



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL (PROFQUI)**

DISSERTAÇÃO

**PRODUÇÃO DE BIOETANOL: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA
REFLEXÃO SOBRE OS DESAFIOS ENERGÉTICOS**

LIZANDRA CRISTINA DO AMARAL SILVA E SOUZA SANTOS

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL (PROFQUI)**

**PRODUÇÃO DE BIOETANOL: UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA
REFLEXÃO SOBRE OS DESAFIOS ENERGÉTICOS**

LIZANDRA CRISTINA DO AMARAL SILVA E SOUZA SANTOS

Sob orientação do professor

Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Química**, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI).

Seropédica, RJ

Março de 2025

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237p

Santos, Lizandra Cristina do Amaral Silva e Souza,
1986-

Produção de Bioetanol: uma atividade lúdica para
reflexão sobre os desafios energéticos / Lizandra
Cristina do Amaral Silva e Souza Santos. - Rio de
Janeiro, 2025.

49 f.: il.

Orientador: Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Mestrado Profissional em Química em
Rede Nacional, 2025.

1. Ensino de Química. 2. Biocombustíveis. 3.
Bioetanol. 4. Educação ambiental. 5. Sequência
didática. I. Santos, Cláudio Eduardo Rodrigues dos ,
1978-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. Mestrado Profissional em Química em Rede
Nacional III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL (PROFQUI)

LIZANDRA CRISTINA DO AMARAL SILVA E SOUZA SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra**, no PROFQUI- Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração em Química.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/03/2025

Membros da banca:

Documento assinado digitalmente
 **CLAUDIO EDUARDO RODRIGUES DOS SANTOS**
Data: 02/04/2025 13:45:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Claudio Eduardo Rodrigues dos Santos Dr. UFRRJ

Documento assinado digitalmente
 **NATALIA DRUMOND LOPES**
Data: 03/04/2025 09:28:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Natália Drumond Lopes Dra. UNESA

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE MARQUES DOS SANTOS**
Data: 03/04/2025 13:43:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

André Marques dos Santos Dr. UFRRJ

Dedico este trabalho ao meu núcleo MeL, que é a base de tudo.

À minha mãe, Maria, e à minha querida vó Luiza (in memoriam), que sempre foram essenciais na minha trajetória acadêmica, me guiando com amor e sabedoria.

Ao meu marido, Marcos, pelo companheirismo e apoio incondicional em cada passo desta jornada.

Aos meus filhos, Maria Luiza e Lorenzo, que são minha maior inspiração e motivação diária para seguir aprendendo e crescendo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças e determinação para concluir esta etapa tão importante da minha jornada acadêmica.

À minha família, pelo amor incondicional, paciência e incentivo constante. Vocês foram minha base e meu refúgio nos momentos de desafio.

Ao meu orientador, Professor Dr^o Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos, por sua dedicação, apoio e contribuições valiosas ao longo desta pesquisa. Sua orientação foi essencial para a concretização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), pela troca de conhecimentos e a Quézia pelo companheirismo ao longo dessa trajetória.

À direção, professores e alunos do Colégio Estadual Deborah Mendes de Moraes, pela receptividade e participação ativa na aplicação das atividades pedagógicas que enriqueceram esta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, meu sincero muito obrigada.

Agradeço, também à CAPES pelo apoio financeiro que foi de suma importância.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

"O uso responsável da energia é um dos maiores desafios do nosso tempo.

O futuro depende das escolhas que fazemos hoje."

Barack Obama

RESUMO

Santos, Lizandra Cristina do Amaral Silva e Souza. **Produção de bioetanol: uma atividade lúdica para reflexão sobre os desafios energéticos**. 2025. 56 f. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - ProfQui). Instituto de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

A ciência é fundamental para a formação da cidadania, pois a educação científica capacita os indivíduos a participarem ativamente da sociedade, tomando decisões embasadas no conhecimento científico. No ensino de Química, estratégias dinâmicas e metodológicas, como sequências didáticas (SD), são fundamentais para estimular o pensamento crítico e a resolução de problemas reais. Este estudo teve como objetivo desenvolver e aplicar uma sequência didática estruturada em momentos pedagógicos, incluindo avaliação diagnóstica, problematização, experimentação, imersão universitária e sistematização, visando à conscientização ambiental e ao ensino de biocombustíveis, que possibilita a contextualização do ensino e reflexões sobre sustentabilidade e energia, através da produção de bioetanol. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2024 com 36 alunos do 2º ano do ensino médio do Colégio Estadual Deborah Mendes de Moraes, sendo descritiva, exploratória, de caráter investigatório, com abordagem quantitativa e qualitativa. As atividades envolveram aulas teóricas, experimentos de fermentação e destilação do bioetanol, além de uma visita técnica à universidade. Na primeira etapa, foram identificados os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema. Na segunda, realização de um experimento prático envolvendo a produção de bioetanol, com construção de aparatos para fermentação e destilação através de materiais alternativos. Por fim, na terceira etapa, foi aplicado um questionário para avaliar os conhecimentos adquiridos. A análise dos questionários aplicados antes e depois da SD indicou um aumento significativo no conhecimento dos alunos sobre biocombustíveis, evidenciando a eficácia da abordagem prática e interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados destacam a importância de metodologias ativas e experimentais na formação científica e ambiental dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de Química, Biocombustíveis, Sequência Didática, Educação Ambiental, Experimentação.

ABSTRACT

Santos, Lizandra Cristina do Amaral Silva e Souza. **Bioethanol production: a fun activity to reflect on energy challenges.** 2025. 56 f. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - ProfQui). Instituto de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Science is fundamental for the formation of citizenship, as scientific education enables individuals to actively participate in society, making decisions based on scientific knowledge. In the teaching of Chemistry, dynamic and methodological strategies, such as didactic sequences (DS), are fundamental to stimulate critical thinking and the resolution of real problems. This study aimed to develop and apply a didactic sequence structured in pedagogical moments, including diagnostic evaluation, problematization, experimentation, university immersion and systematization, aiming at environmental awareness and teaching biofuels, which allows the contextualization of teaching and reflections on sustainability and energy, through the production of bioethanol. The research was carried out in the second semester of 2024 with 36 students in the 2nd year of high school at Colégio Estadual Deborah Mendes de Moraes, being descriptive, exploratory, investigative in nature, with a quantitative and qualitative approach. The activities involved theoretical classes, experiments on bioethanol fermentation and distillation, and a technical visit to the university. In the first stage, the students' prior knowledge on the subject was assessed. In the second stage, a practical experiment involving bioethanol production was carried out, with the construction of fermentation and distillation apparatus using alternative materials. Finally, in the third stage, a questionnaire was applied to assess the knowledge acquired. The analysis of the questionnaires applied before and after the SD indicated a significant increase in the students' knowledge about biofuels, evidencing the effectiveness of the practical and interdisciplinary approach in the teaching-learning process. The results highlight the importance of active and experimental methodologies in the scientific and environmental training of students.

Keywords: Chemistry Teaching, Biofuels, Didactic Sequence, Environmental Education, Experimentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Aparato para o processo de fermentação	17
Figura 2	Aparato para o processo de destilação	18
Figura 3	Gráfico das respostas da pergunta 1 antes e depois da sequência didática	19
Figura 4	Gráfico das respostas da pergunta 2 antes e depois da sequência didática	20
Figura 5	Gráfico das respostas da pergunta 3 antes e depois da sequência didática	20
Figura 6	Gráfico das respostas da pergunta 4 antes e depois da sequência didática	21
Figura 7	Gráfico das respostas da pergunta 5 antes e depois da sequência didática	22
Figura 8	Gráfico das respostas da pergunta 6 antes e depois da sequência didática	22
Figura 9	Gráfico das respostas da pergunta 7 antes e depois da sequência didática	23
Figura 10	Gráfico das respostas da pergunta 8 antes e depois da sequência didática	23
Figura 11	Nuvem de palavras – respostas da pergunta 9 antes da sequência didática	24
Figura 12	Nuvem de palavras – respostas da pergunta 9 depois da sequência didática	24
Figura 13	Nuvem de palavras – respostas da pergunta 10 antes da sequência didática	25
Figura 14	Nuvem de palavras – respostas da pergunta 10 depois da sequência didática	25
Figura 15	Colagem de fotos do processo de fermentação	33
Figura 16	Colagem de fotos do processo de destilação do bioetanol	35
Figura 17	Colagem de fotos da imersão universitária	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Planejamento das aulas da sequência didática	15
-----------------	--	----

LISTA DE SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de Efeito Estufa
JB	Jardim Botânico
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PROALCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROFQUI	Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
RJ	Rio de Janeiro
RU	Restaurante Universitário
SD	Sequência Didática
SEEDUC	Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro
TLCE	Termo de Livre Consentimento Esclarecido
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Objetivos	2
2.1. Objetivo geral	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. Revisão da literatura	2
3.1. Teoria da Aprendizagem Significativa	2
3.2. Ciência, Química e A Educação Ambiental	4
3.3. Biocombustíveis	6
3.4. Bioetanol	8
3.5. Sequência Didática	9
3.6. Experimentação	11
4. Metodologia	12
4.1. Ambiente da Pesquisa	12
4.2. Sequência Didática	13
4.3. Materiais e Métodos	16
4.3.1. Processo de fermentação do caldo de cana	16
4.3.2. Destilação do bioetanol com material alternativo	18
5. Resultados e discussão	15
5.1. Análise dos questionários	19
5.2. Atividades realizadas na aplicação da sequência didática	26
6. Conclusão	28
7. Referências	30
Apêndice 1: Termos de Livre Consentimento Esclarecido (TLCE)	33
Apêndice 2: Termo de Anuência	34
Apêndice 3: Roteiro da divisão das aulas para aplicação da sequência didática	35

1. INTRODUÇÃO

A ciência é fundamental na formação da cidadania, pois a educação científica possibilita aos estudantes uma participação mais ativa na sociedade, fomentando o desenvolvimento do processo de alfabetização científica (AC). Nesse âmbito, a alfabetização científica pode ser compreendida como o processo pelo qual a linguagem das ciências naturais é adquirida e interpretada, permitindo aos alunos compreenderem o mundo ao seu redor, ampliarem o acesso a novos saberes e manifestações culturais, além de capacitá-los para o exercício pleno e consciente da cidadania no contexto social em que estão inseridos (ROCHA et al., 2024).

Para que o processo de ensino e aprendizagem seja eficaz, é fundamental adotar estratégias metodológicas dinâmicas e atrativas, que favoreçam a construção do conhecimento de forma significativa. No ensino de Química, isso implica desenvolver o raciocínio lógico, estimular o pensamento autônomo, incentivar a criatividade e capacitar os alunos a resolver problemas reais.

Os conhecimentos difundidos no ensino da Química permitem a construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação (BRASIL, 2000, p. 32).

Dentre as abordagens metodológicas que favorecem esse processo, destacam-se as sequências didáticas (SD), que são uma maneira de entrelaçar e articular diferentes atividades de uma unidade didática (ZABALA, 1998). Esse recurso pedagógico possibilita a reflexão e a aplicação dos conhecimentos adquiridos no cotidiano, promovendo maior criticidade e engajamento dos alunos. Para que as metodologias sejam eficazes, é essencial que estejam conectadas à realidade dos estudantes, utilizando recursos variados que estimulem um ambiente propício à aprendizagem (ROCHA et al., 2024).

Nesse contexto, busca-se introduzir aos alunos a temática da produção de biocombustíveis, destacando-a como uma alternativa viável e sustentável, contribuindo para contextualizar o ensino da Química e estimular reflexões sobre questões energéticas. Os biocombustíveis representam uma fonte de energia considerada "limpa", uma vez que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes de sua combustão são compensadas pela absorção de dióxido de carbônico (CO_2) pelos tecidos vegetais durante o processo de fotossíntese.

O tema combustível pode, num primeiro momento, ser estudado em termos do entendimento das reações de combustão, tanto em seus aspectos

qualitativos, quantitativos, macroscópicos e microscópicos. Num segundo momento, deve-se procurar entender a problemática dos combustíveis, considerando-se as fontes renováveis e não renováveis, litosfera e biosfera, os problemas ambientais decorrentes do uso dos combustíveis, as relações entre desenvolvimento socioeconômico e disponibilidades de energia (BRASIL, 2000, 37).

Diante da importância do tema biocombustível na sociedade e sua riqueza de conceitos em diversos campos dos saberes, principalmente no ensino de química, neste trabalho será apresentado e discutido uma proposta de sequência didática envolvendo o tema para alunos do ensino médio.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é promover a compreensão, por parte dos alunos, acerca da relevância de implementar mudanças estruturais na sociedade relacionadas à preservação ambiental, utilizando como eixo a prática de produção de biocombustíveis.

2.2 Objetivos específicos

- Estruturar aulas através de sequência didática sobre tema biocombustível para avaliar a eficácia da produção de bioetanol a partir do caldo de cana, desenvolvendo habilidades práticas em experimentação utilizando recursos alternativos e recursos laboratoriais.
- Validar o conhecimento dos alunos por uso de questionário sobre os impactos ambientais da produção de bioetanol antes e depois da prática.
- Discutir práticas de educação ambiental em diferentes níveis e ambientes da educação formal.
- Incentivar a comunidade escolar entender como o bioetanol se insere na conscientização ambiental.
- Contribuir para formação de cidadãos mais conscientes frente aos desafios ambientais.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Teoria Da Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa ocorre quando o aluno consegue relacionar novos saberes com o que já conhece, tornando o aprendizado mais profundo e duradouro. Como facilitador do ensino, o professor tem uma função importante na formação de ambientes favoráveis para essa aprendizagem, utilizando diferentes metodologias para engajar os estudantes e estimular o pensamento crítico.

Segundo Ausubel, o problema principal da aprendizagem consiste na aquisição de um corpo organizado de conhecimentos e na estabilização de ideias inter-relacionadas que constituem a estrutura da disciplina. O problema, pois, da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a passagem da estrutura conceitual da disciplina para estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo. Um dos maiores trabalhos do professor consiste, então, em auxiliar o aluno a assimilar a estrutura das disciplinas e a reorganizar sua própria estrutura cognitiva, mediante a aquisição de novos significados que podem gerar conceitos e princípios (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 40).

Segundo MOREIRA E MASINI (2011) a aprendizagem significativa, conforme os fundamentos de Ausubel, ocorre quando novas informações são integradas de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aluno, por meio de conceitos previamente existentes, chamados de subsunçores. Esses subsunçores devem ser claros, bem organizados e acessíveis para que a nova informação se conecte de forma significativa. Além disso, a aprendizagem significativa promove autonomia intelectual, pois capacita o aluno a aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas, na formulação de hipóteses e na compreensão de novos conteúdos. Assim, o professor deve atuar não apenas como transmissor de informações, mas como mediador do processo de aprendizagem, incentivando a construção ativa do conhecimento.

Embora a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, conforme apresentada por MOREIRA E MASINI (2011), enfatize a importância da estrutura cognitiva prévia e dos subsunçores na assimilação de novos conhecimentos, outras abordagens teóricas oferecem críticas e perspectivas alternativas.

Para Piaget, o conhecimento é construído a partir da ação, e o desenvolvimento cognitivo se dá por estágios que seguem uma sequência lógica e universal. A aprendizagem não ocorre apenas por meio da ancoragem em conceitos pré-existentes, mas também pelo desequilíbrio cognitivo e pela interação ativa do sujeito com o ambiente. Piaget destaca a importância da experimentação e do erro no processo de aprendizagem (FERREIRA; LOPES, 2021).

Para Vygotsky, a aprendizagem significativa não ocorre apenas pela estrutura cognitiva interna do aluno, mas depende fundamentalmente das interações sociais e do papel do outro mais experiente, seja um professor ou um colega mais avançado (SOUZA; ALMEIDA, 2022).

Além disso, Paulo Freire questiona modelos de aprendizagem que não consideram os aspectos socioculturais e políticos do conhecimento. Ele defende que a aprendizagem deve ser dialógica e libertadora, permitindo ao aluno não apenas assimilar conceitos, mas também questionar criticamente a realidade ao seu redor (COSTA; SANTOS, 2020).

Bandura com sua teoria da aprendizagem social, também oferece uma perspectiva alternativa ao enfatizar o papel da observação e da modelagem no aprendizado. Ele sugere que os indivíduos aprendem não apenas por meio da experiência direta, mas também ao observar comportamentos de outros e suas consequências (MARTINS; FERREIRA, 2021).

Bruner introduz a ideia de aprendizagem por descoberta, onde o aluno é incentivado a explorar e construir conhecimento ativamente. Bruner sugere que a aprendizagem é mais eficaz quando os alunos são desafiados a resolver problemas e formular hipóteses, promovendo um entendimento mais profundo e transferível (OLIVEIRA; MELO, 2023).

Assim, as diversas teorias sobre aprendizagem significativa oferecem contribuições essenciais para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem. Essa perspectiva pode ser enriquecida por abordagens que destacam a ação, a interação social, a aprendizagem observacional e a construção ativa do conhecimento.

3.2 Ciência, Química e A Educação Ambiental

Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais (PCNs) (BRASIL, MEC, 1997) enfatizam a importância da educação ambiental na promoção da sustentabilidade e conservação. No contexto da educação em química, a química ambiental desempenha um papel vital na conexão de princípios químicos a problemas ambientais do mundo real. Ao incorporar conceitos de química ambiental no currículo de ciências do ensino médio, os alunos são mais capazes de entender o impacto das atividades humanas no meio ambiente e explorar soluções potenciais para mitigar a degradação ambiental.

O saber científico pode contribuir na relação homem-natureza, levando-o se posicionar acerca de diversas questões e orientá-lo suas ações de forma mais consciente. “Estudar Química na escola ajuda o jovem a tornar-se mais bem informado, mais preparado para argumentar, para posicionar-se frente a questões e situações sociais que envolvem conhecimentos da Química.” (BRASIL, 2016, p.146). O ensino de ciências acontece de forma gradual, com o objetivo de criar autonomia e responder os conhecidos porquês. No começo, o aluno forma um conjunto de imagens, informações e conceitos. É responsabilidade do professor ajudar a criar um aprendizado que faça sentido, usando métodos que ajudem no ensino e na aprendizagem significativa, estimulando a reflexão e a posição sobre as questões ambientais.

Segundo JACOBI (2003) refletir sobre as questões ambientais possibilita compreender o surgimento de novos atores sociais engajados pelo conhecimento ambiental, educação para a cidadania. Essa reflexão promove um processo educacional orientado pela sustentabilidade, sustentabilidade traz uma visão de desenvolvimento, enfrentar a crise ecológica, fundamentado em um objetivo que valoriza o promover uma comunicação aberta e colaborativa entre diferentes disciplinas, saberes ou campos de estudo. Cabe o professor atuar como mediador e usar instrumentos para o desenvolver uma prática social centrada no conhecimento ambiental, transformar e incentivar mudanças no pensamento e inovar nas práticas educacionais.

Nas últimas décadas, houve um aumento na discussão sobre os problemas ambientais nos meios de comunicação, bem como a disseminação de visões distorcidas sobre o tema educação ambiental.

Há algumas décadas a questão ambiental tem estado em pauta, exigindo que o estado, a sociedade e os governos sejam capazes de formular políticas comprometidas com a sustentabilidade socioambiental. As expectativas em relação a essas políticas vêm sendo expressas repetidamente, em encontros e conferências como, por exemplo, a Conferência de Estocolmo (1972); a “Carta de Belgrado” (1975); a “Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental”, Tbilisi, na Geórgia (1977); a Rio 92; e a Rio+20 (2012). No entanto, a crescente degradação ambiental, as mudanças climáticas e o aprofundamento das desigualdades sociais indicam que esse é um problema global que ainda carece de superação (BRASIL, 2016, p.51).

A indústria química desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e tecnológico, sendo responsável pela produção de uma ampla variedade de produtos essenciais para a sociedade. Entre as décadas de 1970 e 1980, a indústria química enfrentou um período marcante devido a acidentes de grande magnitude que ganharam ampla cobertura na mídia, como os casos de Seveso, na Itália; Bhopal, na

Índia; e Chernobyl, na antiga URSS. Esse panorama desfavorável culminou na criação de rankings das cidades mais poluídas do mundo, incluindo Cubatão, em São Paulo. Essa situação comprometeu a reputação da química e da indústria no cenário social. No Brasil, 76% da população apontava as indústrias química e petroquímica como principais responsáveis pela poluição ambiental. A regulamentação ambiental tem desempenhado um papel essencial na transformação da indústria química. A criação de normas como o Protocolo de Montreal (1987), o Protocolo de Quioto (1997) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU têm influenciado diretamente as políticas industriais, incentivando a adoção de processos mais limpos e sustentáveis. Nos anos 1990, iniciativas globais impulsionaram mudanças, consolidando os doze princípios da química verde (PITANGA, 2016).

A química verde apresenta-se significativa para as ciências sustentáveis, baseada na química, no ambiente e na responsabilidade social, ao permitir um lugar para a criatividade e pesquisas inovadoras, com programas de alcance e abordagens interdisciplinares, que recrutem e criem uma comunidade de educadores globais, sendo estas formas pelas quais a percepção social da química possa influenciar positivamente.

Um dos objetivos da química verde é proteger o meio ambiente e os recursos naturais, bem como evitar desperdício de átomos, uso de matérias-primas renováveis, desenvolvimento de produtos químicos menos tóxicos e promoção da eficiência energética. “O principal representante de combustível renovável, no Brasil, é o etanol obtido a partir da cana-de-açúcar, que garante um lugar de destaque do país na área de química verde” (OCTAVIANO, 2011).

A escola e os educadores desempenham um papel essencial na formação de cidadãos conscientes e aptos a lidar com os desafios ambientais. O ambiente educacional é vital para a disseminação de conhecimento e para a conscientização das gerações mais jovens sobre a importância de reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. No Brasil, a Educação Ambiental tornou-se lei em 27 de abril de 1999, referida pelo nº 9.795: “Um componente fundamental para a reflexão de um modelo de sociedade mais sustentável é a Educação Ambiental, indispensável para se exercer a plena cidadania em união com a conservação do ambiente em busca da qualidade de vida” (BRASIL, 1999). Ademais, com a sanção da Lei 14.945/2025, que acrescentou o Art. 35.B §2º à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a educação ambiental tornou-se um componente curricular obrigatório em todas as etapas

da educação básica. Essa mudança reforça a necessidade de uma abordagem pedagógica que estimule o pensamento crítico e a formação de valores socioambientais entre os estudantes (BRASIL, 2025).

§ 2º Serão asseguradas aos estudantes oportunidades de construção de projetos de vida, em perspectiva orientada pelo desenvolvimento integral, nas dimensões física, cognitiva e socioemocional, pela integração comunitária no território, pela participação cidadã e pela preparação para o mundo do trabalho, de forma ambiental e socialmente responsável (BRASIL, 2025).

Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA) tem desempenhado um papel crucial na estruturação de políticas e diretrizes voltadas para a educação ambiental, promovendo uma abordagem interdisciplinar e participativa (BRASIL, 2024). O ProNEA se configura como um instrumento essencial para a construção de uma sociedade mais consciente e ambientalmente responsável. Sua reformulação em 2024 e a inclusão da educação ambiental na LDB demonstram avanços significativos na integração das questões socioambientais ao contexto educacional. Dessa forma, garantir a implementação eficaz do programa é fundamental para que os princípios da sustentabilidade sejam incorporados na formação das novas gerações.

3.3 Biocombustíveis

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que regula o grupo de aprendizagens fundamentais a serem trabalhadas ao longo das etapas e modalidades do ensino médio, as questões ambientais e os biocombustíveis são temas dos eixos formativos.

(EM24CN05) Avaliar o impacto ambiental gerado pelo uso de combustíveis fósseis, biocombustíveis e fontes alternativas de energia, considerando parâmetros, como a energia de combustão, geração de gás carbônico e de outras substâncias, eficiência energética, processo de produção do combustível; analisar o consumo desigual de energia por diferentes países e fenômenos como o efeito estufa e o aquecimento global (BRASIL, 2016, p. 618).

A combustão desempenhou um papel central especialmente no que diz respeito aos combustíveis fósseis, a queima desses produtos tem causado vários problemas ambientais. A mudança dos combustíveis fósseis para fontes de energia mais sustentáveis e limpas, como os biocombustíveis, é uma tentativa de combater as alterações climáticas, reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e minimizar os efeitos das alterações climáticas (PENA, 2025).

“O Brasil tem papel de destaque no cenário mundial de produção e uso de biocombustíveis, em especial com relação ao bioetanol produzido a partir de cana-de-açúcar e o biodiesel derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais” (VIDAL, 2019). De acordo com LEITE (2007) as políticas energéticas no Brasil começaram a ser implantadas no começo dos anos 70, a atenção para a qualidade do ar nas grandes cidades e os impactos ruins das emissões dos veículos movidos a combustíveis fósseis, despertou o interesse para o uso de biocombustíveis, sendo muito importantes para a inclusão do álcool e do biodiesel como matriz energética no País. Na década de 80 pesquisadores começaram alertar os Governos sobre o aquecimento global, a queima de combustíveis fósseis seria a principal responsável por esse fenômeno e os altos índices de dióxido de carbono no ar, o principal gás de efeito estufa (GEE).

O RenovaBio, é uma Política Nacional de Biocombustíveis, criada pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Seu objetivo principal é contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor de transportes e aumentar a produção e o uso sustentável de biocombustíveis no Brasil.

No setor de transporte, espera-se que a demanda por biocombustíveis aumente progressivamente, devido à implementação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que entrou em vigor no início de 2020, e visa contribuir para a regularidade do abastecimento, assim como para a participação competitiva dos diferentes biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis (EPE, pág. 117, 2020).

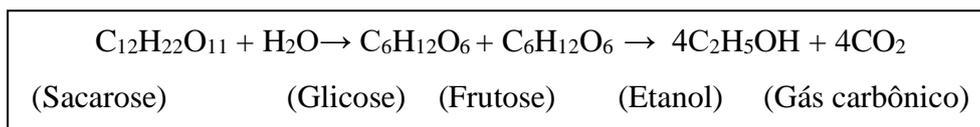
A redução de GEE associada ao maior consumo de biocombustíveis no lugar de combustíveis fósseis é um resultado expressivo nas políticas de mitigação associadas à produção de biocombustíveis (ETE, pág. 126, 2020).

Dessa forma, torna-se muito importante o conhecimento sobre biocombustíveis para promover uma transição energética global sustentável, criando uma sociedade mais resiliente às crises energéticas e ambientais.

3.3 Bioetanol

O etanol (C_2H_5OH), também conhecido como álcool etílico, é um composto orgânico pertencente à função álcool, amplamente utilizado como combustível e solvente. Pode ser obtido tanto por meio de processos petroquímicos, como a hidratação do eteno (C_2H_4), quanto por vias renováveis, como a fermentação de açúcares presentes na biomassa vegetal. A principal distinção entre etanol e bioetanol reside, portanto, em sua origem: o primeiro pode ter base fóssil, enquanto o segundo é derivado de matérias-primas renováveis, como a cana-de-açúcar (FELTRE 2012).

O processo de produção do bioetanol envolve três etapas principais. Primeiro, a matéria-prima, como a cana-de-açúcar, é preparada por meio da extração do caldo rico em sacarose. Em seguida, leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) são adicionadas para promover a fermentação alcoólica, na qual converte a sacarose em glicose e frutose. Nesse processo, os açúcares presentes (glicose e frutose) são convertidos em etanol (álcool etílico) e dióxido de carbono (CO₂), conforme representado na equação abaixo:



Equação da reação global da fermentação da sacarose em etanol e gás carbônico

A utilização do bioetanol como biocombustível tem sido amplamente discutida em função de seu potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, colaborando para uma matriz energética mais limpa e sustentável (EPE, 2020). A produção de bioetanol pode ser uma oportunidade econômica para países que possuem abundância de recursos agrícolas, como o Brasil, um dos principais produtores globais de bioetanol derivado da cana-de-açúcar.

Como o Brasil é um dos mais tradicionais produtores de cana-de-açúcar e possui grande extensão territorial, a cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura (DIAS, 1997 apud MAULE et al 2001, 295).

A produtividade da cana-de-açúcar depende de fatores como clima, tipo de solo e variedades cultivadas. No Brasil, essa cultura se espalha praticamente por todo o território nacional, mantendo sua relevância econômica. Do ponto de vista ambiental, o cultivo da cana-de-açúcar apresenta um ciclo de vida favorável. A cana-de-açúcar é uma planta altamente eficaz na absorção de dióxido de carbono (CO₂) durante seu crescimento, o que auxilia na mitigação das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. O bioetanol produzido a partir da cana-de-açúcar serve como um biocombustível renovável que substitui parcialmente os combustíveis fósseis (ANDRADE, et al 2009).

A produção de bioetanol por meio da fermentação de açúcares é uma prática antiga que remonta a civilizações passadas, que fermentavam grãos e frutas para produzir bebidas alcoólicas. Com a Revolução Industrial, a produção de álcool em larga escala aumentou consideravelmente, especialmente para aplicações industriais

(BICALHO, et al, 2012). Contudo, com a chegada da era do petróleo, o bioetanol perdeu espaço como combustível em favor dos combustíveis fósseis, devido à sua maior disponibilidade e custo reduzido. No entanto, crises energéticas, como as da década de 1970, reacenderam o interesse pelo bioetanol como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis.

O Brasil detém uma posição de vanguarda na tecnologia e produção de álcool de cana-de-açúcar, sendo pioneiro no mundo na utilização do etanol em larga escala como combustível. Há algumas décadas, a mistura de etanol à gasolina no Brasil é superior a 20%. A resolução da ANP Nº 19, de 15 de abril de 2015 define o etanol como: “Biocombustível proveniente do processo fermentativo de biomassa renovável, destinado ao uso em motores a combustão interna, e possui como principal componente o etanol, o qual é especificado sob as formas de Etanol Anidro Combustível e Etanol Hidratado Combustível” (ANP, 2019b/ apud VIDAL, 2019, p.3).

Em 1975, durante a crise do petróleo em nível global, o governo brasileiro, em parceria com o setor privado, instituiu o Programa Nacional do Álcool, conhecido como PROÁLCOOL. O principal objetivo do programa era promover a produção de álcool combustível como uma resposta à crise energética mundial, visando diminuir a dependência do país em relação aos combustíveis fósseis e incentivar o uso de fontes de energia renováveis e sustentáveis. O PROÁLCOOL teve um impacto significativo no desenvolvimento da indústria de biocombustíveis no Brasil, além de fomentar a produção e utilização de álcool como combustível (ANDRADE et al, 2009).

O bioetanol apresenta vantagens significativas, como a sustentabilidade, por ser uma fonte renovável obtida de plantas cultivadas anualmente. Seu uso contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, já que as plantas utilizadas absorvem dióxido de carbono durante seu crescimento. Além disso, o bioetanol desempenha um papel estratégico na diversificação da matriz energética, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e fortalecendo a segurança energética global (ANDRADE et al, 2009).

3.5 Sequência Didática

Uma sequência didática é um conjunto organizado e articulado de atividades de ensino e aprendizagem, planejadas com objetivos específicos e estruturadas para promover a construção de conhecimentos por parte dos alunos. Ela se baseia em etapas progressivas que consideram o contexto, os conhecimentos prévios dos estudantes e os objetivos educacionais, visando facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades de forma intencional e significativa (ZABALA, 1998).

De maneira ampla, uma sequência didática pode abranger diferentes abordagens pedagógicas e integrar recursos variados, como materiais didáticos, experimentos, projetos ou tecnologias, para engajar os alunos e promover a interação entre teoria e prática. Ela é composta por momentos-chave, como diagnóstico inicial, introdução de conteúdos, desenvolvimento de atividades, sistematização e avaliação, todos organizados para assegurar a continuidade e a coerência do processo de aprendizagem, segundo Zabala (1998).

A sequência didática não se limita à transmissão de conteúdos, mas busca criar experiências de aprendizagem que conectem o conhecimento ao cotidiano dos alunos, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia e da capacidade de resolver problemas (DEMÉTRIO et al., 2022; MONTEIRO et al., 2019).

A elaboração e a implementação de uma sequência didática envolvem diversos desafios e problemas que podem impactar sua eficácia e o alcance dos objetivos educacionais. Esses desafios podem ser classificados em aspectos relacionados ao planejamento, à execução e à avaliação. Abaixo, são descritos os principais problemas e dificuldades enfrentados:

a) Planejamento da sequência didática é uma sequência de ensino-aprendizagem requer clareza nos objetivos educacionais, alinhados ao currículo e às necessidades dos alunos. O professor deve procurar conhecer o perfil da turma. A escolha de metodologias e recursos é um elemento central, sendo necessário equilibrar estratégias inovadoras com a viabilidade prática. Métodos ativos, como projetos ou resolução de problemas, enriquecem o aprendizado, mas podem enfrentar limitações estruturais ou de formação docente. A interdisciplinaridade, por sua vez, aumenta a relevância do ensino;

b) Execução da sequência didática, na implementação, a gestão do tempo é fundamental. Engajar os alunos, especialmente em turmas grandes e heterogêneas, é desafiador e demanda criatividade e estratégias variadas. A escassez de recursos, como materiais e infraestrutura, limita atividades práticas. Assim, o professor deve buscar alternativas, como materiais adaptados ou recursos digitais;

c) Na avaliação verifica-se o cumprimento dos objetivos e é essencial definir critérios que integrem conhecimentos conceituais, habilidades práticas e atitudes, evitando subjetividades. O “feedback” contínuo é crucial para a motivação e o progresso dos alunos. Apesar das limitações de tempo, ferramentas digitais e discussões coletivas podem tornar essa prática viável.

d) No Contexto Escolar e da realidade social dos alunos, a infraestrutura insuficiente, como falta de laboratórios ou tecnologias, compromete a execução de atividades práticas. Nessas condições, o professor muitas vezes recorre à improvisação, o que pode afetar a qualidade do ensino. As questões administrativas ou falta de apoio institucional dificultam a implementação de sequências didáticas completas e eficazes. A motivação dos alunos também depende de conteúdos que se conectem com sua realidade. Exemplos práticos e contextualização dos temas ajudam a despertar o interesse e a demonstrar a aplicabilidade do aprendizado. (DENARDI, 2017; DEMÉTRIO et al., 2022; MONTEIRO et al., 2019).

A validação de uma sequência didática é uma etapa importante para garantir sua eficácia pedagógica. Segundo ZABALA (1998), uma sequência didática bem planejada deve considerar os interesses dos alunos, sua realidade sociocultural e os objetivos de aprendizagem.

3.6 Experimentação

Ao longo dos anos, a Educação em Ciências tem dado atenção especial ao estudo dos processos de ensino e aprendizagem, devido às dificuldades que muitos alunos enfrentam nessa área. Além disso, há um crescente desinteresse dos estudantes pelas Ciências da Natureza, muitas vezes decorrente da falta de conexão entre os conteúdos ensinados na escola e as situações do cotidiano. Nesse contexto, as atividades experimentais têm o potencial de estabelecer essa ligação (SILVA et al., 2019; WILMO et al., 2019; MARSULO et al., 2005).

Deve ficar claro aqui que a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. A experimentação formal em laboratórios didáticos, por si só, não soluciona o problema de ensino-aprendizagem em Química. As atividades experimentais podem ser realizadas na sala de aula, por demonstração, em visitas e por outras modalidades. Qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida, deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós atividade, visando à construção dos conceitos (BRASIL, 2000, p. 36).

De modo geral, os experimentos podem ser classificados em três categorias principais. A primeira envolve atividades em que o professor desempenha um papel central, enquanto os alunos observam. Essas atividades, de curta duração e integradas às aulas expositivas, são conhecidas como experimentação demonstrativa (GUIMARÃES, 2009; SOUZA et al., 2020). A segunda categoria corresponde aos experimentos destinados à confirmação de leis ou teorias científicas. Apesar das limitações

decorrentes da infraestrutura inadequada, essas atividades são essenciais para validar conceitos cientificamente. Chamadas de experimentação de verificação, elas têm como objetivo fornecer evidências empíricas para princípios científicos. Por fim, a terceira categoria abrange atividades nas quais os alunos participam ativamente, interpretando, interagindo e resolvendo problemas. Essas experimentações investigativas incentivam os alunos a explorar, compreender e solucionar desafios científicos de forma colaborativa e reflexiva (MARTINS et al., 2015).

4. METODOLOGIA

4.1 Ambiente da Pesquisa

Nessa pesquisa buscou-se desenvolver uma sequência didática (SD), separadas em momentos pedagógicos, dos quais desenvolveu-se estratégias como avaliação diagnóstica, problematização, experimentação, imersão universitária e sistematização com foco na conscientização ambiental, incluindo materiais e práticas relevantes para o ensino-aprendizado. A pesquisa é descritiva, exploratória, de caráter investigatório, com abordagem quantitativa e qualitativa.

A aplicação das atividades foi realizada durante o segundo semestre de 2024 no Colégio Estadual Deborah Mendes de Moraes (nível médio), pertencente à Rede Estadual de ensino do Rio de Janeiro (SEEDUC) e situada na cidade do Rio de Janeiro no bairro de Pedra de Guaratiba. E na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (nível superior).

A pesquisa envolveu a participação de 36 alunos, tanto a instituição escolar, quanto todos os participantes foram esclarecidos dos objetivos e possíveis riscos e benefícios de sua participação nesta pesquisa (Apêndice 1 e 2).

4.2 Sequência Didática

As aulas ocorreram durante seis semanas (Quadro 1), inicialmente foi realizada uma avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos por meio de um questionário. Na segunda semana, ocorreu uma aula expositiva abordando os biocombustíveis e suas implicações ambientais. Na terceira semana executou-se o processo de fermentação através do caldo de cana e fermento biológico, na quarta

semana realizou-se a experimentação de destilação do mosto fermentado em sala de aula, com materiais de baixo custo.

Na quinta semana, os alunos participaram de uma visita à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), que incluiu uma visita guiada ao Jardim Botânico (JB) conduzida por uma instrutora. Posteriormente, o grupo foi recepcionado no Restaurante Universitário (RU) para o almoço. Durante a tarde, o experimento de destilação do bioetanol foi novamente realizado, desta vez em um laboratório de Química Orgânica, utilizando uma aparelhagem específica composta por balão de fundo redondo, condensador, termômetro, suporte universal com garras, mangueiras para circulação de água e sistema de aquecimento.

Com o objetivo de contextualizar a temática das fontes alternativas de energia, foi conduzido um experimento demonstrativo de produção de gás hidrogênio (H_2), a partir da reação entre alumínio metálico e solução de ácido clorídrico (HCl). O hidrogênio gerado foi coletado em uma bexiga e, posteriormente, inflamado, evidenciando sua inflamabilidade e potencial energético.

O mesmo instrumento de avaliação foi replicado após a visita à universidade, permitindo a comparação dos conhecimentos adquiridos ao longo do processo. A coleta de dados foi realizada por meio de registros e documentações das atividades, permitindo a organização e análise das informações. Para facilitar a visualização e interpretação dos resultados, os dados foram organizados e representados por meio de gráficos elaborados no Microsoft Excel e de uma nuvem de palavras gerada no site WordArt¹. As atividades de cada aula podem ser observadas no Quadro 1.

¹ <https://wordart.com/>

Quadro 1- Planejamento das aulas da Sequência didática

Etapas	Sequência didática	Atividades
Avaliação Diagnóstica	Questionário	Verificar o conhecimento prévio sobre biocombustíveis e bioetanol
Problematização	Aula expositiva	Aula conceitual sobre biocombustível, fermentação, produção de bioetanol e questões ambientais.
Desenvolvimento	Experimentação	Fermentação do caldo de cana em sala de aula.
Desenvolvimento	Experimentação	Destilação do bioetanol com materiais alternativos em sala de aula.
Desenvolvimento	Imersão universitária.	Visitação a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Aula conceitual sobre biocombustível. Destilação do bioetanol em laboratório.
Sistematização	Questionário	Aplicação do questionário, para validação e comparação do desempenho final.

Fonte: A autora

4.3 Materiais e Métodos

A presente proposta foi desenvolvida com base em uma abordagem didática envolvendo a produção de bioetanol por meio da fermentação do caldo de cana-de-açúcar, seguida por destilação simples e teste de chama do etanol. O experimento foi conduzido com materiais alternativos e acessíveis, adequados à realidade da escola pública em que a atividade foi aplicada.

É importante ressaltar que o experimento em si não é inédito, tendo sido previamente descrito por BRAIBANTE et al. (2013), em um trabalho desenvolvido no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Nesta pesquisa, a proposta foi adaptada e inserida em uma sequência didática com fins reflexivos, integrando conceitos de química, questões ambientais e sociais no contexto da produção de biocombustíveis.

4.3.1 Processo de fermentação do caldo de cana.

- 1 Litro de caldo de cana fresco;
- 40g de Fermento biológico comercial, utilizado na produção de pães;
- Garrafa pet 5L;
- Válvula bloqueadora de ar;

Em uma garrafa de 5 litros adicionou-se 1 litro caldo de cana e 40g de fermento biológico, Figura 1.

A válvula bloqueadora foi inserida na tampa da garrafada, ou seja, realizado um furo na mesma e posteriormente foi colada. Certificou-se que a vedação estava bem ajustada para evitar a entrada de ar externo. Agitou-se o sistema, deixando-o em repouso sobre a luz solar por uma semana. Após este tempo o fermentado foi filtrado por meio de uma garrafa PET limpa, cortou-se a parte superior, aproximadamente um terço da altura da garrafa (a seção do gargalo). Essa parte cortada utilizou-se como um funil adicionando-se papel de filtro, a fim de filtrar o mosto. A parte inferior da garrafa foi reutilizada como recipiente para coletar o líquido filtrado.

fonte: Arquivo pessoal



Figura 1- Aparato para o processo de fermentação.

4.3.2 Destilação do bioetanol com material alternativo

- Fogão chapa elétrico de mesa
- Bule 600 ml
- 2 Garrafas PET 2L
- Mangueira de silicone
- Papel de filtro coador de café
- Copo de vidro
- Colher de sopa
- Funil

Preparou-se o aparato de destilação, Figura 2, garantindo que todas as conexões estivessem hermeticamente seladas com massa epóxi. Em um bule, com auxílio de um funil, adicionou-se o mosto filtrado, conectando o bico do bule a mangueira de silicone, a mesma estava enrolada dentro de uma garrafa PET congelada, a garrafa atuou como condensador.

O bule com mosto foi aquecido num fogão elétrico de mesa (placa de aquecimento), sem controle da temperatura, aguardou-se em torno de 15 minutos as primeiras gotas do destilado, o bioetanol. O bioetanol obtido foi submetido a uma reação de combustão a partir da chama de um palito de fósforo.

fonte: Arquivo pessoal



Figura 2- Aparato para o processo de destilação

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos questionários

Um questionário com várias perguntas foi elaborado e aplicado na classe com o intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, após a prática foi aplicado o mesmo questionário. Os resultados iniciais evidenciaram que, embora a maioria dos estudantes já apresentasse certa familiaridade com o conceito de biocombustível, ainda havia lacunas conceituais a serem preenchidas. Segue os resultados abaixo:

Pergunta 1: “Defina o que são biocombustíveis?”

Os resultados da avaliação inicial e final, representados na Figura 3, mostram que após a intervenção, 100% (36) dos participantes responderam corretamente, eliminando o erro. Esse resultado reforça a relevância do conhecimento prévio dos alunos como ponto de partida para a construção do novo saber, conforme defendido por autores da área da educação.

O termo biomassa é frequentemente utilizado no contexto da produção de biocombustíveis. Segundo o Dicionário Michaelis (2025), biomassa é definida como: "matéria orgânica de origem vegetal ou animal, utilizada como fonte de energia." Essa definição reforça a ideia de que biocombustíveis são produzidos a partir de recursos orgânicos renováveis, o que os diferencia dos combustíveis fósseis.

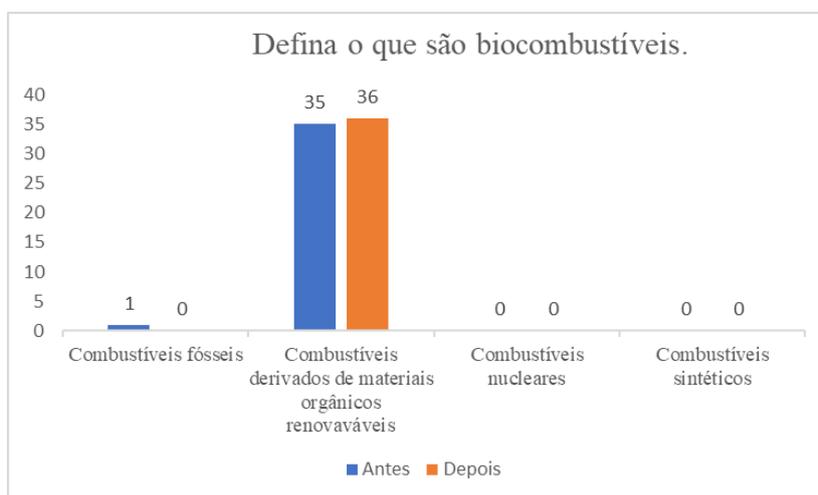


Figura 3- Gráfico das repostas da pergunta 1 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 2: “O que é bioetanol?”

Os dados, da Figura 4, evidenciam uma evolução expressiva no conhecimento dos alunos sobre o tema, com base na comparação entre as respostas dadas antes e após as atividades da sequência didática, houve um aumento de 50%, alcançando 83% dos alunos.

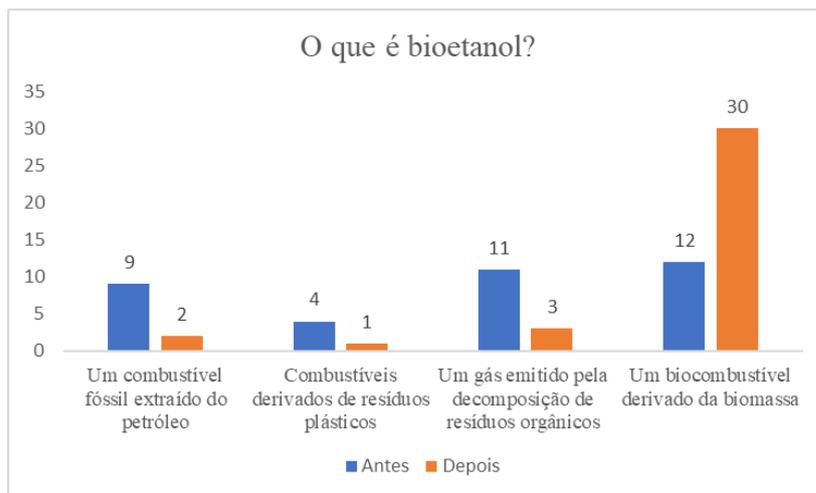


Figura 4- Gráfico das repostas da pergunta 2 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 3: “Qual é a matéria-prima principal para a produção de bioetanol?”

A figura 5, mostrou que 58% (21) dos alunos identificaram corretamente a cana-de-açúcar como a principal matéria-prima para a produção de bioetanol. Após as atividades, essa porcentagem aumentou para 100% (36), evidenciando um progresso marcante na compreensão do tema e aplicação da sequência didática. O artigo de RODRIGUES (2011) destaca que a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima para a produção de bioetanol no Brasil, devido à sua alta produtividade e eficiência energética. Nos Estados Unidos, o milho é amplamente utilizado, enquanto na Europa, a beterraba é uma fonte comum para a produção de etanol. Entretanto, essas formas não foram discutidas como os alunos.

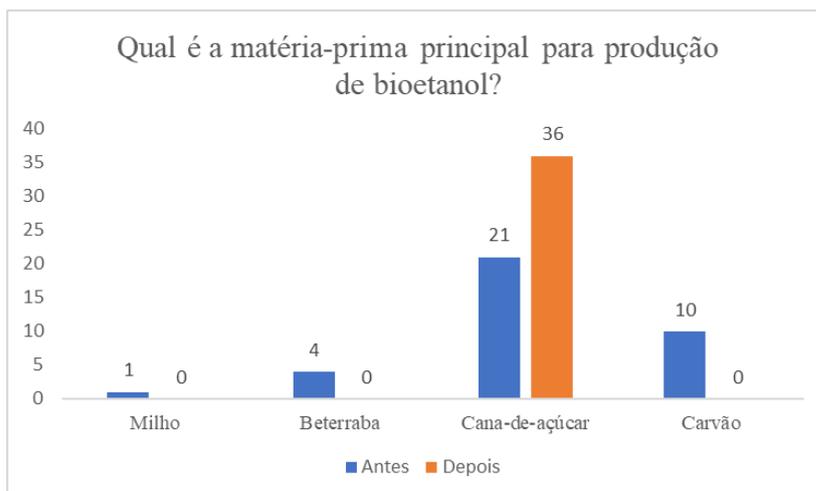


Figura 5- Gráfico das repostas da pergunta 3 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 4: “Como o bioetanol é produzido?”

O resultado obtido, revelou um avanço significativo no entendimento dos processos envolvidos na produção desse biocombustível (Figura 6). Antes das atividades, 64% (23) dos alunos responderam corretamente que o bioetanol é produzido "a partir da fermentação de açúcares". Após as atividades, essa porcentagem aumentou para 100% (36), demonstrando um aumento de 36% (13).

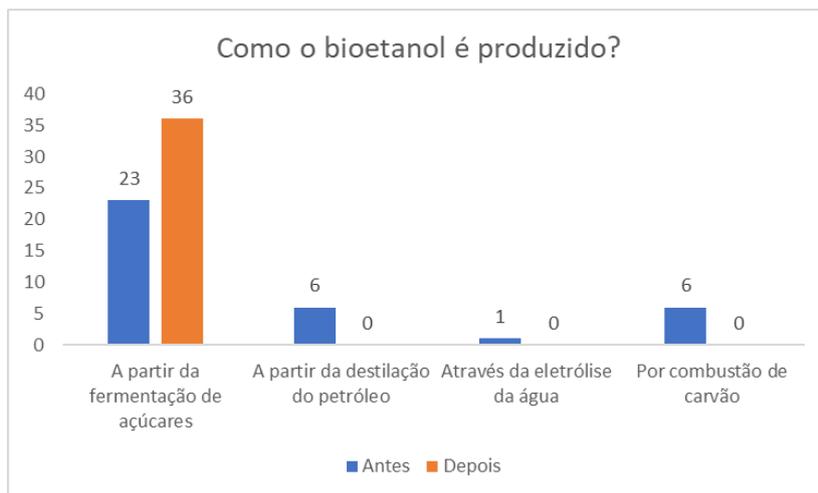


Figura 6- Gráfico das repostas da pergunta 4 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 5: “Qual é o processo utilizado para converter a matéria-prima em bioetanol?”

Na Figura 7, inicialmente, 14% (5) dos alunos associaram a conversão da matéria-prima ao processo de destilação, enquanto 17% (6) apontaram a reação química. Após as atividades, esses percentuais caíram para 8% (3) e 14% (5), respectivamente. Não houve registros de respostas indicando "decomposição" em nenhuma das etapas. Antes 69% (25) dos alunos identificaram corretamente a fermentação como o processo principal. Após as atividades, esse percentual aumentou para 78% (28), não houve um aumento significativo após a sequência didática, talvez por conta da própria pergunta em si, alguns alunos podem ter interpretado a pergunta de forma imprecisa, confundindo o processo de conversão (fermentação) com etapas subsequentes, como a destilação, etapas vistas durante a experimentação. Durante as atividades, pode ter havido maior ênfase em explicar outras etapas importantes, como a destilação, que pode ter gerado alguma confusão entre os alunos que já tinham o conceito básico de fermentação. Essa confusão poderia explicar as respostas incorretas relacionadas à "destilação" e "reação química" (Figura 7).

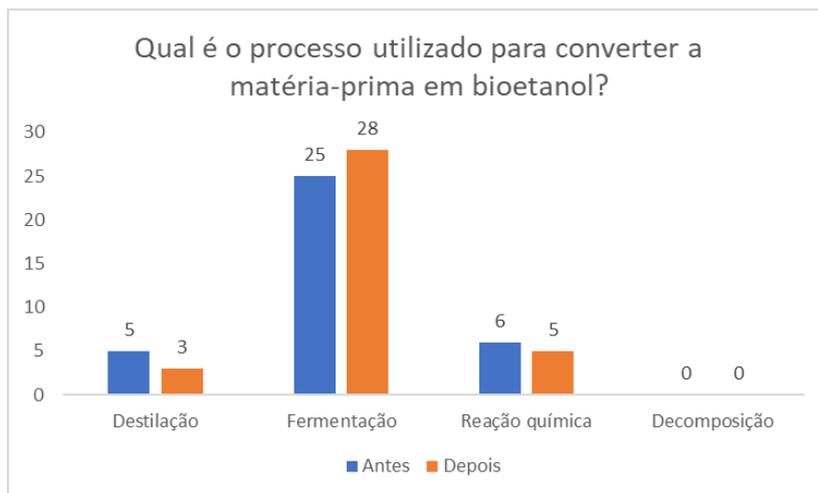


Figura 7- Gráfico das repostas da pergunta 5 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 6: “Qual é o principal produto gerado no processo na produção de bioetanol?”

Antes da sequência didática, 58% (21) dos alunos marcaram "etanol" como resposta correta, enquanto após as atividades esse percentual subiu para 100% (36) (Figura 8).

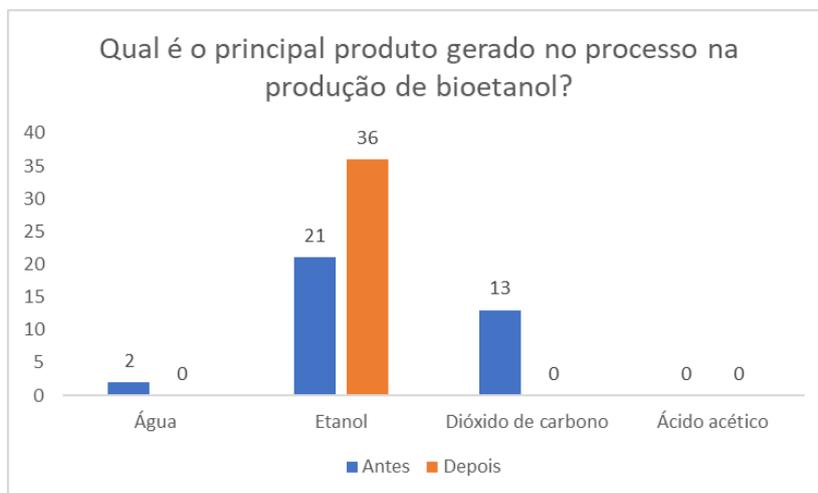


Figura 8- Gráfico das repostas da pergunta 6 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 7: “Qual é o principal benefício ambiental do uso de bioetanol em comparação com combustíveis fósseis?”

Redução das emissões de gases de efeito estufa, foi a alternativa mais escolhida tanto antes quanto depois. Houve um aumento de 11% (4), indicando maior conscientização sobre este benefício do bioetanol após a sequência didática, (Figura 9).

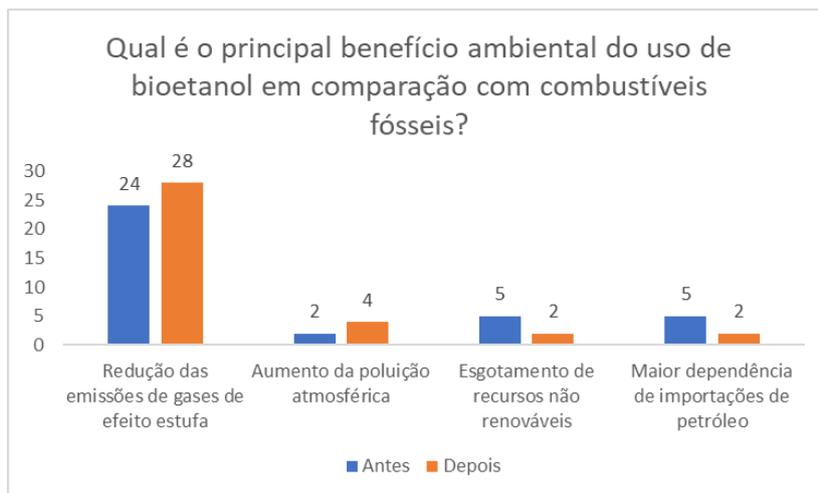


Figura 9- Gráfico das repostas da pergunta 7 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 8: “Um desafio associado ao uso de recursos alternativos é:”

Em relação aos desafios encontrados no uso de recursos alternativos, antes da sequência didática parece que houve uma dúvida por parte da turma, mostra que 36% (13) acreditavam que tinha baixo impacto ambiental e 36% (13) custo inicial elevado (Figura 10). Após a sequência didática houve uma compreensão do assunto e houve um aumento para 30% (11) para a resposta correta, que o custo inicial elevado é o principal obstáculo, enquanto os outros fatores, como baixo impacto ambiental e alta densidade energética, foram corretamente interpretados como não sendo desafios relevantes.

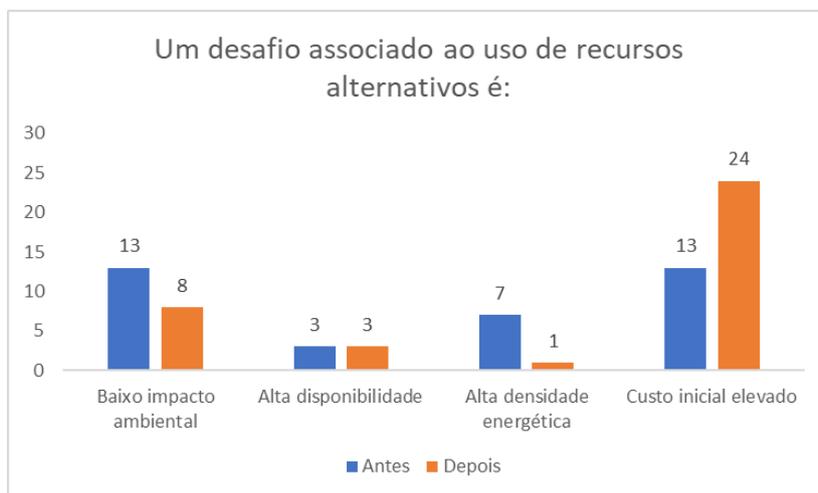


Figura 10- Gráfico das repostas da pergunta 8 antes e depois da sequência didática.

Pergunta 9: “Qual é a sua opinião sobre a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis?”

As Figuras 11 (antes) e 12 (depois) trazem as nuvens com as palavras mais frequentes nas respostas obtidas pelos discentes sobre a opinião deles sobre a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis. O termo mais destacado é "redução de gases do efeito estufa", (Figura 12), que demonstra um aprofundamento técnico maior na compreensão dos impactos ambientais positivos dos biocombustíveis. Após a sequência didática, o vocabulário inclui termos mais relacionados às vantagens sustentáveis, indicando maior conscientização sobre o papel dos biocombustíveis na transição energética.

Fonte: criada no wordart pela autora



Figura 11- Nuvem de palavras que expressam as respostas antes da sequência didática.

Fonte: criada no wordart pela autora



Figura 12- Nuvem de palavras que expressam as respostas depois da sequência didática.

Pergunta 10: “Quais são, na sua visão, os maiores desafios e oportunidades para o uso de biocombustíveis no Brasil?”

As Figuras 13 (antes) e 14 (depois) trazem as nuvens com as palavras mais frequentes nas respostas obtidas pelos discentes sobre os maiores desafios e oportunidades para o uso de biocombustíveis no Brasil. A Sequência didática parece ter ampliado a compreensão dos participantes sobre os benefícios e desafios dos biocombustíveis, equilibrando preocupações econômicas com questões ambientais. O resultado da pergunta 10 mostra que os alunos entenderam que o custo elevado é principal desafio à transição da matriz energética. O foco inicial nos custos foi complementado por reflexões mais abrangentes sobre sustentabilidade, impacto ambiental e dependência energética.

Fonte: criada no wordart pela autora

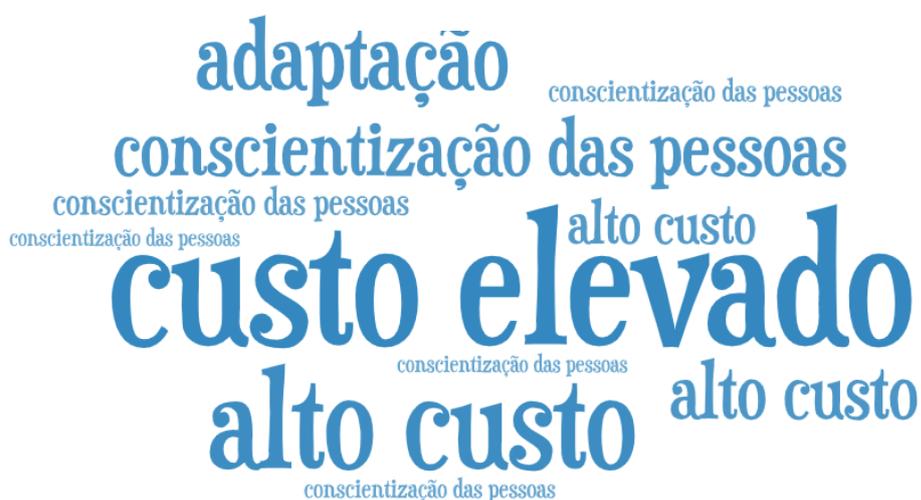


Figura 13- Nuvem de palavras que expressam as respostas antes da sequência didática.

Fonte: criada no wordart pela autora



Figura 14- Nuvem de palavras que expressam as respostas depois da sequência didática.

5.2 Atividades realizadas na aplicação da sequência didática

As atividades realizadas ao longo das semanas permitiram uma análise detalhada do impacto das práticas educativas no aprendizado dos alunos. A avaliação diagnóstica inicial revelou que os participantes possuíam conhecimento prévio sobre biocombustíveis e suas implicações ambientais, indicando a necessidade de um aprofundamento teórico e prático.

A aula expositiva sobre biocombustíveis foi fundamental para estabelecer a base conceitual necessária, permitindo que os alunos compreendessem os processos relacionados à produção e ao uso sustentável de combustíveis alternativos. A execução do processo de fermentação utilizando caldo de cana e fermento biológico demonstrou ser uma estratégia eficiente para engajar os alunos, visto que proporcionou uma experiência prática e conectada à realidade.

A etapa de destilação em sala de aula consolidou os conhecimentos adquiridos, demonstrando na prática como o etanol é separado de uma solução fermentada. No entanto, foi observado que a limitação dos equipamentos disponíveis em sala de aula não influenciou na eficiência do processo, destacando a importância de recursos laboratoriais adequados para experiências mais completas.

A visita à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) foi um marco no processo educativo. Durante o *tour* pelo Jardim Botânico (guiada pela monitora), os alunos tiveram contato com diferentes espécies vegetais e aprenderam sobre a biodiversidade, relacionando o conteúdo com a importância de fontes renováveis. A repetição do experimento de destilação em um laboratório de química orgânica proporcionou resultados mais precisos devido ao uso de equipamentos adequados, como destiladores de vidro e fontes de calor controladas. O gás gerado, hidrogênio, captado em um balão, da reação entre alumínio e ácido clorídrico, posteriormente inflamado, demonstrou as propriedades do hidrogênio como combustível, promovendo discussões sobre alternativas energéticas e sustentabilidade. Cabe ressaltar que todos os experimentos foram demonstrativos, não houve a participação dos alunos na execução dos mesmos.

Os questionários aplicados antes e após as atividades indicaram um aumento significativo no conhecimento dos alunos. Os dados obtidos mostraram que os alunos passaram a compreender de maneira mais abrangente os processos de fermentação, destilação e a importância de fontes de energia renováveis. O comparativo entre as

respostas dos dois momentos evidenciou que a combinação de aulas teóricas, práticas experimentais e visitas técnicas foi eficaz para consolidar o aprendizado.

Esses resultados validam a aplicação da sequência didática, demonstrando que experiências interativas e práticas em ambientes diversificados, como salas de aula, laboratórios e espaços universitários, desempenham um papel crucial no desenvolvimento do conhecimento científico e na formação de cidadãos mais conscientes sobre as questões ambientais e energéticas. Estudos como o de NICULAU et al. (2023), diz que o tema biocombustíveis, tem se mostrado eficaz para promover a contextualização do conteúdo, o pensamento crítico e a aproximação entre ciência e sociedade. Além disso, a utilização de metodologias ativas, como questionários, jogos didáticos, análises de filmes e experimentações, potencializa o engajamento e a compreensão por parte dos estudantes.

Portanto, discutir os biocombustíveis em sala de aula vai além de apresentar uma fonte alternativa de energia, trata-se de uma oportunidade de promover educação científica crítica e cidadã, alinhada aos desafios contemporâneos da sociedade.

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa ajuda a preparar as novas gerações para enfrentar os desafios ambientais do século XXI, promovendo o uso de fontes de energia renováveis e o respeito pelo meio ambiente.

A avaliação geral da pesquisa indicou que a combinação de atividades teóricas e práticas em diferentes ambientes educacionais é uma estratégia eficiente para estimular o interesse dos alunos e promover a construção do conhecimento de forma mais significativa, embora a gente neste trabalho não conseguiu aferir a permanência deste aprendizado. A destilação do bioetanol, seja utilizando um destilador alternativo ou um destilador de laboratório, oferece valiosas oportunidades de aprendizagem. Um destilador alternativo é particularmente adequado para apresentar aos alunos os princípios fundamentais da destilação e estimular a curiosidade científica, pois a sua simplicidade torna o processo mais acessível. Por outro lado, um destilador de laboratório oferece uma perspectiva mais precisa e científica do processo, permitindo aos alunos observar como o controle variável afeta diretamente a qualidade do bioetanol produzido.

Dessa forma, conclui-se que a utilização de Sequências Didáticas estruturadas em momentos pedagógicos diversificados, incluindo experimentação e imersão acadêmica, é uma estratégia eficaz para o ensino de conteúdos científicos e ambientais. Os resultados reforçam a importância de práticas educativas inovadoras que associem teoria e prática, incentivando a formação de cidadãos mais críticos e conscientes sobre questões energéticas e ambientais.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.T., CARVALHO, S.R.G., & SOUZA, L.F. **Programa do Proálcool e o Etanol no Brasil**. ENGEVISTA, 127-136. 2009 Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/download/8847/6315>. Acesso em 04 de novembro 2024.

ANDRADE, J. B.; et al. **Biocombustíveis: desafios e perspectivas**. Revista Brasileira de Energia, v. 15, n. 2, p. 120-140, 2009. Acesso em 04 de novembro 2024.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Biocombustíveis**. Disponível em: Acesso em: <https://www.gov.br/anp>. Acesso em 04 de novembro 2024.

BICALHO, L. M.; et al. **Produção de bioetanol no Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras**. Revista Brasileira de Engenharia Química, v. 29, n. 4, p. 85-97, 2012.

BICALHO, ROSILENE SIRAY; [et al]. **A cana-de-açúcar como tema para o ensino das ciências humanas e da natureza**- Belo Horizonte RHJ 2012 - 166 p.

BIOMASSA. In: Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2025. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>. Acesso em: 04 dezembro 2024.

BRAIBANTE, M. E. F. et al. A cana-de-açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico: uma abordagem interdisciplinar. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 3-10, 2013. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) 2ª versão revista**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2016/05/BNCC-BOOK-WEB.pdf>. Acesso em: 04 dezembro 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM**, 2000. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 04 dezembro 2024

BRASIL. Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. **Instituiu Política Nacional de Educação Ambiental**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 04 dezembro 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.945, de 31 de julho de 2024**. Altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional para incluir a educação ambiental como componente curricular obrigatório. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 jul. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14945-31-julho-2024-796017-publicacaooriginal-172512-pl.html>. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA)**. 20024 Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secex/dea/pnea/programa-nacional-de-educacao-ambiental-pronea>. Acesso em: 31 mar. 2025.

CARVALHO, A. P.; SILVA, R. T. **Construção de equipamentos experimentais com materiais alternativos: Ensino de Química**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 8, n. 3, p. 33-48, 2017.

COSTA, R. S.; SANTOS, M. A. **A pedagogia da autonomia e a educação crítica: reflexões sobre Paulo Freire**. Revista Educação e Sociedade, v. 41, n. 2, p. 345-362, 2020.

DEMÉTRIO, L. C.; et al. **Estratégias didáticas no ensino de ciências: reflexões sobre a construção do conhecimento**. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática, v. 14, n. 1, p. 55-72, 2022.

DE LIMA, JÚNIA MARIA FERRARI; RIERA, HERNAN ESPINOZA; ZANATA, LUCAS YURI ALVES. **A extensão em construção: uma experiência de 'imersão' em Raposos/MG**. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2019. Disponível em: <https://xviiiinanpur.anpur.org.br/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1460>. Acesso em: 10 janeiro 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia---PNE>. Acesso em: 7 abr. 2025.

FELTRE, R. **Química: Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2012.

FERREIRA, R. S.; LOPES, J. C. **O papel do desequilíbrio cognitivo na aprendizagem infantil: uma revisão crítica das contribuições de Piaget**. Revista Brasileira de Educação Cognitiva, v. 23, n. 2, p. 45-60, 2021.

GOMES, A. M.; PAIS, S. M.; & BARBOSA, A. **Sequência didática como instrumento de promoção da aprendizagem significativa**. Revista Eletrônica DECT,

9(1), 292-305. 2019. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/1277>. Acesso em 04 de novembro 2024.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química nova na escola, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>.

HORN, P. A. **Práticas com materiais alternativos no ensino da química: uma nova percepção**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14822>. Acesso em: 10 janeiro 2025.

JACOBI, P. R. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, n. 118, p. 189-205, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/kJbkFbyJtmCrfTmfHxktgnt>. Acesso em: 10 janeiro 2025.

LEITE, R. C. de C.; LEAL, M. R. L.V. **O biocombustível no Brasil**. Novos estudos CEBRAP, p. 15-21, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/8FyQn8jGsFVfzGZyst4CWbc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 novembro 2024.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR, G. B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. Scientia Agrícola, v. 58, p. 295-301, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/zNNqnSFxZ9dsZVj8sTCSLmc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 04 de novembro 2024.

MONTEIRO, D. C.; et al. **A sequência didática como metodologia de ensino-aprendizagem na educação básica**. Revista Educação e Pesquisa, v. 45, n. 1, p. 125-143, 2019.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. 3º Edição, São Paulo: Editora Centauro, 2011.

NICULAU, E. dos S.; OLIVEIRA, D. A. B. de.; OLIVEIRA, Ícaro M.. Biodiesel: Um tema gerador para o estudo da química do éster e da poluição atmosférica. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 12, n. 7, p. e8612742611, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42611>. Acesso em: 18 apr. 2025.

NOVA CANA. **Processos da fabricação do etanol**. 2025. Disponível em: <https://www.novacana.com/etanol/fabricacao/>. Acesso em: 10 janeiro 2025.

OCTAVIANO, C. **Mudança de petróleo para biomassa impulsiona a química verde**. ComCiência, n. 130, 2011. Disponível em:

https://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542011000600004&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 janeiro 2025.

PENA, R. F. A. "**Combustíveis fósseis**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/combustiveis-fosseis.htm>. Acesso em 07 de janeiro de 2025.

PITANGA, A. F. et al. **Pensar a experimentação no ensino de química: experimentos adaptados com materiais de fácil aquisição**. 2019. Disponível em: https://www.ifs.edu.br/images/EDIFS/ebooks/2019.2/E-Book_-_Pensar_a_experimental%C3%A7%C3%A3o_no_ensino_de_qu%C3%ADmica_experimentos_adaptados_com_materiais_de_f%C3%A1cil_aquisi%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 10 janeiro 2025.

PITANGA, A. F. **Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas**. Revista Ensaio, v. 18, n. 3, p. 141-159, 2016.

PITANGA, L. M. **Impactos ambientais e os desafios da indústria química no século XXI**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 10, n. 2, p. 45-58, 2016.

ROCHA, J. da; COELHO, A. D. M.; CORDEIRO, F. C.; RODRIGUES-SANTOS, C. E. **Elaboração e aplicação de uma atividade experimental de cunho investigativo baseado em reações colorimétricas**. CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, [S. l.], v. 17, n. 9, p. e10433, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.9-124. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/10433>. Acesso em: 9 jan. 2025.

RODRIGUES, J. A. R. Do engenho à biorrefinaria: a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Química nova**, v. 34, p. 1242-1254, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/N8VRCFzyBvJ74TmDfyVCYfG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 31 março de 2025.

SARTORI, E. R.; BATISTA, E. F.; SANTOS, V. B.; FILHO, O. F. **Construção e Aplicação de um Destilador como Alternativa Simples e Criativa para a Compreensão dos Fenômenos Ocorridos no Processo de Destilação**. Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 55-57, 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/10-EEQ-0308.pdf. Acesso em: 10 janeiro 2025.

SILVA, J. **Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352979400_Cana-de-acucar_Aspectos_economicos_sociais_ambientais_subprodutos_e_sustentabilidade. Acesso em 04 de novembro 2024.

SANTOS, J. V. de A. dos; SILVA, G. R.; GANDRA, L. P.; KWIATKOWSKI, A.; GOMES, A. dos S. G. **Propriedades da cana-de-açúcar e qualidade da bebida**

brasileira caldo de cana. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/4793/1847>. Acesso em 04 de novembro 2024.

SOUZA, M. R.; ALMEIDA, P. F. **A importância da interação social na aprendizagem: contribuições de Vygotsky.** Cadernos de Psicopedagogia, v. 30, n. 1, p. 75-92, 2022.

VIDAL, M. de F. **Produção e uso de biocombustíveis no Brasil.** 2019. https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/630/1/2019_CDS_79.pdf. Acesso em: 04 dezembro 2024.

_____. Lei no 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 27 dez. 2017. Seção I, p. 4-5. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/1393526/do1-2017-12-27-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-1393522. Acesso em: 04 dezembro 2024.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

Apêndice 1: Termos De Livre Consentimento Esclarecido (TLCE)

Prezado(a) aluno(a),

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “Produção de biocombustível, através do caldo de cana, atividade lúdica no ensino de química”, cujo objetivo é aplicar uma abordagem diferente comparando-a com a tradicional para o ensino do tópico Química nas turmas concluintes do ensino médio.

Esta participação contribuirá para o projeto de dissertação e na construção de um produto educacional, requisitos para obtenção da titulação de Mestre em Química do Programa de Mestrado Profissional em Química em rede nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Dessa forma, você está sendo convidado a disponibilizar seus dados socioeconômicos e desempenho avaliativo na disciplina para posterior reunião de dados, discussão sobre resultados obtidos

comparando-os com o uso de outras metodologias de ensino e, por fim, chegada a conclusões que culminem em proposta de melhoria do processo de ensino-aprendizagem de química no ensino médio.

Será assegurado ao participante desta pesquisa que:

1. Este estudo não implica em nenhum risco para sua saúde, apenas a disponibilidade de tempo para participação nas aulas e atividades avaliativas em sala de aula;
2. Os dados e resultados individuais desta pesquisa estão sob sigilo ético, portanto não serão mencionados os nomes ou qualquer dado pessoal dos participantes em nenhuma apresentação oral ou trabalho escrito que venha ser publicado;
3. Havendo necessidade de ilustrar por meio de fotografias a participação dos estudantes em alguma atividade do projeto, para fins de divulgação dos resultados da pesquisa, será assegurado o direito do participante manifestar por escrito a não autorização de divulgação de sua imagem;
4. A participação nesta pesquisa pode ser interrompida a qualquer momento, se o(a) participante assim o decidir, sem que isto implique em nenhum prejuízo pessoal ou institucional para si;
5. A participação nesta pesquisa não acarretará nenhum custo ao participante, bem como não resultará em nenhuma compensação financeira por sua participação na mesma.

Caso tenha dúvida, contate-nos pelo e-mail: quimica.lizandra@gmail.com

Lizandra Cristina do A. S. e S. Santos.

Professora Pesquisadora

Docente de Química no C. E. Deborah Mendes de Moraes /SEEDUC-RJ.

Discente do Programa de Mestrado Profissional em Química em rede nacional (PROFQUI)

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos

Professor Orientador

Prof. Adjunto / Dep. de Química Fundamental / Instituto de Química

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Eu, abaixo assinado, autorizo a realização da pesquisa e declaro que fui devidamente informado e **esclarecido** pelo professor-pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da mesma. Foi-me garantido que posso retirar meu **consentimento** a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Nome do Aluno:

Nome do Responsável:

Assinatura do responsável:

Apêndice 2: Termo de Anuência

Prezado(a) Diretor(a),

Solicitamos autorização para desenvolver a pesquisa intitulada “Produção de biocombustível, através do caldo de cana, atividade lúdica no ensino de química” que será desenvolvida nesta instituição, cujo objetivo é desenvolver e aplicar uma Sequência Didática (SD) focada na conscientização ambiental e no ensino sobre biocombustíveis, utilizando estratégias pedagógicas variadas.

Esta autorização contribuirá para realização do projeto de dissertação e na construção de um produto educacional, requisitos para obtenção da titulação de Mestre em Química do Programa de Mestrado Profissional em Química em rede nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

As atividades a serem desenvolvidas serão: aulas contextualizadas utilizando o tema combustíveis como norteador da discussão, sendo os sub tópicos: Apresentar aula conceitual sobre: Biocombustíveis, como são produzidos a partir de biomassa, etapas da produção de bioetanol através da cana-de-açúcar. Questões ambientais do uso de bioetanol em comparação com combustíveis fósseis. Experimentos práticos em sala de aula e imersão universitária.

Será assegurado aos participantes desta pesquisa que: este estudo não implicará em nenhum risco para sua saúde, apenas a disponibilidade de tempo para participação e atividades avaliativas em sala de aula; também que seus dados e resultados individuais desta pesquisa estarão sob sigilo ético, portanto não serão mencionados os nomes ou qualquer dado pessoal dos participantes em nenhuma apresentação oral ou trabalho escrito que venha ser publicado; que havendo necessidade de ilustrar por meio de fotografias a participação dos estudantes em alguma atividade do projeto, para fins de divulgação dos resultados da pesquisa, será assegurado o direito do participante manifestar por escrito a não autorização de divulgação de sua imagem; que a participação nesta pesquisa pode ser interrompida a qualquer momento, se o(a) participante assim o decidir, sem que isto implique em nenhum prejuízo pessoal ou institucional para si; e, que sua participação nesta pesquisa não acarretará nenhum custo ao participante, bem como não resultará em nenhuma compensação financeira por sua participação na mesma.

Caso tenha dúvida, contate-nos pelo e-mail: quimica.lizandra@gmail.com

Lizandra Cristina do A. S. e S. Santos.

Professora Pesquisadora

Docente de Química no C. E. Deborah Mendes de Moraes /SEEDUC-RJ.

Discente do Programa de Mestrado Profissional em Química em rede nacional (PROFQUI)

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Cláudio Eduardo Rodrigues dos Santos

Professor Orientador

Prof. Adjunto / Dep. de Química Fundamental / Instituto de Química

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Eu, responsável por esta instituição, abaixo assinado, autorizo a realização da pesquisa e declaro que fui devidamente informado e esclarecido pelo professor-pesquisador sobre os procedimentos nela envolvidos.

Nome da Instituição: **Colégio Estadual Deborah Mendes de Moraes**

Nome do(a) Diretor(a): **João Dias (Diretor Geral) e Thiago Gomes Quaresma (Diretor Adjunto)**

Apêndice 3: Roteiro da divisão das aulas para aplicação da sequência didática.

Questionário

Marque a alternativa correta das questões de 1-8 e responda as perguntas 9 e 10.

1) Defina o que são biocombustíveis.

- a) Combustíveis fósseis
- b) Combustíveis derivados de materiais orgânicos renováveis
- c) Combustíveis nucleares
- d) Combustíveis sintéticos

2) O que é bioetanol?

- a) Um combustível fóssil extraído do petróleo.
- b) Combustíveis derivados de resíduos plásticos.
- c) Um gás emitido pela decomposição de resíduos orgânicos.
- d) Um biocombustível derivado da biomassa.

3) Qual é a matéria-prima principal para a produção de bioetanol?

- a) Milho.
- b) Beterraba.
- c) Cana-de-açúcar.
- d) Carvão.

4) Como o bioetanol é produzido?

- a) A partir da fermentação de açúcares.
- b) A partir da destilação do petróleo.
- c) Através da eletrólise da água.
- d) Por combustão de carvão.

5) Qual é o processo utilizado para converter a matéria-prima em bioetanol?

- a) Destilação.
- b) Fermentação.
- c) Reação química.
- d) Decomposição.

6) Qual é o principal produto gerado no processo na produção de bioetanol?

- a) Água.
- b) Etanol.
- c) Dióxido de carbono.
- d) Ácido acético.

7) Qual é o principal benefício ambiental do uso de bioetanol em comparação com combustíveis fósseis?

- a) Redução das emissões de gases de efeito estufa.
- b) Aumento da poluição atmosférica.
- c) Esgotamento de recursos não renováveis.
- d) Maior dependência de importações de petróleo.

8) Um desafio associado ao uso de recursos alternativos é:

- a) Baixo impacto ambiental
- b) Alta disponibilidade
- c) Alta densidade energética
- d) Custo inicial elevado

9) Qual é a sua opinião sobre a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis?

10) Quais são, na sua visão, os maiores desafios e oportunidades para o uso de biocombustíveis no Brasil?

Aula conceitual

Tema: Biocombustíveis e suas implicações ambientais.

Público-alvo: Alunos do 2º ano do ensino médio.

Duração: 100 minutos.

Objetivos:

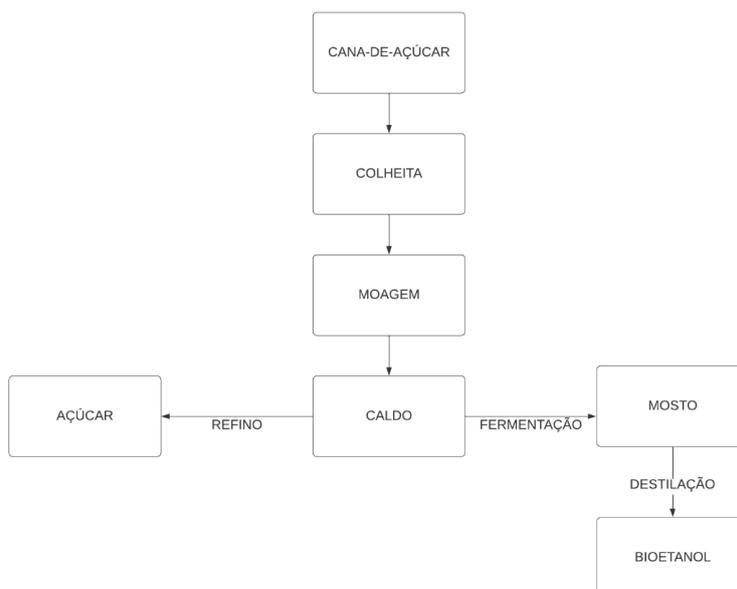
- Compreender o conceito de biocombustíveis e suas diferenças em relação aos combustíveis fósseis.
- Identificar as duas principais fontes de biocombustíveis no Brasil, cana-de-açúcar para o bioetanol e óleos vegetais para biodiesel.
- Discutir as vantagens e desvantagens dos biocombustíveis.
- Promover a consciência crítica sobre a importância da escolha de fontes de energia sustentáveis.

Materiais Necessários: Quadro e marcador

Desenvolvimento da Aula:

- Apresentar o tema da aula: "Biocombustíveis".
- Biocombustíveis são combustíveis produzidos a partir de biomassa (material orgânico) e são uma alternativa aos combustíveis fósseis (como petróleo e carvão).
- Bioetanol é um biocombustível renovável produzido principalmente a partir de biomassa de plantas ricas em açúcares, como a cana-de-açúcar.
- $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_2H_5OH + 4CO_2$
- Etapas da Produção de Bioetanol a partir da Cana-de-Açúcar.
- Questões ambientais do uso de bioetanol em comparação com combustíveis fósseis.
- Benefícios e desafios para o uso de biocombustíveis no Brasil.

fonte: Autora



Esquema 1- Diagrama discutido durante aula conceitual.

PRODUTO EDUCACIONAL

Experimentos simples feitos em sala: Processo de fermentação do caldo de cana.

O processo de produção do bioetanol envolve três etapas principais. Primeiro, a matéria-prima, como a cana-de-açúcar, é preparada por meio da extração do caldo rico em açúcares. Em seguida, leveduras (*Saccharomyces cerevisia*) são adicionadas para promover a fermentação, convertendo os açúcares em etanol e dióxido de carbono, segundo a equação: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_2H_5OH + 4CO_2$. Por fim, o etanol é purificado por destilação, resultando em um produto concentrado e adequado para uso como combustível ou em outras aplicações industriais (NOVA CANA, 2025).

A experimentação da fermentação do caldo de cana em uma aula expositiva é uma abordagem eficaz para ensinar conceitos fundamentais, os alunos podem perceber como a teoria sobre fermentação e reações químicas se relaciona diretamente com a prática, ao ver a formação de bolhas de dióxido de carbono (CO_2) e as mudanças no caldo ao longo do processo, facilita a compreensão de conceitos de forma positiva e enriquecedora.

A construção de um sistema de fermentação do caldo de cana utilizando materiais de baixo custo, como uma garrafa PET de 5 litros e uma válvula bloqueadora de ar, é uma prática que permite a observação dos processos fermentativos de forma acessível, materiais alternativos de baixo custo e educativa em pequena escala.

Muitas barreiras e dificuldades encontradas em sala de aula podem ser amenizadas e até mesmo superadas com vontade e criatividade do professor, como por exemplo, práticas com materiais de baixo custo, saindo do ensino tradicional, melhorando o ensino-aprendizagem, o qual o aluno poderá associar o conteúdo visto em sala de aula junto com a prática, tendo uma melhor complementação e compreensão da matéria. (HORN, 2012, 16).

A construção de um sistema de fermentação do caldo de cana utilizando materiais de baixo custo pode ser feita com os seguintes passos e materiais simples.

Materiais e métodos:

- 1 Litro de caldo de cana fresco;
- 40g de Fermento biológico comercial, utilizado na produção de pães;
- Garrafa pet 5L;
- Válvula bloqueadora de ar;

Em uma garrafa de 5 litros adicionou-se 1 litro caldo de cana e 40g de fermento biológico, Figura 15.

A válvula bloqueadora foi inserida na tampa da garrafada, ou seja, realizado um furo na mesma e posteriormente foi colada. Certificou-se que a vedação estava bem ajustada para evitar a entrada de ar externo. Agitou-se o sistema, deixando-o em repouso sobre a luz solar por uma semana. Após este tempo o fermentado foi filtrado por meio de uma garrafa PET limpa, cortou-se a parte superior, aproximadamente um terço da altura da garrafa (a seção do gargalo). Essa parte cortada utilizou-se como um funil adicionando-se papel de filtro, a fim de filtrar o mosto. A parte inferior da garrafa foi reutilizada como recipiente para coletar o líquido filtrado.

fonte: Arquivo pessoal



Figura 15- Colagem de fotos do processo de fermentação

Experimentos simples feitos em sala: Destilação do bioetanol com material alternativo

Destilação é um método ou processo físico de separação de uma mistura de líquidos ou de sólidos dissolvidos em seus componentes. Esse processo é caracterizado pelo fato de o vapor formado possuir uma composição diferente do líquido residual. O vapor é condensado e o produto obtido é conhecido como destilado (Masterton e Slowinski, 1978; Sardella, 1997). Nesse processo, é importante que a substância a ser destilada seja volátil na temperatura utilizada. (SARTORI et al, 2009)

O processo de destilação é uma técnica utilizada para separar misturas de substâncias líquidas com diferentes pontos de ebulição. No contexto da produção de etanol a partir do caldo de cana fermentado, a destilação tem o objetivo de purificar o etanol, separando-o de outros componentes. Desenvolveu-se um destilador com materiais alternativos de baixo custo, que atendessem às necessidades educacionais e ao ambiente escolar, ao construir o destilador torna o experimento mais acessível, especialmente em ambientes com recursos limitados. Ao passar por todas as etapas do processo, desde a fermentação do caldo de cana até a destilação, os alunos compreendem o ciclo completo de produção de bioetanol.

A construção de um destilador com materiais alternativos é uma ferramenta pedagógica poderosa, os materiais alternativos foram pensados e testados para o bom funcionamento do equipamento. Embora seja funcional para fins didáticos, o destilador alternativo pode ter limitações, como controle impreciso da temperatura e eficiência menor na separação do etanol da mistura fermentada. Isso significa que a pureza do bioetanol obtido pode ser menor, com uma maior presença de impurezas e água. CARVALHO E SILVA (2017) documentam experiências bem-sucedidas de construção de equipamentos de laboratório, como destiladores, com garrafas PET, tubos de PVC e outros materiais de fácil acesso. Esses estudos destacam que, além de ensinar conceitos científicos, essas práticas ajudam a desenvolver habilidades e construção do conhecimento científico.

A construção do destilador utilizando materiais de baixo custo pode ser feita com os seguintes passos e materiais simples.

Materiais e métodos:

- Fogão chapa elétrico de mesa

- Bule 600 ml
- 2 Garrafas PET 2L
- Mangueira de silicone
- Papel de filtro coador de café
- Copo de vidro
- Colher de sopa
- Funil

Preparou-se o aparato de destilação, Figura 16, garantindo que todas as conexões estivessem hermeticamente seladas com massa epóxi. Em um bule, com auxílio de um funil, adicionou-se o mosto filtrado, conectando o bico do bule a mangueira de silicone, a mesma estava enrolada dentro de uma garrafa PET congelada.

O bule com mosto foi aquecido num fogão elétrico de mesa (placa de aquecimento), sem controle da temperatura, aguardou-se em torno de 15 minutos as primeiras gotas do destilado, o bioetanol. O bioetanol obtido foi submetido a uma reação de combustão a partir da chama de um palito de fósforo.

fonte: Arquivo pessoal



Figura 16- Colagem de fotos do processo de destilação do bioetanol

Imersão universitária

A imersão universitária na UFRRJ (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), figura 15, oferece uma oportunidade enriquecedora para estudantes conhecerem de perto o ambiente acadêmico. Por outro lado, as imersões nos propiciam oportunidades mais ampliadas de contato com a população, além de criar espaços de convivência entre os próprios alunos, o que tem contribuído ainda mais para a transformação dos discentes envolvidos (DE LIMA et al 2019). O campus da UFRRJ é um dos maiores e mais arborizados do Brasil, proporcionando uma experiência única de imersão em um espaço que combina áreas acadêmicas, de lazer e de preservação ambiental. A caminhada pelo campus pode incluir visitas a outros prédios importantes, proporcionando uma visão mais completa da infraestrutura universitária. Para os visitantes, almoçar no restaurante universitário (RU) proporciona uma oportunidade de vivenciar o ritmo e a rotina diária dos estudantes universitários, além de perceber como é estruturada a vida de um aluno que passa muitas horas no campus.

A visitação ao Jardim Botânico (JB-UFRRJ) também serve como uma ferramenta poderosa para a educação ambiental. Ela promove a conscientização sobre a importância da conservação das florestas e da flora, além de incentivar atitudes sustentáveis.

O pavilhão de química (PQ) é o local onde as atividades práticas e experimentais relacionadas a essa ciência ocorrem. A presença de um professor universitário especializado traz um nível de profundidade ao entendimento dos alunos sobre a produção de bioetanol e o papel desse biocombustível na sociedade, os quais puderam acompanhar um experimento prático, com vidrarias específicas, ao utilizar o destilador de laboratório, os alunos podem observar todas as etapas do processo de destilação de maneira controlada, entendendo melhor a relação entre temperatura, pressão e a separação de componentes voláteis. Em laboratórios de química, esse equipamento permite um controle rigoroso das condições experimentais, como temperatura e pressão, resultando em uma destilação mais eficiente e etanol de maior pureza. Além disso, foi conduzido um experimento para produzir hidrogênio por meio da reação entre alumínio e ácido clorídrico ($2\text{Al}_{(s)} + 6\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 2\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 6\text{Cl}^{-}_{(aq)} + 3\text{H}_{2(g)}$). O gás gerado foi capturado em um balão e posteriormente inflamado.

fonte: Arquivo pessoal



Figura 15- Colagem de fotos da imersão universitária