Médio. Em um estudo desenvolvido por Antonin *et al.* (2011) sobre os conhecimentos na área, foi relatado que 80% dos alunos do curso de graduação em Química de uma universidade não sabiam o conceito de Química Verde corretamente. Isso corrobora com os resultados obtidos no presente estudo, visto que se alunos do curso de graduação em Química não sabem adequadamente tal conceito, certamente o mesmo pôde ser observado em níveis inferiores de ensino, no caso, o ensino médio.

Para a questão de número 2, os alunos foram unânimes sobre o fato de não terem ouvido falar sobre Química Verde nas aulas de Química, o que esboça a lacuna presente nos assuntos trabalhados quando se trata da Química relacionada a ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Sendo uma das causas de tal lacuna a não inserção do estudo da química verde nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica.

Tal resultado se complementa aos dados reportados por Fernandes *et al.* (2018), que indicam que apesar de todos os professores de Química entrevistados saberem o conceito de Química Verde, apenas metade afirma já ter contextualizado tal temática em suas aulas, e ainda 25% dos professores disseram não saber o que o Plano Curricular Nacional sugere em relação a

Educação Ambiental em Química. Essa porcentagem, ainda que relativamente pequena, indica preocupações sobre a formação inicial do professor de Química. Já em estudo de Marciniak *et al.* (2017), cerca de 30% dos professores de colégios estaduais do Rio de Janeiro relataram não ter conhecimento sobre Química Verde.

Dessa forma, é compreensível os resultados observados no presente estudo, assim como em artigo apresentado por Santos e Royer (2018) com alunos do terceiro ano do ensino médio, onde a maioria também relata nunca ter ouvido falar sobre tal assunto. Também em trabalho de Gomes e Messeder (2016) constatou-se que apenas 1/4 de alunos de Química relataram ter ouvido falar Química Verde no Ensino Médio. Sousa *et al.* (2013) reportam que mesmo dentre alunos do curso técnico em Química, a maioria desconhece o conceito de Química Verde.

Com relação à questão 3, as respostas obtidas podem ser categorizadas entre aqueles que compreendem a indústria química como causadora de benefícios ao meio ambiente, como causadora de malefícios, ou ainda àqueles que acreditam que a indústria causará malefícios ou benefícios dependendo do caso. Algumas respostas foram incompletas, dificultando a interpretação destas. Porém, os resultados podem ser compreendidos se considerarmos os dados reportados por Rodrigues *et al.* (2017) em pesquisa realizada com alunos de um curso técnico em Agroindústria mostram que mais de 80% dos alunos afirmam que os problemas causados ao meio ambiente não estejam no uso de produtos químicos, mas sim no uso inadequado e excessivo destes e também que não existe possibilidade de viver em determinados lugares sem alterar o meio ambiente, porém deve haver conscientização coletiva por parte das pessoas e pelas indústrias para garantir qualidade de vida. No mesmo sentido, da Silva Júnior e Figueiredo (2018) observaram numa turma de curso técnico em controle ambiental que 47% da turma considera a indústria química como benéfica e maléfica, enquanto 38% apenas como benéfica e 15% apenas como maléfica. Todos estes dados corroboram com o estudo de Lenardão *et al.* (2003) que afirma que “76% da população brasileira considera a indústria química e petroquímica responsáveis pelos maiores problemas de poluição no país, esquecendo-se todas as contribuições para melhoria da qualidade de vida humana conseguidas pela química”.

Para a questão de número 4, sobre o entendimento dos alunos sobre o termo “resíduos”, a categoria com o maior número de respostas foi aquela formada pelos que entendem os resíduos como resto ou sobra de algo ou ainda como lixo (15 alunos). Cinco alunos relacionaram o termo a sobra de reagentes ou rejeitos de experimentos e um aluno propôs o conceito de “sobra que pode ser reutilizada”. É importante que este conceito seja compreendido de forma ampla pelos alunos, visto que a Química Verde tem como um dos seus principais pressupostos minimizar a formação de resíduos, como alternativa mais sustentável ao tratamento. Já na questão 5, a maioria dos alunos entendeu que os resíduos produzidos em laboratório podem ser prejudiciais ao meio ambiente. Esta questão é crucial visto que embasam todo o conceito da Química Verde, de minimizar os possíveis efeitos danosos dos resíduos químicos.

Em se tratando da compreensão dos alunos sobre Química sustentável, na questão 6, pode-se observar duas categorias de respostas, a dos alunos que não sabiam a definição de Química sustentável, os quais eram maioria, e a dos alunos que responderam relacionando a Química sustentável a Química que não prejudica o meio ambiente, sendo apenas 03 deles. A Química Verde é também chamada de Química Sustentável, ou seja, aquela que visa criar, desenvolver e aplicar produtos e processos químicos que reduzam ou eliminem o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Assim, apenas 12% dos alunos souberam conceituar de uma forma simples, mas próxima do esperado.

Em relação à importância da Química Verde, na questão 7, nenhum dos alunos soube responder. Considerando-se as respostas obtidas na questão 1, verifica-se que a questão 7 é uma consequência do fato de os alunos nunca terem ouvido falar sobre Química Verde. Já se tratando da proposta da inserção da Química Verde na grade curricular (Questão 8), apenas 03 alunos disseram não saber a resposta, e os demais se dividiram em duas categorias, a dos que acreditam que este conteúdo deve fazer parte da disciplina de Química e os que acreditam que não deve, sendo que este último grupo é composto por praticamente metade dos alunos. Este dado reflete certamente o fato de os alunos desconhecerem o conceito de Química Verde, não tendo assim plena consciência da importância da compreensão de tal conteúdo. Esses dados obtidos podem ser comparados com o estudo feito por Araujo *et al.* (2017), o

qual reportaram que 80% dos alunos de uma escola estadual de ensino profissional em Crato-CE acreditam que a Química Verde deveria fazer parte dos conteúdos estudados em Química. Observa-se então a necessidade de trabalhar com os alunos a importância da Química Verde para que esses se sintam motivados a estudá-la e tê-la como parte do conteúdo proposto para a disciplina de Química

A próxima etapa foi, então, encaminhar os alunos para a sala de informática (Figura 3), para que pudessem tomar conhecimento sobre as metodologias tradicionais utilizadas nos experimentos da reação relógio e na extração de limoneno de cascas de limão.

Figura 3- Alunos do 2º ano do Ensino Médio na sala de informática realizando pesquisas sobre as metodologias tradicionais utilizadas nos experimentos reação relógio e extração de limoneno de cascas de limão.



Fonte: próprio autor.

O procedimento tradicional para a Reação Relógio de Iodeto/Iodo foi reportada por Shakhshiri (1989), conforme apresentado a seguir. Já a extração

do limoneno a partir de cascas de limão normalmente é realizado por meio de destilação por arraste de vapor ou por extração com solventes orgânicos (PIRES; RIBEIRO; MACHADO, 2018; RAMGOPAL *et al.*, 2016).

a) Experimento tradicional da Reação Relógio Iodeto/Iodo

- Materiais:

- Béqueres e proveta

- Solução A: Iodato de potássio ( $KIO_3$ ) 2,0 g/L.

- Solução B: Bissulfito de sódio 0,4 g/L, amido 1,0 g/L e ácido sulfúrico 0,031 mol/L.

- Metodologia:

- Solução A: Dissolva 2,0 g de iodato de potássio,  $KIO_3$ , em 1,0 L de água.

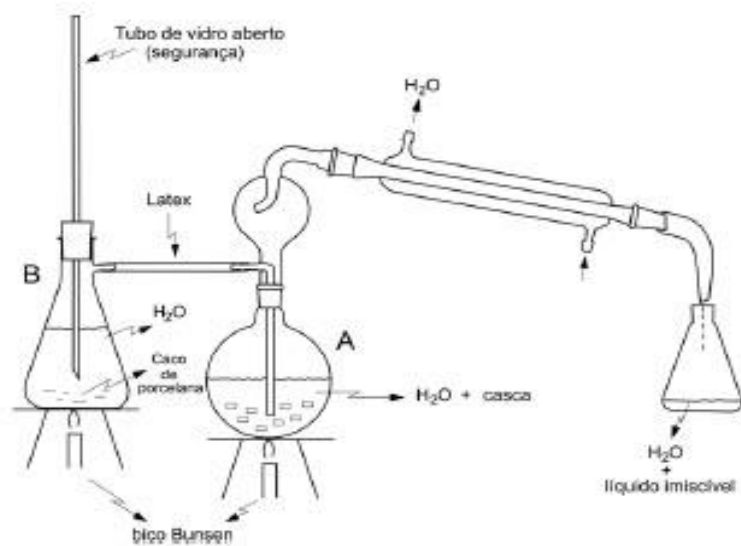
- Solução B: Ferva 500 mL de água. Em seguida, adicione 2,0 g de amido e misture bem. Quando essa solução esfriar, adicione 0,4 g de bissulfito de sódio ( $NaHSO_3$ ) e 1,7 mL de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  concentrado (18 mol/L). Por último, complete o volume de 1,0 litro com água destilada.

- Enumerar 10 béqueres. Ao béquer 1 adicione 10 mL da solução A e a seguir, ao demais, diminuindo o volume de solução A e completando o volume com água, resultando em soluções com concentrações decrescentes de iodato de potássio. Com as soluções prontas, adicione simultaneamente 10 mL da solução B nos respectivos béqueres que contém a solução A e marque o tempo para que a reação ocorra (mistura fica azul escura).

b) Métodos tradicionais de extração de limoneno

Os alunos puderam na sala de informática obter informações acerca dos experimentos tradicionais, com os aparatos e reagentes utilizados, como a destilação por arraste de vapor (Figura 4) e extração por solvente (Figura 5).

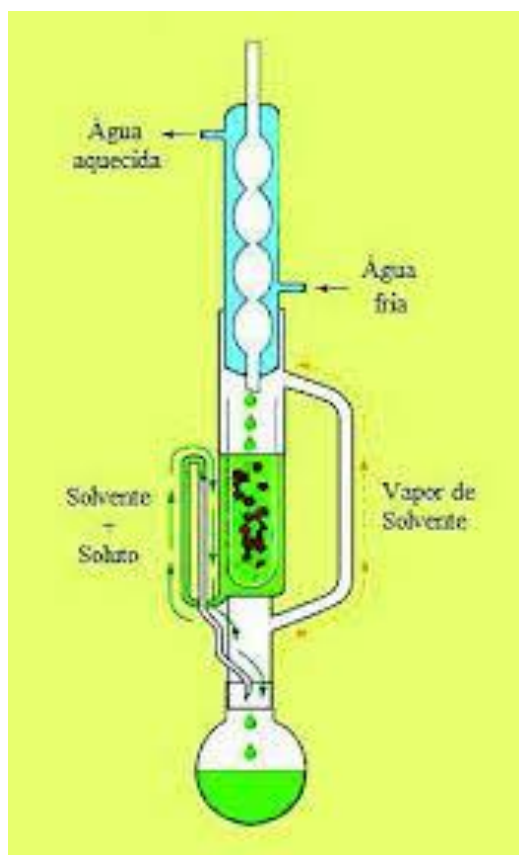
Figura 4- Aparato da extração de limoneno por arraste de vapor.



*Figura 1. Sistema para a destilação a vapor das cascas da laranja*

Fonte: (BAPTISTELLA *et al.*, 2009)

Figura 5- Aparato tradicional da extração de limoneno por solvente.



Fonte: (COELHO FILHO, 2015)

A próxima etapa foi então a execução dos experimentos propostos, ou seja, reação relógio de iodo com materiais alternativos (TEÓFILO; BRAATHEN; RUBINGER, 2002) e extração de limoneno utilizando CO<sub>2</sub> líquido como solvente verde (BATISTA, 2010), as quais foram realizadas no laboratório de Química do Colégio.

### 5.1.1 Execução do experimento do relógio de vitamina C

- Materiais:

Água destilada

1000 mg de vitamina C em tabletes

Tintura de iodo (2%)

Água oxigenada (Peróxido de hidrogénio) (3%)

Solução de amido (10,0 g em 200 mL de água)

Béqueres de 250 mL

Termômetro

Cubos de gelo

Banho de água morna

- Metodologia

1º Etapa

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 30 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 30 mL de água.

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 30 mL de água.

Verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D (

Figura 6)

Solução E: Adicionou-se 30 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa. (Figura 7)

Verteu-se a solução D na solução E, e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor (Figura 8), que foi de 6 min e 18 s.

Figura 6- Béqueres contendo a solução B (incolor) e a solução C (alaranjada).



Fonte: próprio autor.

Figura 7- Água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido (solução E).



Fonte: próprio autor.

Figura 8- Béquer contendo o produto da mistura das soluções (Solução B: 20 gotas da solução A em 30 mL de água; Solução C: 20 gotas de tintura de iodo em 30 mL de água). Observou-se mudança da cor para um azul intenso.



Fonte: próprio autor.

### **Efeito da concentração na reação relógio**

#### **2ª Etapa**

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 60 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 60 mL de água.

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água.

Verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D (Figura 9).

Solução E: Adicionou-se 60 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa (Figura 9).

Verteu-se a solução D na solução E e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor (Figura 10), que foi de 12 min e 10 s.

Figura 9- Béqueres contendo respectivamente da esquerda para direita: Solução E (água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido); Solução B (20 gotas da solução A em 60 mL de água) e Solução C (20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água).



Fonte: próprio autor.

Figura 10- Béquer contendo o produto da mistura das soluções D e E após aguardar-se 12 min e 10 s.



Fonte: próprio autor.

### 3ª Etapa

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 90 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 90 mL de água.

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 90 mL de água.

Verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D ( Figura 11).

Solução E: Adicionou-se 90 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa ( Figura 11).

Verteu-se a solução D na solução E e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor (Fonte: próprio autor.

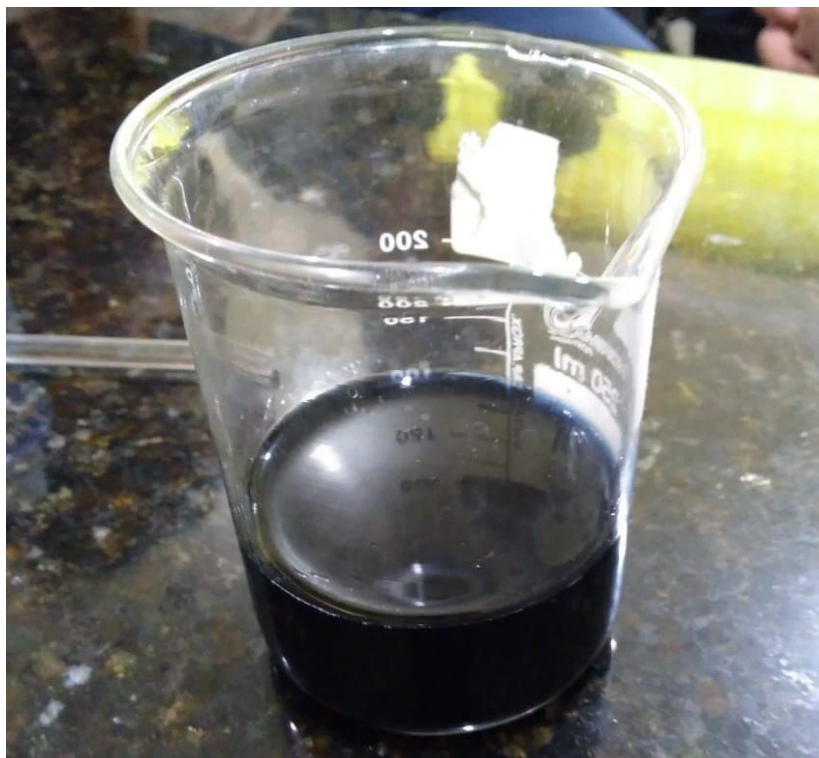
Figura 12), que foi de 20 min e 24 segundos.

Figura 11- Béqueres contendo respectivamente da esquerda para direita: Solução E (água oxigenada mais 2 colheres de solução de amido); Solução B (20 gotas da solução A em 90 mL de água) e Solução C (20 gotas de tintura de iodo em 90 mL de água).



Fonte: próprio autor.

Figura 12- Béquer contendo o produto da mistura das soluções D e E após aguardar-se 20 min e 24 s.



Fonte: próprio autor.

### **O Efeito da temperatura na reação relógio**

#### **4º Etapa**

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 60 mL de água destilada a 25°C.

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 60 mL de água a 25°C.

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a 25°C.

Em seguida verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionou-se 60 mL de água a 25°C com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocou-se a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos.

Verteu-se a solução D na solução E e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor, que foi de 8 min e 5 s.

#### 5º Etapa

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 60 mL de água destilada a 15°C

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 60 mL de água a 15°C

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a 15°C

Em seguida verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionou-se 60 mL de água a 15°C com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocou-se a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos.

Verteu-se a solução D na solução E e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor, que foi de 13 min e 10 s.

#### 6º Etapa

Solução A: Esmagou-se um tablete de vitamina C e dissolveu-se em 60 mL de água destilada a temperatura ambiente

Solução B: Misturou-se 20 gotas da solução A em 60 mL de água a temperatura ambiente

Solução C: Misturou-se 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a temperatura ambiente

Em seguida verteu-se a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionou-se 60 mL de água a temperatura ambiente com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocar a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos.

Verteu-se a solução D na solução E, e cronometrou-se o tempo em que ocorreu a mudança de cor, que foi de 18 min.

A partir dos experimentos realizados, os alunos então puderam contextualizar os tópicos estudados em sala de aula, onde houve o esclarecimento dos questionamentos apontados durante a realização dos mesmos sobre cinética química, velocidade de reação e fatores que alteram a velocidade de reação, onde observou-se que com a diminuição da concentração (com o aumento do volume de água em que se diluiu os reagentes), aumenta o tempo necessário para que ocorra a reação (ou seja, diminui a velocidade). Também a variação da temperatura foi influente na velocidade com que a reação ocorreu, podendo ser observado o tempo em que a reação ocorreu com a variação da temperatura.

Na realização do experimento, utilizou-se apenas vitamina C, tintura de iodo e amido como reagentes, substâncias todas disponíveis a venda em farmácia. Portanto, foram utilizados materiais menos tóxicos e mais biocompatíveis do que os tradicionalmente utilizados neste experimento (iodato de potássio, bissulfito de sódio e ácido sulfúrico). De acordo com os Princípios da Química Verde, como sínteses com reagentes e produtos mais biocompatíveis, uso de reagentes mais seguros e processos mais sustentáveis. Além disso, os resíduos gerados foram descartados no esgoto comum, sendo diluídos em água, visto que não se apresentam como formas tóxicas ao meio ambiente, também houve o esclarecimento dos questionamentos mencionados na realização do experimento.

### **5.1.2 Execução do experimento da extração de limoneno utilizando CO<sub>2</sub> líquido (solvente supercrítico) como solvente verde**

#### Materiais Utilizados

Fio de cobre

Papel filtro

Pinça,

Proveta de 100 mL

Tubo de ensaio

Recipiente de vidro com tampa

Casca de limão

Gelo seco moído (CO<sub>2</sub> sólido)

Procedimento:

1º Etapa

Construiu-se uma armadilha de fio de cobre enrolado em círculo e uma alça.

2º Etapa

Colocou-se um pedaço de papel filtro do tamanho da bolinha;

3º Etapa

Colocou-se a armadilha dentro do tubo de ensaio;

4º Etapa

Dentro do tubo de ensaio adicionou-se 2,5 g de casca de limão ralada;

5º Etapa

Completoou-se o volume do tubo de ensaio com gelo seco moído;

6º Etapa

Introduziu-se o tubo de ensaio dentro do recipiente de vidro com água e fechou-se firmemente o recipiente (Figura 13). Aqueceu-se o recipiente a 45°C.

Conforme aumenta a pressão no tubo, o gás move-se lentamente através da saída do tubo. Após cerca de 15 s o sólido começa a derreter e o líquido aparece no tubo, em 3 min o líquido “ferve” (formação de bolhas) e o gás evapora, permitindo que por um curto período de tempo sejam visíveis as 3 fases: sólido, líquido e gás. Durante este tempo, o líquido move-se através do sólido, extrai o óleo da casca da laranja que se acumula no fundo do tubo.

A armadilha impede com sucesso que a casca da laranja se mova na ponta do tubo durante a extração. Após a extração o solvente evapora completamente e o produto isolado permanece na ponta do tubo. Quando o líquido parar de borbulhar e o gás deixar de se libertar, remove-se o tubo com uma pinça. Repete-se o processo de extração, quantas vezes forem necessárias, recarregando o tubo com casca de laranja e gelo seco.

Figura 13- Imagem do experimento da extração de limoneno de casca de limão, utilizando CO<sub>2</sub> líquido como solvente verde.



Fonte: próprio autor.

Com a realização do experimento, foi possível aos alunos identificarem o uso de substâncias biocompatíveis e renováveis, solventes mais seguros (CO<sub>2</sub> líquido), produção de substâncias que se degradem no ambiente e o desenvolvimento de um processo mais sustentável do que no experimento tradicional, como a extração do limoneno por meio de solventes orgânicos altamente poluentes ao meio ambiente. Ocorrendo também o esclarecimento dos questionamentos mencionados na realização do experimento. Dessa forma, com a realização deste experimento foram praticados diversos dos Princípios da Química Verde preconizados, substituição de solventes orgânicos mais tóxicos por CO<sub>2</sub> líquido, sem produção de resíduos, uso de material simples e redução do uso de energia.

Após a discussão dos resultados observados nos experimentos, e baseados nos temas trabalhados na aula teórica, pediu-se que os alunos

produzissem um texto tratando da importância da Química Verde. A seguir seguem trechos extraídos dos textos produzidos pelos alunos do segundo ano do ensino médio, onde se pode avaliar a mudança conceitual dos alunos após as aulas teóricas e experimentais relatadas.

*“A poluição causada por certas indústrias químicas pode ser muito tóxica e com a ajuda da química verde, isso pode ser bem mais controlado, junto com os princípios da química verde as indústrias podem continuar com suas pesquisas e diminuir a poluição, mesmo produzindo em alta escala, não que isso vá inibir a poluição do planeta mas sim ajudará em grande parte do controle desse grande mal que está destruindo o planeta”. (Aluno 1)*

*“Química Verde representa o objetivo de diminuir os riscos de poluição ao meio ambiente. Visa o desenvolvimento e o estudo de técnicas e metodologias que eliminem ou diminuam o uso de solvente e reagentes, ou a geração de produtos e subprodutos tóxicos, que são perigosos para a saúde humana e para o ambiente”. (Aluno 2)*

*“Na minha opinião, esta ideia, ética e politicamente poderosa, que representa a suposição de que processos químicos que geram problemas ambientais possam ser substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes. Tecnologia limpa, prevenção primária, redução na fonte, são nomes para sugerir a esta ideia”. (Aluno 3)*

*“Os produtos químicos devem ser concebidos para preservar a eficácia da função, reduzindo simultaneamente a toxicidade, os produtos devem ser utilizados de modo que, no final da sua função, não persistam na poluição do meio ambiente e se decompõem em produtos de degradação. Por isso, a química verde é muito importante e eficaz no mundo”. (Aluno 4)*

De uma forma geral, pode-se perceber nos textos produzidos que os alunos compreenderam claramente o conceito e as ideias da Química Verde, conseguindo assim verificar a importância desse ramo da ciência para o controle da poluição ambiental e manutenção da qualidade de vida do planeta. Assim, é notável a função da inserção do tema nas aulas de Química, principalmente com a utilização de experimentos baseados na Química Verde, em que os alunos sendo agentes participativos se envolvem profundamente com o processo de ensino-aprendizagem, que por sua vez ocorre de maneira muito mais efetiva. Os restos de casca de cítricos foram descartadas em lixo comum orgânico, o CO<sub>2</sub>

líquido foi deixado em temperatura ambiente para evaporação e o limoneno obtido pode ser utilizado como essência em produtos de limpeza.

## 5.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS NO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO

Após a introdução de conceitos teóricos de Química Orgânica e termoquímica, como os tipos de ligações entre os átomos de carbonos (simples, duplas e triplas), alcanos, alcenos, alcinos, cicloalcanos, cicloalcenos, além dos álcoois, propriedades físico-químicas do etanol, ponto de ebulição e solidificação, ponto de fulgor e autoignição, poder calorífico e potencial energético e ainda potencial hidrogeniônico, durante as aulas com o auxílio do livro didático, os alunos responderam a um questionário a fim de se avaliar os conhecimentos prévios destes acerca de Química Verde.

O questionário aplicado foi o mesmo utilizado para o segundo ano do ensino médio, já apresentado na Figura 2. As respostas obtidas e a frequência das respostas são apresentadas na Tabela 2. Os dados obtidos foram analisados, também como já descrito para os questionários do segundo ano, através da abordagem ATD.

Na questão de número 1, as respostas obtidas podem se dividir em 3 categorias principais, a categoria formada pela maioria das respostas, em que os alunos disseram não saber o que é a Química Verde. A categoria formada pelas respostas: “Química Verde é Química Sustentável”, reiterada por 02 alunos. E, a categoria formada pelas respostas do restante dos alunos, os quais relacionaram o termo Química Verde erroneamente à Química Orgânica ou à Química de plantas, natureza, etc. Na questão 2, quatro dos alunos relataram já ter ouvido falar de Química Verde nas aulas de Química. Nesse quesito, surge a dúvida se realmente os alunos já tiveram o tema abordado em aula ou se erroneamente acreditam já ter ouvido falar dessa temática na aula quando se trabalha assuntos como Química Orgânica ou produtos naturais, por exemplo.

Tabela 2- Respostas obtidas para o questionário aplicados ao terceiro ano do Ensino Médio.

Questão	Resposta	Nº absoluto	Frequência
1	Não sei	16	53%
	Química que aborda os fatores da natureza	08	27%
	Química relacionada ao meio ambiente	03	10%
	Química sustentável	02	07%
	Química Orgânica	01	03%
2	Sim	04	13%
	Não	26	87%
3	Benefícios	03	10%
	Malefícios	04	13%
	Depende	15	50%
	Não sei	03	10%
	Outros	05	17%
4	Sobras/Restos	21	70%
	Sobra que pode ser reutilizada	01	03%
	Sobra de reagentes	02	07%
	Algo protegido	01	03%
	Não sei	05	17%
5	Sim	26	73%
	Não	04	27%
6	Não prejudica o meio ambiente	05	17%
	Beneficia o meio	03	10%
	Sustenta a natureza	02	07%
	Usa matéria prima da natureza mas repõe plantando árvores	01	03%
	Trata de alimentos	01	03%
	Não sei	18	60%
	7	Não sei	24
Cuidar do meio ambiente		04	14%
Diminuir os poluentes das indústrias químicas		01	03%
Entender a natureza		01	0%
8	Sim	22	73%
	Não	05	17%
	Não sei	03	10%

Para a questão 3, em que os alunos foram questionados sobre se a indústria química traz benefícios ou malefícios para o meio ambiente, 15 dos alunos responderam que acreditam que a indústria química pode trazer tanto benefícios como malefícios, dependendo da forma com que a indústria atua.

Para essa questão, exemplifica-se a ideia de um aluno sobre esse questionamento:

*“A indústria química possui benefícios como a fabricação de medicamentos, por exemplo, porém também poluem o meio ambiente com o uso de substâncias tóxicas, como as utilizadas em usinas nucleares”. (Aluno 5)*

Pode-se notar portanto que, quando comparado aos alunos do segundo ano, uma quantidade bem maior de alunos conseguiram ter uma visão crítica de que a indústria química traz sim benefícios mas que para minimizar os impactos ambientais causados por ela é necessário que se tenha práticas conscientes. Dos alunos restantes, 04 deles acreditam que a indústria traz apenas malefícios e 03 acreditam que a atuação da indústria traz apenas benefícios. O restante não soube responder.

Na questão 4, vinte e um alunos relacionaram resíduos simplesmente ao lixo ou ao resto de alguma coisa. O que mostra que o conceito de resíduo ainda é algo confuso para eles. Por sua vez, na questão 5, vinte e seis alunos acreditam que os resíduos gerados em laboratório podem ser prejudiciais ao meio ambiente.

Na questão 6, apesar de a maioria dos alunos ainda responderem que não sabem o que é Química Verde, alguns alunos sugeriram que a Química Sustentável relaciona-se à Química que *“não prejudica o ambiente”*, ou *“beneficia o ambiente”* ou ainda *“sustenta a natureza”*. Um aluno propôs que a Química sustentável *“usa matéria prima da natureza mas repõe plantando arvores”*, onde relaciona corretamente as ideias da Química Verde como a utilização de matérias primas provenientes de recursos renováveis e a busca por diminuir os impactos ambientais causados pela produção. Outro aluno ainda, reporta que *“É a Química que tem o objetivo de preservar o ambiente sem deixar de produzir”*.

Na questão 7, vinte e quatro alunos responderam que não sabem sobre a importância da Química Verde. Isso mostra como essa abordagem de grande importância para o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, que leva a tomada de decisão de forma crítica em relação a ciência e à tecnologia e às relações destas com a sociedade, ainda está tão distante da maioria dos alunos, mesmo os do terceiro ano, que muitas vezes saem do ensino médio sem ter visto sobre o conceito de Química Verde e sua importância. Alguns alunos

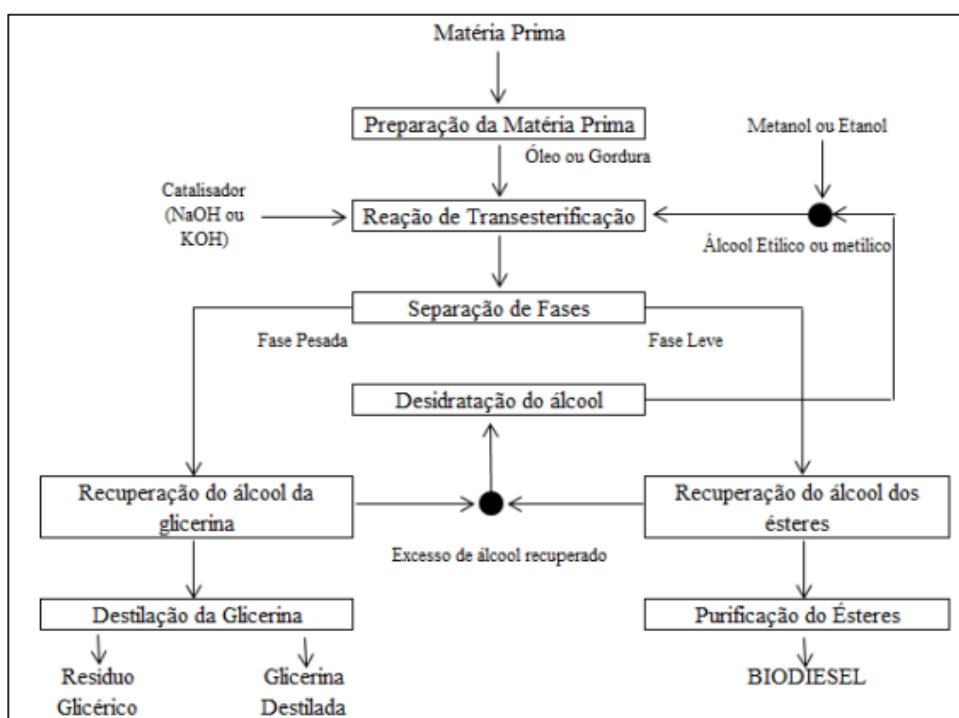
relacionaram a importância da Química Verde como cuidar ou entender do meio ambiente e apenas um aluno propôs que “a importância é diminuir os poluentes das indústrias” se aproximando da real importância da Química verde.

Nessa turma, 22 dos alunos acreditam que a Química Verde deve fazer parte da grade curricular escolar, o que mostra que os alunos apesar de desconhecerem o conceito de Química Verde e sua importância, acreditam que é algo que deve sim fazer parte da grade curricular da disciplina de Química, uma vez que nunca ouviram falar da mesma.

A próxima etapa do percurso foi a pesquisa no laboratório de informática (Figura 15), a fim de familiarizar os estudantes sobre os métodos tradicionais de obtenção de biodiesel (

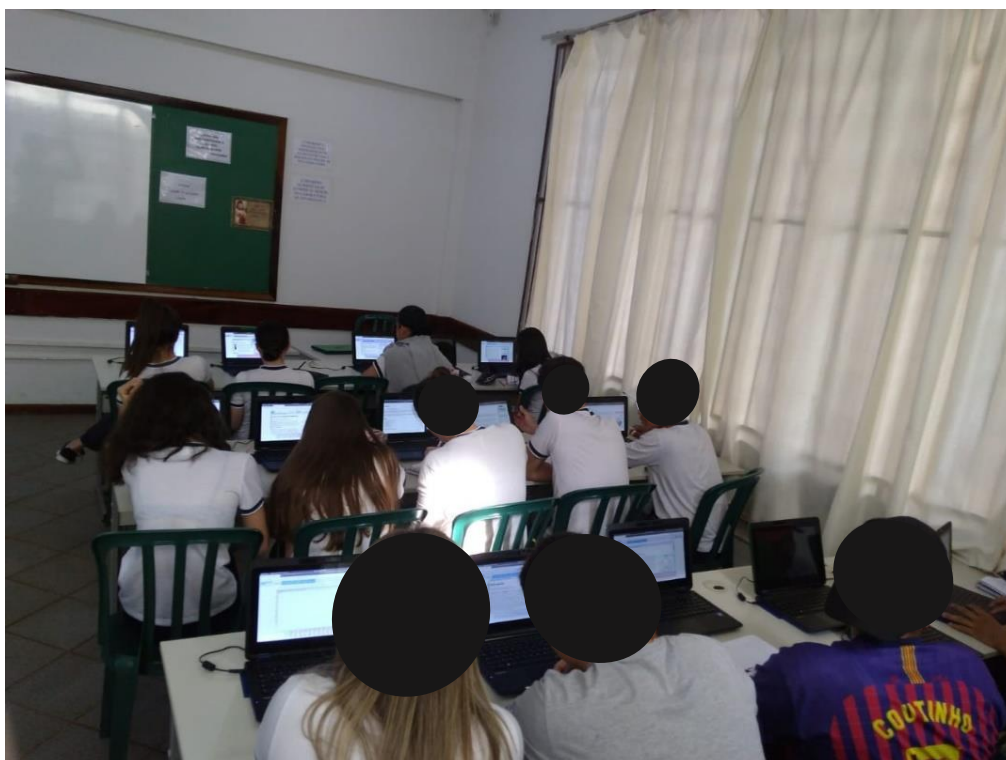
Figura 14) e do diesel derivado de petróleo.

Figura 14- Esquema industrial de obtenção de biodiesel por transesterificação.



Fonte: (RÚPOLO; LEVENDOSK, 2015)

Figura 15- Alunos do terceiro ano do ensino médio na sala de informática pesquisando sobre os métodos tradicionais de obtenção de biodiesel e de diesel derivado de petróleo.



Fonte: próprio autor.

Como etapa seguinte, os alunos foram ao laboratório de Química realizar o experimento da obtenção de biodiesel a partir de óleo de cozinha usado.

### 5.2.1 Experimento de obtenção de biodiesel

Materiais Utilizados

- Béquer
- Funil de decantação
- proveta
- Balança

- óleo de cozinha usado
- hidróxido de sódio (ou soda cáustica)
- etanol

Procedimentos:

1º Etapa

Mediu-se 100 mL de óleo vegetal.

2º Etapa

Cuidadosamente adiciona-se 15 mL de etanol.

3º Etapa

Lentamente adiciona-se 1,0 mL de KOH 9,0 mol/L.

4º Etapa

Agitou-se a mistura durante 10 minutos (Figura 16).

5º Etapa

-Deixou-se a mistura descansar para separação (

Fonte: próprio autor.

Figura 17) e levou-se ao funil de decantação em repouso para separação (Figura 18).

6º Etapa

Cuidadosamente removeu-se a camada inferior (glicerol)

7º Etapa

Lavou-se o produto usando 10 mL de água destilada

Fonte: próprio autor.

Figura 19)

8º Etapa

9º Etapa

Deixou-se a mistura assentar e separar-se.

10º Etapa

Cuidadosamente removeu-se a camada inferior (água de lavagem) obtendo-se assim o biodiesel (Figura 20).

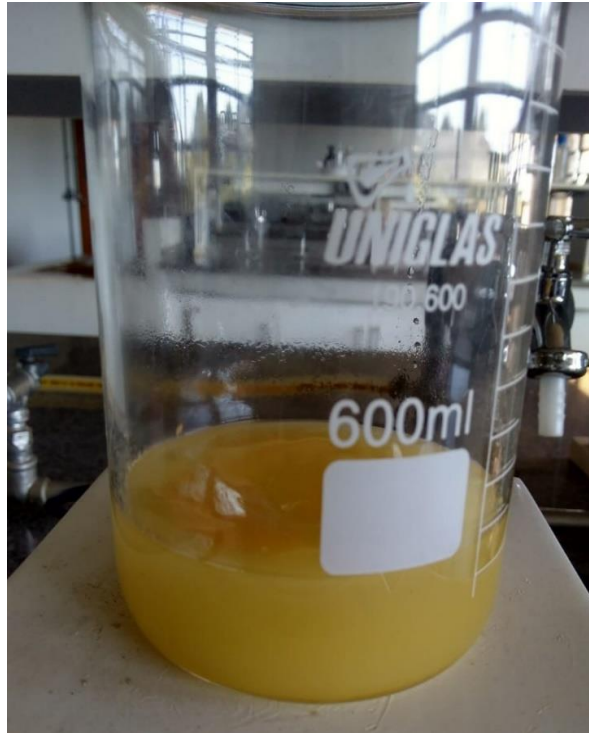
11º Etapa

Para a confirmação da obtenção do biodiesel realizou-se o teste de chama. Um algodão foi colocado em contato com o óleo usado e outro com o biodiesel produzido. Observou-se a queima.

## 12º Etapa

Mediu-se a quantidade de biodiesel que se obteve e compareu-se com a quantidade de óleo vegetal usada no início.

Figura 16- Béquer contendo a mistura do etanol com óleo vegetal usado e hidróxido de potássio, sob agitação magnética.



Fonte: próprio autor.

Figura 17- Béquer contendo o produto da mistura do etanol com óleo vegetal usado e hidróxido de potássio, após 50 minutos de agitação



Fonte: próprio autor.

Figura 18- Separação do biodiesel e glicerol utilizando funil de separação.



Fonte: próprio autor.

Figura 19- Lavagem do biodiesel com água após remoção do glicerol pelo funil de separação.



Fonte: próprio autor.

Figura 20- Béquer contendo o produto final do biodiesel obtido pelo experimento após lavagem com água.



Fonte: próprio autor.

O experimento descrito assemelha-se bastante ao processo industrial em termos de reagentes utilizados, porém, utilizou vidrarias e processos simples. O reaproveitamento do óleo de cozinha queimado se apresenta como uma aplicação de um dos princípios da Química Verde, com a transformação de um reagente que se constitui num problema ambiental para um produto que é biocompatível, gera energia e cujos derivados de sua queima não agridem o ambiente. O glicerol gerado no processo de obtenção foi destinado à fabricação de sabão.

Após o experimento, os alunos foram convidados a escrever um texto sobre a importância da Química Verde. Trechos retirados dos textos são mostrados a seguir:

*"É sempre algo positivo ver que as grandes indústrias estão pensando em coisas sustentáveis e biodegradáveis, assim diminuindo a quantidade de resíduos químicos e potencializando o uso de recursos renováveis, fazem que o meio ambiente não se prejudique tanto com a exploração que o ser humano muitas vezes faz para benefícios de nossa sociedade, sem pensar nas consequências a longo prazo, prejudicando o nosso vasto recurso natural".*  
(Aluno 6)

*"A matéria prima deve ser renovável e economicamente viável, as formas e substâncias devem ser escolhidos de modo a reduzir os acidentes químicos e o impacto da empresa na sociedade".* (Aluno 7)

*" Para mim a química verde deveria sim entrar na grade de conteúdos escolares. Ao meu ver esta matéria poderia acrescentar em muito nas aulas de Química, porque para mim geralmente em Química apenas pegamos reagentes e misturamos e nos importamos mais com os produtos do que com os reagentes, e com o estudo desta matéria olharíamos diferente para os reagentes. Sem falar que com a ideia de desenvolvimento sustentável esta matéria viria a calhar".*  
(Aluno 8)

*" Na minha opinião a Química Verde sim, deveria ser incluída na grade escolar, por fomentar o debate sobre a importância de trabalhar questões*

*ambientais em aulas de química, possibilitar aos professores de química da rede estadual de ensino do Paraná momentos de informação, reflexão, troca de ideias e de experiências..." (Aluno 9)*

Pode-se observar, por meio dos trechos descritos, que os alunos conseguiram compreender os conceitos sobre a Química Verde, assim como perceber a importância desse assunto, tanto para a própria disciplina de Química, quanto para conscientização em geral, inclusive capacitando os professores sobre uma nova visão de ensino, por meio da reflexão, discussão e experimentação.

Assim, tanto pelos resultados obtidos no 2º quanto no 3º ano do Ensino Médio, as evidências apontam no sentido de que o uso de ferramentas didáticas diversificadas, como a pesquisa no laboratório de informática, a experimentação e a expressão de ideias sobre a Química Verde oportunizaram novas possibilidades para os processos de ensino e aprendizagem de uma forma efetiva, agradável e incentivadora, permitindo aos alunos momentos de reflexão e análise crítica acerca da atual situação do planeta e sobre as medidas que podem ser levadas a cabo para diminuição da degradação do meio ambiente pela indústria de transformação.

## 6 CONCLUSÕES

A educação atual exige que os alunos aprendam, não apenas os conteúdos curriculares, mas que o façam de forma integrada com sua capacidade de raciocínio crítico baseado principalmente numa abordagem CTS. Assim, é fundamental que compreendam o conceito de sustentabilidade e o significado da Química Verde para a meio ambiente e para a humanidade, a fim de atenderem às novas necessidades da sociedade, da ciência e da tecnologia no século XXI.

As mudanças devem acontecer nas mais diversas áreas da Educação, desde a formação dos professores até o contexto escolar. Identificamos que o Ensino da Química verde nas graduações é de grande relevância para que os futuros professores estejam preparados para abordarem esta temática. Assim o desenvolvimento de planejamentos que incluam o ensino dos princípios da Química Sustentável se tornará cada vez mais viável.

Cabe, ainda, a cada escola adaptar esse trabalho conforme a realidade em que se encontra, considerando que por meio de materiais simples e do cotidiano, é possível se trabalhar a abordagem CTS, como demonstrado nos experimentos trabalhados. Destaca-se a importância da interdisciplinaridade, enfatizando que a poluição e a degradação do meio ambiente não é um problema somente para a disciplina de Química, mas sim, para a formação do cidadão consciente da sua responsabilidade para com o futuro da humanidade.

Na realização dos experimentos, houve a substituição dos reagente, na reação relógio utilizou-se apenas vitamina C, tintura de iodo e amido como reagentes, substâncias estas todas disponíveis a venda em farmácia, foram utilizados materiais menos tóxicos e mais biocompatíveis do que os tradicionalmente utilizados neste experimento (iodato de potássio, bissulfito de sódio e ácido sulfúrico). Seguindo, o que é salientado nos Princípios da Química Verde.

Na extração do limoneno foi possível aos alunos identificarem o uso de substâncias biocompatíveis e renováveis, solventes mais seguros ( $\text{CO}_2$  líquido), produção de substâncias que se degradem no ambiente e o desenvolvimento de um processo mais sustentável do que no experimento tradicional, com a extração

do limoneno por meio de solventes orgânicos altamente poluentes ao meio ambiente.

Na produção do biodiesel o reaproveitamento do óleo de cozinha usado se apresenta como uma aplicação de um dos princípios da Química Verde, com a transformação de um reagente que se constitui num problema ambiental para um produto que é biocompatível, gera energia e cujos derivados de sua queima agredem o ambiente. O glicerol gerado no processo de obtenção foi destinado à fabricação de sabão.

Nesse contexto, as atividades realizadas neste trabalho oportunizaram a avaliação das concepções prévias de uma amostra de alunos do Ensino Médio em relação à Química Verde, assim como a verificação do desenvolvimento da compreensão desse conceito por intermédio das intervenções didáticas realizadas, das aulas experimentais e das discussões acerca das metodologias tradicionais e aplicadas.

Abordando uma análise ATD resumida por Moraes (2003) como um ciclo de operações que se inicia com a unitarização dos dados obtidos com a pesquisa. Passa pela categorização dessas unidades de análises definidas. E no terceiro momento do ciclo se constrói um metatexto elaborado a partir das descrições e interpretações das categorias e emergindo assim novas compreensões.

Identificamos que os alunos nada, ou muito pouco, conheciam sobre o assunto, desconhecendo a importância desta abordagem. Todavia no decorrer das aulas foi possível mudar concepções e rever paradigmas, de modo que ao final das atividades é possível responder à pergunta inicialmente proposta de forma afirmativa: sim é possível que alunos de ensino médio conheçam a Química Verde, desenvolvam o senso crítico sobre a preocupação com o meio ambiente e sobre uma prática sustentável. Isto evidencia-se nos textos produzidos pelos alunos ao final das aulas em que, em sua maioria, houve mudanças em relação ao que entendiam por Química Verde, expondo uma evolução na compreensão inicial.

Os experimentos foram fundamentais para a explanação e o entendimento da abordagem sustentável da Química, uma vez que rompe com o modelo tradicional de ensino. Os experimentos, sobretudo os de maior apelo

visual, prendem a atenção e despertam interesse, o que ajuda no entendimento da necessidade da mudança na interação com o meio ambiente.

Desta forma, ao nosso entender a abordagem foi bem aceita pelos alunos do Ensino Médio, de modo que entendemos ser viável sua inserção no planejamento da disciplina. Com certeza, retomaremos em anos posteriores este modo de abordagem, uma vez que houve desenvolvimento da capacidade crítica em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável utilizando a proposta de ensino com abordagem CTS sobre pressupostos da Química Verde.

Além da consciência crítica e da preocupação com o meio ambiente, nota-se que não se faz necessário a adaptação de um tema transversal de Química, mas que é possível expor os conceitos e as matérias necessárias por meio desta abordagem. O que se torna ainda mais efetivo dado que os experimentos e o uso da tecnologia tornam as aulas ainda mais dinâmicas.

Por fim, o material didático-pedagógico produzido como produto educacional destinado aos professores de Química do ensino médio, pode ser adaptado a outras escolas e contextos, utilizando-se de experimentos mais simples ou mais complexos, por exemplo. Além disto pode ser desenvolvido, de modo a tratar de outros conceitos e tópicos da disciplina de Química, ou ainda de outras disciplinas, como um Ensino Verde.

Tais mudanças de ação e conceitos não acontecem de uma hora para a outra, sendo papel do professor-mediador buscar formas atrativas para possibilitar esses conhecimentos, conscientizando o aluno de que a aplicação da Química Verde é de fundamental importância na vida dele.

Assim, a Química pode contribuir, e muito, para a promoção da educação ambiental, no sentido de fazer com que as pessoas compreendam os problemas ambientais e reflitam sobre como suas contribuições individuais são importantes. O ensino de Química Verde contextualizado no dia a dia dos alunos possibilita o desenvolvimento de uma percepção científica, cultural, tecnológica, social, política e econômica dos problemas ambientais que atingem a sociedade e de como todos são agentes ativos, tanto de forma benéfica, em prol aos cuidados do meio, quanto de forma degradante, prejudicando o planeta em que vivemos.

## Referências

- ALBERICI, R. M.; PONTES, F. D. Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão. **Engenharia ambiental**, v. 1, n. 1, p. 73-76, 2004.
- ANASTAS, P. T.; ALLEN, D. T. Twenty-Five Years of Green Chemistry and Green Engineering: The End of the Beginning. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, n. 11, p. 5820-5820, 2016.
- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green chemistry: Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1998.
- ANTONIN, V. S.; MORASHASHI, A. C.; MALPASS, G. R. P. Compreensão de Alunos de Graduação Sobre Conceitos de Química Verde. In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011. São Paulo. **Anais International Workshop Advances in Cleaner Production**.
- ARAUJO, F. J. D. O. *et al.* Química Verde: Concepções dos alunos de uma escola estadual de ensino profissional do Crato-CE. In: Congresso Nacional de Educação, 2017. Campina Grande. **Anais IV CONEDU**.
- ARAÚJO, K. K.; PIMENTEL, A. K. A problemática do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 626-668, 2015.
- BAPTISTELLA, L. H. B. *et al.* Preparação do (+)- $\pm$ -terpineol a partir do (+)-limoneno: monoterpenos de odor agradável em um projeto para química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 32, p. 1069-1071, 2009.
- BATISTA, M. D. F. P. **Química Verde: Atividades Laboratoriais no Ensino da Química**. 2010. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química e Física, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- BIASOTO, J. D. C., A. M. P. . Análise de uma atividade experimental que desenvolva a argumentação dos alunos. In: Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências, 2007. Florianópolis. **Anais Encontro Nacional de pesquisa em educação em ciências**.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 23, 2002.
- BRASIL. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012- Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Brasília 2012.
- BRYSON, R. A.; GOODMAN, B. M. Volcanic Activity and Climatic Changes. **Science**, v. 207, n. 4435, p. 1041, 1980.

BURMEISTER, M.; RAUCH, F.; EILKS, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 59-68, 2012.

CARVALHO, A. D. *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, C. **Química verde no Brasil: 2010-2030** MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brasília 2010.

COELHO FILHO, A. C. D. A. **Extração sólido-líquido a quente de lipídios de alimentos industrializados**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Engenheiro Químico). Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas.

DA SILVA JÚNIOR, C. A.; FIGUEIRÊDO, A. M. T. A. D. Química Verde- “Fator E”: Atividade lúdica aplicada em uma turma inclusiva. **Educação Ambiental em Ação**, v. 63, p. 3089, 2018.

EILKS, I.; RAUCH, F. Sustainable development and green chemistry in chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 57-58, 2012.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D. C.; ASSUMPÇÃO, R. F. Como realizar o correto descarte de resíduos de medicamentos? **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 3283-3293, 2010.

FELÍCIO, R. A. Mudanças Climáticas” e “Aquecimento Global” – Nova Formatação e Paradigma para o Pensamento Contemporâneo? **Ciência e Natura; Santa Maria**, v. 36, p. 257-266, 2014.

FERNANDES DE GOES, L. *et al.* Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. **Educación Química**, v. 24, p. 113-123, 2013.

FERNANDES, F. L. A. *et al.* Abordagem da “Química Verde” por professores no contexto da disciplina de Química do ensino médio. **Eclética Química Journal**, v. 41, n. 1, p. 8, 2018.

FIRME, R. D. N.; AMARAL, E. M. R. D. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, p. 383-399, 2011.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410, 2014.

GALIAZZI, M. D. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, v. 27, p. 326-331, 2004.

GOMES, L. C. A.; MESSEDER, J. Concepções sobre Química Verde e Sustentabilidade: um estudo com professores em busca de capacitação. In: 14º Simpósio Brasileiro de Educação Química, 2016. Manaus. **Anais SIMPEQUI**.

GONÇALVES, D. B. Desenvolvimento Sustentável: o desafio da presente geração. **Revista espaço acadêmico**, p. 51, 2005.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.

GOZMEN ŞANLI, B.; ULUDAMAR, E.; ÖZCANLI, M. Evaluation of energetic-exergetic and sustainability parameters of biodiesel fuels produced from palm oil and opium poppy oil as alternative fuels in diesel engines. **Fuel**, v. 258, 2019, article 116116.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HJERESEN, D. L.; BOESE, J. M.; SCHUTT, D. L. Green Chemistry and Education. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 12, p. 1543, 2000.

HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H. *et al.* A comprehensive review on the environmental impacts of diesel/biodiesel additives. **Energy Conversion and Management**, v. 174, p. 579-614, 2018.

JACOBI, P. R. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de pesquisa**, n. 118, p. 189-205, 2003.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701, 1993.

KARPUDEWAN, M.; ISMAIL, Z.; ROTH, W.-M. The efficacy of a green chemistry laboratory-based pedagogy: Changes in environmental values of malaysia pre-service teachers. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 10, n. 3, p. 497-529, 2012.

KARPUDEWAN, M.; ROTH, W. M.; SINNIH, D. The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid-base concepts and argumentation skills. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 4, p. 893-901, 2016.

LEITE, Z. T. C.; ALCANTARA, S. D.; AFONSO, J. C. A gestão de resíduos de laboratório na visão de alunos de um curso de graduação de química e áreas afins. **Química Nova**, v. 31, p. 1892-1897, 2008.

LENARDÃO, E. J. *et al.* "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, p. 123-129, 2003.

MACHADO, A. A. S. C. Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde. **Química Nova**, v. 35, p. 1250-1259, 2012.

MARCINIAK, A. M. *et al.* Inserção da Química Verde no currículo de escolas de Ensino Médio do estado do Rio de Janeiro. In: 15º Simpósio Brasileiro de Educação em Química, 2017. Manaus. **Anais SIMPEQUI**.

MEDEIROS, A. B. D. *et al.* A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2011.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 12, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, A.; AIRES, J.; LORENZETTI, L. Abordagem CTS e o conceito química verde: possíveis contribuições para o ensino de química. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 2, p. 193, 2017.

NAMIEŚNIK, J. Green analytical chemistry – Some remarks. **Journal of Separation Science**, v. 24, n. 2, p. 151-153, 2001.

NANI, E. L. **Meio Ambiente e Reciclagem**. Curitiba: Jurua editora, 2007.

OLIVEIRA, K. T. *et al.* **Química Orgânica Experimental: Uma Abordagem de Química Verde**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2017.

ORESQUES, N. The Scientific Consensus on Climate Change. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1686, 2004.

PIRES, T. C. M.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Extração do r-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdures dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, v. 41, p. 355-365, 2018.

QUILALA, A. A. **Eficiência do brometo de tetrabutilamônio como catalisador de transferência de fase na síntese de benzoato de fenila**. 2013. Trabalho de Conclusão do Curso (Licenciatura em Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RAMGOPAL, K. *et al.* Extraction of Essential Oil D-Limonene from Sweet Orange Peels by Simple Distillation. **IOSR Journal of Applied Chemistry**, v. 9, n. 9, p. 6-7, 2016.

RAMOS, L. P. *et al.* Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011.

RAMOS, M. A. F. A. **Química verde: potencialidades e dificuldades da sua introdução no ensino básico e secundário**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade de Lisboa, Lisboa.

RODRIGUES, L. R. D. O. *et al.* A importância da Química na construção da consciência sustentável dos alunos de agroindústria do IFMA-Campus Caxias. In: IV Congresso Nacional de Educação, 2017. João Pessoa. **Anais IV CONEDU**.

RÚPOLO, M. P.; LEVENDOSK, M. C. **Projeto de planta piloto para produção e purificação do biodiesel**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia química). Universidade Federal de Alfenas - Campus de Poços de Caldas, Minas Gerais, Poços de Caldas, Minas Gerais.

SÁNCHEZ, L. E. Revitalização de Áreas Contaminadas. In: MOERI, E. C., R.; MARKER, A. (Ed.). **Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas: Aspectos Técnicos, Legais e Financeiros**. ed. 1. São Paulo: Signus Editora, 2004.

SANTOS, D. M.; ROYER, M. R. Análise da percepção dos alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no ensino de Química **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 4, p. 164, 2018.

SEIDL, P. R. *et al.* O Ano Internacional da Química e a Escola Brasileira de Química Verde. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 27, p. 12-15, 2011.

SHAKHASHIRI, B. Z. **Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry**. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1989.

SILVA, R. R. D.; MACHADO, P. F. L. Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos - um estudo de caso. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 14, p. 233-249, 2008.

SOTILES, A. R. **Análise e readequação de protocolos experimentais na disciplina de química no ensino médio**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco-PR.

SOUSA-AGUIAR, E. F. *et al.* Química verde: a evolução de um conceito. **Química Nova**, v. 37, p. 1257-1261, 2014.

SOUSA, L. P. D.; SANTOS, J. R. D.; ARAUJO, K. C. M. D. Uma nova visão da Química contemporânea: Química Verde. 65ª Reunião da Sociedade Brasileira para o progresso da ciência, 2013. Recife. **Anais SBQ**.

TEÓFILO, R. F.; BRAATHEN, P. C.; RUBINGER, M. M. M. Reação relógio iodeto/iodo. **Química nova na escola**, v. 16, p. 41-44, 2002.

TRIASI, M. *et al.* Environmental pollution from illegal waste disposal and health effects: a review on the "triangle of death". **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 2, p. 1216-1236, 2015.

WAKED, A. E. *et al.* The Green Chemistry Initiative's contributions to education at the University of Toronto and beyond. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 12, n. 2, p. 187-195, 2019.

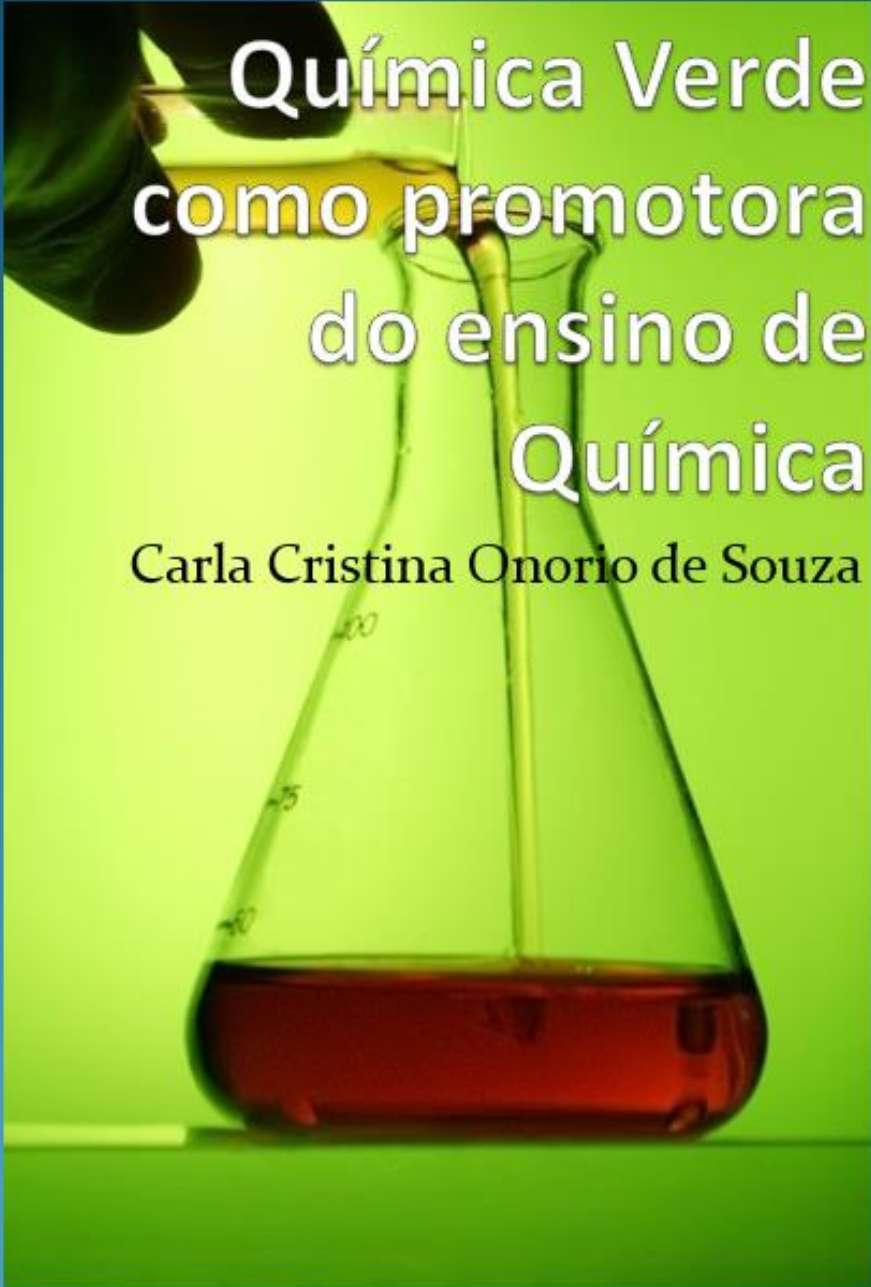
WARBURTON, K. Deep learning and education for sustainability. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 4, n. 1, p. 44-56, 2003.

WINTERTON, N. Twelve more green chemistry principles. **Green Chemistry**, v. 3, p. 73-75, 2001.

WRIGHT, S. W.; PHIL, R. The vitamin C clock reaction. **Journal of Chemical Education**, v. 79, n. 1, p. 41, 2002.

ZANOVELLO, R. *et al.* Reforçando Práticas Pedagógicas Experimentais a Partir da Revitalização de um Laboratório de Ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 29, n. 94, p. 57-79, 2014.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos Avançados**, v. 14, p. 85-100, 2000.



Química Verde  
como promotora  
do ensino de  
Química

Carla Cristina Onorio de Souza

# Sumário

- Química Verde
- Cinética Química
  - Velocidade das reações química
  - Fatores que alteram a velocidade das reações
  - Experimento: Reação relógio de vitamina C
- Métodos de separação
  - Extração sólido-líquido
  - CO<sub>2</sub> : de vilão a mocinho
  - Experimento: Extração de limoneno de casca de limão utilizando CO<sub>2</sub> como solvente verde
- Introdução a Química orgânica
  - Álcool
  - Propriedades físico-químicas do etanol
  - Experimento: Obtenção de biodiesel de óleo de cozinha

# Química Verde

A Química Verde se baseia na

- utilização de fontes de matéria prima renováveis (como os derivados da biomassa) ou recicláveis;
- incremento da eficácia energética, ou seja, obter maior produção dispendendo de menor quantidade de energia e por fim,
- a remediação de poluentes não degradáveis, tóxicos e cumulativos.



Baseado nestas classes, um processo químico de produção tende a minimizar seus impactos ao meio ambiente.

# Cinética Química

## Velocidade das reações químicas

### • Velocidade das Reações Químicas

Um dos objetivos da Química é de controlar a velocidade das reações químicas, de modo que sejam rápidas o suficiente para proporcionar o melhor aproveitamento do ponto de vista prático e econômico, mas não tão rápida a ponto de oferecer riscos de acidentes, em resumo, a ideal é ter reações com velocidades controladas.

### • O efeito da temperatura na velocidade das reações

Uma observação corriqueira, em nosso, dia-a-dia, é o fato de que um aumento da temperatura sempre acarreta um aumento na velocidade das reações. Podemos observar isso, por exemplo, quando aumentamos a chama do fogão para cozinhar os alimentos mais depressa ou quando usamos a panela de pressão para atingir temperaturas mais altas e acelerar o cozimento. Outro exemplo é o nosso próprio metabolismo, que acelera quando praticamente um esporte; nesse caso, as reações do organismo se tornam mais rápidas, consumindo mais rapidamente, por exemplo, os carboidratos do nosso corpo. Ao contrário dos animais que hibernam, em regiões frias, têm a temperatura de seus corpos reduzida, exatamente para reduzir o consumo da gordura de seus organismos.

Devemos reconhecer, porém, que a temperatura é um dos fatores que mais influem na velocidade de uma reação. De fato, um aumento de temperatura aumenta não só a frequência dos choques entre as moléculas reagentes como a energia com que as moléculas se chocam. Desse modo, como resultado da teoria das colisões, ou seja, aumenta a probabilidade de as moléculas reagirem assim aumentando a velocidade das reações. Considerando então a reação envolvida na queima do carvão:



É interessante notar que um pedaço de carvão não pega fogo sozinho é necessário aquecê-lo um pouco, até fazê-lo atingir um estado incandescente, e daí em diante ele queimará sozinho.

Esse "empurrão" inicial é necessário em muitas reações. O "empurrão" inicial é necessário para levar os reagentes a um estado ativado, em que se forma o complexo ativado, ou seja, admite-se que, no instante do choque, ocorre um progressivo

enfraquecimento das ligações entre as moléculas iniciais e um fortalecimento das ligações entre as moléculas finais, como exemplo temos a seguinte reação:



Para o sistema chegar ao complexo ativado, é necessário certa quantidade de energia. Note que para atingir a elevação correspondente ao estado ativado, as moléculas reagentes devem ter uma energia igual ou maior que uma energia mínima chamada energia de ativação ( $E_{at}$ ). Essa energia corresponde à intensidade mínima do choque necessário para que duas moléculas realmente reajam entre si, é a chamada colisão eficaz ou efetiva. Formalmente, defini-se:

Energia de ativação ( $E_{at}$ ) é a energia mínima que as moléculas devem possuir para reagir, ao se chocarem (isto é, para termos uma colisão efetiva).

### • O efeito da concentração dos reagentes na velocidade das reações químicas.

É muito fácil constatar que o aumento da concentração dos reagentes acarreta um aumento da velocidade de uma reação, por exemplo, quando abanamos o carvão em brasa numa churrasqueira, o fogo se aviva, pois estamos fornecendo mais ar, ou seja, mais oxigênio, para a queima do carvão; e o fogo se tornaria ainda mais intenso se fosse soprado oxigênio puro.

Por que isso acontece? Porque, aumentando a concentração dos reagentes (número de moléculas por unidade de volume), aumentamos a frequência dos choques entre as moléculas reagentes e, como consequência da teoria das colisões, aumenta a velocidade da reação.



# Experimento

## Reação relógio de vitamina C



### Materiais

Água destilada  
1 tablete de vitamina C  
Tintura de iodo 2%  
Peroxido de hidrogênio 3% ou água oxigenada 30 volumes  
Amido de milho  
Béquer de 250 mL  
Termômetro  
Cubos de gelo  
Banho de água morna

### Procedimento

#### 1ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolver em 30 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 30 mL de água.

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 30 mL de água.

Verter a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionar 30 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

#### 2ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolver em 60 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 60 mL de água.

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água.

Verter a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionar 60 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

#### 3ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolver em 90 mL de água destilada morna.

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 90 mL de água.

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 90 mL de água.

Verter a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionar 90 mL de água com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

#### O Efeito da temperatura na reação relógio

#### 4ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolver em 60 mL de água destilada a 25°C.

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 60 mL de água a 25°C.

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a 25°C.

Em seguida verter a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionar 60 mL de água a 25°C com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocar a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos.

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

#### 5ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolver em 60 mL de água destilada a 15°C.

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 60 mL de água a 15°C.

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a 15°C.

Em seguida verter a solução B na solução C, resultando na solução D.

Solução E: Adicionar 60 mL de água a 15°C com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocar a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos.

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

#### 6ª Etapa

Solução A: Esmagar um tablete de vitamina C e dissolvido em 60 mL de água destilada a temperatura ambiente

Solução B: Misturar 20 gotas da solução A em 60 mL de água a temperatura ambiente

Solução C: Misturar 20 gotas de tintura de iodo em 60 mL de água a temperatura ambiente

Em seguida verter a solução B na solução C, resultando na solução D

Solução E: Adicionar 60 mL de água a temperatura ambiente com 15 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de solução de amido, aproximadamente 2 colheres de sopa.

Colocar a solução D e E em banho de gelo por aproximadamente 10 minutos

Verter a solução D na solução E e cronometrar o tempo em que ocorreu a mudança de cor.

**Solução A: estoque de vitamina C**

**Solução A + Tintura de iodo → D**

**Solução D + Ácido Ascórbico (E) →**

Etapa	Volume água na solução A	Volume água na solução B	Volume água na solução C	Volume de água na solução E	Tempo
1ª					
2ª					
3ª					
4ª					
5ª					
6ª					

# Métodos de separação

## Extração sólido-líquido

Na extração, a separação da mistura é promovida pela adição de outro composto: o solvente. A extração sólido - líquido é uma operação unitária que envolve se extrair um componente (soluto) de uma fase sólida usando-se um líquido como solvente, produzindo uma solução enriquecida no soluto (extrato) e um fase sólida empobrecida (resíduo). Para que essa extração seja mais satisfatória o sólido deve estar o mais triturado possível, porque assim terá um maior contato com seus constituintes.

- **Pressão**

As moléculas dos gases estão em contínua movimentação desordenada, elas se chocam com as paredes do recipiente que as contém, assim a intensidade dessa força por unidade de área das paredes fornece o valor da pressão exercida pelo gás. A pressão é uma das três variáveis dos estados dos gases e pode ser definida como a força exercida pela colisão das partículas dos gases contra as paredes do recipiente que os contém.

Quando em uma reação ocorre uma transformação isotérmica (em que a temperatura mantém-se constante), o aumento do volume de uma determinada massa fixa de um gás ideal causa a diminuição da pressão exercida pelo gás, ou seja, o volume e a pressão são grandezas diretamente proporcionais e o produto entre eles é sempre igual a uma constante ( $P \cdot V = k$ ). Já em transformações isocóricas ou isovolumétricas (em que o volume permanece constante), o aumento da temperatura de uma massa fixa de um gás ideal causa o aumento da pressão exercida por ele, isso porque aumenta a energia cinética de suas partículas, que colidem de forma mais intensa, a pressão e a temperatura são grandezas inversamente proporcionais. ( $P/T=K$ ).

- **Dióxido de Carbono**

O dióxido de carbono é um composto químico constituído por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono. A representação química é  $\text{CO}_2$ . O dióxido de carbono foi descoberto pelo escocês Joseph Black em 1754. Estruturalmente o dióxido de carbono é constituído por moléculas de geometria linear e de carácter apolar. Por isso as atrações intermoleculares são muito fracas, tornando-o um gás nas condições ambientais. Daí o seu nome comercial gás carbônico. Esse gás é exalado dos animais e é utilizado pelas plantas para realizar fotossíntese. O dióxido de carbono é essencial à vida no planeta. Visto que é um dos compostos essenciais para a realização da fotossíntese, processo pelo qual os organismos fotossintetizantes transformam a energia solar em energia química. Esta energia química, por sua vez é distribuída para todos os seres vivos por meio da teia alimentar. Este processo é uma das fases do ciclo do carbono é vital para a manutenção dos seres vivos.

O carbono é um elemento básico na composição dos organismos, tornando-o indispensável para a vida no planeta. Este elemento é estocado na atmosfera, nos oceanos, solos rochas sedimentares e está presente nos combustíveis fósseis. Contudo, o carbono não fica fixo em nenhum desses estoques. Existe uma série de interações por meio das quais ocorre a transferência de carbono de um estoque para outro. Muitos organismos nos ecossistemas terrestres e nos oceanos, como as plantas, absorvem o carbono encontrado na atmosfera na forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Esta absorção se dá através do processo de fotossíntese. Por outro lado, os vários organismos, tanto plantas como animais, libertam dióxido de carbono para a atmosfera mediante o processo de respiração. Existe ainda o intercâmbio de dióxido de carbono entre os oceanos e a atmosfera por meio da difusão. A libertação de dióxido de carbono vinda da queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (desmatamentos e queimadas, principalmente) impostas pelo homem constituem importantes alterações nos estoques naturais de carbono e tem um papel fundamental na mudança do clima do planeta. Outros grandes emissores são a produção de cimento e aço, refinaria de petróleo e indústria petroquímica. Por exemplo, o ácido acrílico, um importante monômero é produzido em uma quantidade de mais de 5 milhões de toneladas/ano. O desafio é o desenvolvimento desses processos e encontrar um catalisador adequado e condições de processo que maximizem a formação do produto e minimizem a produção de  $\text{CO}_2$ .

# Experimento

## Extração de Limoneno a partir da casca de cítricos, usando $\text{CO}_2$ líquido como solvente verde

- **Materiais**

Fio de cobre

Papel filtro

Pinça Proveta Tubo

Recipiente de vidro com tampa

Casca de limão

Gelo seco moído

- **Procedimento**

1º Construir uma armadilha de fio de cobre enrolado em círculo e uma alça.

2º Colocar um pedaço de papel filtro do tamanho da bolinha;

2º Colocar a armadilha dentro do tubo de ensaio;

3º Dentro do tubo de ensaio adicionar 2,5 gramas de casca de limão ralada;

4º Completar o volume do tubo de ensaio com gelo moído;

5º Introduzir o tubo de ensaio dentro do recipiente de vidro com água a  $45^\circ\text{C}$  e fechar firmemente o recipiente.

6º O líquido move-se através do sólido, extrai o óleo da casca da laranja que se acumula no fundo do tubo.

7º Após a extração o solvente evapora-se completamente e o produto isolado permanece na ponta do tubo. Quando o líquido parar de borbulhar e o gás deixar de se libertar, remove-se o tubo com uma pinça.



# Biocombustíveis

## Álcoois e suas propriedades físico-químicas

### Características Químicas do álcool

São compostos orgânicos caracterizados pelo grupo hidroxila (OH) ligado a um carbono saturado de uma cadeia carbônica. A classificação dos álcoois mais realizada é de acordo com o tipo de carbono ao qual a hidroxila está ligada. Se o carbono for primário, ou seja, se ele estiver ligado somente a mais um átomo de carbono, então o álcool será classificado como primário. Se a hidroxila estiver ligada a um carbono secundário (que está ligado a dois átomos de carbono), o álcool será secundário. E se a hidroxila estiver ligada a um carbono terciário (que está ligado a três átomos de carbono), o álcool será terciário. Outra forma de classificar os álcoois é de acordo com a quantidade de hidroxilas ligadas à cadeia: uma hidroxila, monoálcool; duas ou mais hidroxilas, polialcool.

### Propriedades físico-químicas do Etanol

O etanol é um composto leve, fácil de ser obtido e que se mistura facilmente com água e com a grande maioria dos líquidos de baixo peso molecular. Ele é altamente inflamável, podendo entrar em combustão, se submetido a uma fonte de calor, a partir de 13 °C. Em seu estado puro, o álcool é altamente tóxico, já em misturas de baixo teor ele pode ser ingerido pelo ser humano de forma moderada.

O álcool possui um poder calorífico menor que o da gasolina e diesel, o que significa que ele gera menos energia e rende menos quilometragem por litros. Sua densidade é menor que a da água e maior que a da gasolina, e seu PH é praticamente neutro.

O etanol é representado pela fórmula  $C_2H_6O$ , ou, de forma mais detalhada,  $CH_3CH_2OH$ . Isso significa que o composto é formado por dois átomos de carbono (C) ligados à cinco átomos de hidrogênio (H) e a um átomo de oxigênio (O) ligado a outro hidrogênio. A presença do grupo OH, chamado de hidroxila, em sua composição, faz com que o etanol se torne uma substância polar, ou seja, que possua polos eletrônicos distintos em sua cadeia, algo possível graças à presença do oxigênio. Por causa dessa característica, o álcool se mistura facilmente com a água e outros líquidos que também são polares.

Dentre os compostos químicos, o etanol é considerado um composto orgânico, que são aqueles formados por cadeias de carbono. Isso faz com que ele seja encontrado mais facilmente em estado líquido ou gasoso, ao contrário dos compostos inorgânicos, como os minerais, que em seu estado natural costumam ser sólidos. Entre os compostos orgânicos, o etanol faz parte da família dos álcoois, compostos em que o carbono saturado (com todas as ligações preenchidas) liga-se com a hidroxila. Seu nome deve-se à junção do prefixo "etano", comum a todos os compostos orgânicos com dois átomos de carbono em sua cadeia, com o sufixo "ol", relativo à todos os álcoois que possuem apenas uma hidroxila em sua formação. Dessa forma, não é inteiramente correto chamar o etanol apenas de "álcool", pois álcool é qualquer elemento orgânico que possui a hidroxila "OH" ligada a um carbono saturado, como metanol, butanol e propanol.



Dentre todos os álcoois, o etanol é o mais comum de ser obtido. A composição em massa de sua molécula é de 52,24 % de Carbono, 13,13 % de Hidrogênio e 34,73 % de Oxigênio. Por possuir poucos elementos químicos em sua formação, e cadeia com apenas dois átomos de carbono, o etanol é um composto orgânico muito leve, e o mais leve dos combustíveis comuns se comparado com a gasolina, que possui cadeias entre quatro e doze carbonos, e com o diesel, que possui mais de doze carbonos. Isso faz com que ele seja mais fácil de ser obtido e que teoricamente polua menos, fato que depende também



da tecnologia empregada no motor dos veículos. A leveza do etanol também contribui para seu estado natural ser líquido e por possuir um baixo ponto de ebulição (78,4 °C).

Quando puro e com temperatura próximo dos 25°C, o etanol possui uma densidade de 789 g/cm<sup>3</sup>. Isso significa que a cada centímetro cúbico o etanol pesa apenas 0,789 gramas. Os valores mudam dependendo da mistura e da temperatura em que ele está submetido, sendo que o álcool combustível possui densidade que varia de 0,82 a 0,88 g/cm<sup>3</sup>. Com isso, o etanol é um pouco mais denso que a gasolina, cuja densidade varia entre 0,72 e 0,76 gramas por centímetro cúbico, porém é menos denso que a água, que possui valor médio de 1 g/cm<sup>3</sup>. A densidade dos compostos muda conforme a temperatura, pois essa variação influi em seu volume. Ou seja, a mesma quantidade de material pode ocupar menos ou mais espaço em função da quantidade de calor. Por isso, ocorre às vezes de caminhões que carregam combustíveis sofrerem variações na quantidade de litros que estão carregando, embora a quantidade de matéria que eles transportam continue a mesma.

#### Ponto de ebulição e solidificação

Em temperatura ambiente, o etanol será sempre encontrado na fase líquida, pois ele só atinge seu ponto de ebulição (transformação em gás) quando submetido a uma temperatura de 78,4 °C, enquanto seu ponto de solidificação (transformação em sólido) é de -114,3 °C. Esses são valores médios válidos para a pressão de 1 atmosfera, ou seja, a nível do mar, sendo que os pontos sofrem pequenas alterações em diferentes altitudes.

#### Ponto de fulgor e auto-ignição

A partir da temperatura de 13 °C, o etanol começa a emitir vapores que, em contato com outras fontes de calor, possibilita que ele entre em combustão. Essa marca é chamada de ponto de fulgor, o que não significa que ele necessariamente pegue fogo nesse ponto, apenas indica que há chances de isso acontecer caso um agente externo reaja sobre ele. Já seu ponto de auto-ignição, temperatura mínima para que a combustão ocorra sempre mesmo sem o contato direto com uma fonte de calor, é de 363 °C. É por isso que, em baixas temperaturas, o álcool combustível não funciona dentro do motor, pois os automóveis se movimentam com a energia proveniente da queima dos combustíveis. Abaixo dos 13 °C, o etanol perde sua capacidade de combustão e se torna inutilizável como combustível.

Pelo seu baixo ponto de fulgor, o álcool é considerado uma substância inflamável, que são aquelas com ponto de fulgor menor que 70 °C. Por isso que, quando armazenado, ele traz a letra "F" em sua embalagem, acompanhada pelo desenho de uma chama. Entre os combustíveis mais comuns, apenas a gasolina tem ponto de fulgor menor que o etanol, sendo o dela de -40 °C, enquanto o diesel e o biodiesel possuem pontos de, respectivamente, 62 °C e 130 °C.

#### Poder calorífico: potencial energético

Poder calorífico é a quantidade de energia que um combustível é capaz de gerar em sua queima dentro do motor. Essa propriedade diz respeito à quantidade de energia interna que cada substância contém. Quanto maior o poder calorífico do combustível, maior é sua energia, e por isso, melhor o seu rendimento. O poder calorífico do etanol combustível comum (etanol hidratado) é de 5,380 (Kcal/l). Esse valor corresponde a aproximadamente 70% do poder calorífico da gasolina, calculado em 8,325 Kcal/l. É por isso que, em média, o litro do etanol faz 70% da distância que o litro da gasolina percorre, pois a energia contida em 1 litro da gasolina é 30% maior. O maior poder calorífico dos combustíveis líquidos é o do diesel, que gera 9,160 Kcal/l.

# Experimento

## Obtenção de Biodiesel

### •Materiais

- Balança analítica
- Funil
- Pipeta de 25mL
- Pipeta de 100mL
- Béquer de 250mL
- Funil de separação.
- Suporte universal Garra
- Água destilada
- 100 mL de óleo vegetal usado
- 100 mL de etanol
- Aquecedor magnético

### • Procedimento

1º - Medir 100 mL de óleo vegetal usado com uma pipeta de 100mL. E transferir para um béquer de 250 mL;

2º - Adicionar 50 mL de etanol;

3º - E 5 "pedrinhas" de KOH em escamas, agitar e aquecer a mistura por 60 minutos. 4º - Deixar a mistura em repouso por aproximadamente 10 minutos e transferir para um funil de separação.

5º - Deixar a mistura decantar-se;

6º - Cuidadosamente separar a parte superior da inferior;

7º - Lave o produto usando 10 mL de água destilada e misture;

8º - Deixar a mistura decantar-se.

9º - Cuidadosamente separar a camada superior da inferior;

10º - A camada superior será o biodiesel produzido.

