

**UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA PARA PRODUÇÃO DE
BIODIESEL**

Cleisla Pereira Firmino¹
Gustavo Henrique Silva², Pedro Augusto Prata Barbosa³,
Tatiana Aparecida Rosa da Silva⁴

¹IFG/ cleislap@gmail.com

²IFG/ gustavohenriquesilva20180@gmail.com

³IFG/ pedro.prata@academico.ifg.edu.br

⁴IFG/ tatiana.silva@ifg.edu.br

Resumo

O ensino de química deve possibilitar que os estudantes compreendam os fenômenos químicos envolvidos no cotidiano e possam associá-los com o conteúdo científico apresentado em sala de aula. O processo produtivo do biodiesel é uma temática que possibilita uma contextualização em sala de aula dos processos químicos, econômicos e sociais envolvidos. A obtenção do biodiesel pode ser através de dois processos: transesterificação e esterificação. A reação de transesterificação é formada por três reações consecutivas reversíveis. O ensino por investigação exige que o professor utilize habilidades que auxiliem os estudantes na resolução de problemas, a interagir com os seus colegas, com os materiais dispostos e com conhecimentos já sistematizados e existentes. O objetivo deste trabalho é relatar a experiência da oficina de produção de biodiesel utilizando a metodologia investigativa no laboratório de química. A oficina intitulada “Produção de Biodiesel e o Ensino de Química” ocorreu durante a Semana de Educação, Ciência e Tecnologia – (SECITEC), no Instituto Federal de Goiás - IFG, campus Itumbiara, pelo grupo PET Química IFG e contou com a participação de 33 estudantes de diferentes cursos do campus. A turma mista de diversos grupos do campus resultou em diferentes resultados para a atividade. A realização da metodologia investigativa foi satisfatória para a aprendizagem significativa dos estudantes, e permitiu perceber algumas dúvidas relacionadas a interpretação das condições estequiométricas da reação de transesterificação.

Palavras-chave: Biodiesel; ensino de química; química orgânica.

Introdução

O consumo de combustíveis fósseis vem crescendo de forma desproporcional em razão da intensa demanda energética mundial. O aquecimento global e consumo destes combustíveis reduziram a qualidade ambiental (Pinto, 2021). Nesse contexto, a busca por alternativas de energia sustentável tornou-se uma necessidade. Segundo Araújo e Sobrinho (2023), o setor de biocombustíveis tem um papel fundamental, especialmente no Brasil, um dos principais produtores e consumidores de combustíveis renováveis. O etanol e o biodiesel são as principais fontes de energia limpa e renovável no país. Apesar disso, o setor enfrenta desafios e possibilidades, como a necessidade do aumento da eficiência da produção, reduzir os custos,

melhorar a infraestrutura para transporte e armazenamento e a concorrência com os combustíveis fósseis.

O biodiesel pode ser entendido como um combustível renovável que pode ser produzido por meio da transesterificação, processo no qual os triglicerídeos presentes em óleos/gordura animal reagem com um álcool (metanol ou etanol) originando ésteres (biodiesel) e glicerina. O biodiesel obtido pode ser comercializado após adequação à especificação da qualidade. No Brasil, a mistura ao diesel fóssil teve início em 2004, de forma experimental e se tornou voluntária entre 2005 e 2007 no teor de 2%. A Lei nº 11.097/2005 tornou a mistura obrigatória e introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. A partir de 1º de abril de 2023, a mistura do biodiesel no diesel foi ampliada de 10% para 12%; em 2024, o percentual esperado para a mistura será de 13%, em 2025, chegará a 14% e, em 2026, aos 15% (Brasil, 2023).

No Brasil, o consumo de biodiesel em 2021 chegou à marca de 6,8 bilhões de litros, representando um aumento de 5,1% em comparação ao ano de 2020. Desde 2005, com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), foram produzidos, até 2021, mais de 53,8 bilhões de litros do biocombustível. O setor de biodiesel apresentou ainda uma capacidade de produção de 12,4 milhões de m³ de biodiesel (B100), representando um consumo de 33,9 mil m³/dia (ANP, 2022).

O ensino de química deve desenvolver nos estudantes habilidades, que os tornem capazes de relacionar fenômenos químicos presentes no cotidiano ao associá-los com o conteúdo dessa ciência e o contexto sociocultural em que o mesmo está inserido. O processo de produção do biodiesel, sua inserção na matriz energética brasileira está relacionada a um amplo contexto social, o que possibilita relacioná-lo ao ensino de química (Ferreira, 2018).

O biodiesel é formado por ésteres metílicos de ácidos graxos, produzido por transesterificação de triglicerídeos, como os óleos vegetais ou gordura animal, e um álcool de cadeia curta, como metanol ou etanol, na presença de catalisadores ácidos, básicos ou bioquímicos (Silva, 2022). Segundo Ramos, et. al. (2011), o biodiesel é um substituto natural e renovável do diesel de petróleo, produzido através da alcoólise de óleos vegetais ou gordura animal ou ainda pela esterificação de ácidos graxos. No Brasil, o biodiesel precisa atender as especificações da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial de biodiesel.

A obtenção do biodiesel pode ser através de dois processos: transesterificação e

esterificação. A reação de transesterificação é formada por três reações consecutivas reversíveis. Apesar da estequiometria da reação geral apresentar uma razão molar de três mols do mono-álcool para cada mol de tri-acilglicerídeo, a reversibilidade das reações requer um excesso de álcool no meio reacional para aumento do rendimento dos produtos. O processo de esterificação trata-se da reação de um ácido graxo com um mono-álcool para a formação do biodiesel, sendo catalisadas por ácidos (Oliveira; Suarez; Santos, 2007).

A proposta de utilizar o biodiesel como tema de uma oficina foi importante para discutir temas como a química verde, funções orgânicas, impactos ambientais dos combustíveis fósseis e fontes renováveis e não renováveis de energia. Utilizar metodologias da investigação científica faz com que a aula não seja apenas uma transmissão de conteúdo, utilizando situações-problema ou enigmas que envolvam habilidades cognitivas para o desenvolvimento da aprendizagem do aluno. No ensino por investigação, o aluno possui grau de liberdade para planejar as atividades, defender seus pontos de vista e não há uma única resposta correta e sim tentativas de construção coletiva do conteúdo (Mourão; Sales, 2018).

O ensino por investigação exige que o professor utilize habilidades que auxiliem os estudantes na resolução de problemas, a interagir com os seus colegas, com os materiais dispostos e com conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o professor deve valorizar pequenas ações do trabalho e compreender a importância de colocá-las em destaque, desde os pequenos erros ou imprecisões até hipóteses baseadas em conhecimentos anteriores e experiências da turma (Sasseron, 2015).

O objetivo deste trabalho foi relatar a experiência da oficina de produção de biodiesel utilizando a metodologia investigativa no laboratório de química, se justificando a partir da busca por fontes de energia renováveis e dada a importância ambiental que tal temática abrange.

Metodologia

A oficina intitulada “Produção de Biodiesel e o Ensino de Química” ocorreu durante a Semana de Educação, Ciência e Tecnologia – (SECITEC), no Instituto Federal de Goiás - IFG, campus Itumbiara, pelo grupo PET Química IFG. A atividade teve a participação de 33 alunos do IFG, com as turmas dos cursos: Licenciatura em Química, Engenharia Elétrica e EJA - Técnico em Agroindústria. Todos os participantes eram de maior idade e foram informados da abordagem investigativa da pesquisa. A oficina, realizada no laboratório de química do IFG, teve uma duração de quatro horas.

Inicialmente, cada participante respondeu a um questionário para recolhimento de dados a respeito do conhecimento prévio sobre a temática a ser abordada na oficina, contendo as seguintes perguntas:

1. Você sabe o que é biodiesel? Se sim, explique abaixo brevemente.
2. Quais matérias-primas podemos utilizar para produzir biodiesel? (pergunta fechada com as seguintes respostas possíveis: Óleo vegetal, Gordura animal, Óleos e gorduras residuais, Petróleo, Gás natural, Açúcares, Madeira e Celulose).
3. O que é o efeito estufa? Você acha que mudando o tipo de combustível utilizado nos veículos podemos diminuí-lo?
4. Você já conhece o processo de produção do biodiesel ou já produziu alguma vez? (pergunta fechada de sim ou não)
5. Por que é importante a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira?

A oficina iniciou-se com uma explicação geral sobre o meio ambiente, biocombustíveis e o biodiesel, introduzindo a temática aos alunos. Utilizou-se uma apresentação, feita na ferramenta online *Canvas*, bem rica em ilustrações. Em seguida, os participantes foram divididos em cinco grupos.

A seguir, a questão inicial foi conduzida a partir da problemática: “Como produzir biodiesel a partir de óleo de fritura?”. Em seguida, cada grupo recebeu uma lista com algumas perguntas norteadoras que deveriam ser resolvidas, relacionadas ao processo de produção do biodiesel e a reação química envolvida. As perguntas e as são listadas abaixo:

Quadro 1- Perguntas feitas aos alunos na execução do experimento

Perguntas feitas	Possibilidades de quantidades, reagentes e equipamentos disponíveis
Diante dos reagentes dispondo de 50g de óleo de fritura, qual é a quantidade de álcool que você utilizaria para consumi-lo?	a) 12g b) 5,5g c) 150g
Qual catalisador usaria e o porquê? E qual quantidade?	a) 1g b) 50g c) 100
Escreva os reagentes que você vai utilizar e suas respectivas quantidades.	NaOH, KOH, KCl, NaCl
Ao misturar os reagentes, como você conduzirá a reação experimental?	béquer, bastão, agitador, suporte

Fonte: Autoria Própria.

Em seguida, os alunos foram orientados a realizar um experimento de produção de biodiesel, a partir dos dados e informações encontradas pelos mesmos nas questões anteriores, com o auxílio e cuidados referentes à utilização dos materiais e as regras de segurança do laboratório, acompanhados dos ministrantes. No material impresso entregue continham orientações e as perguntas norteadoras para auxiliar na execução do experimento, além dos aspectos de segurança relacionados aos reagentes utilizados como das bases fortes e do metanol (solvente orgânico) usado como solvente

Resultados e Discussão

Inicialmente foi feita uma fala breve sobre a metodologia a ser abordada e a divisão feita para execução. Começando com o questionário diagnóstico, apresentação com aspectos teóricos sobre o biodiesel seguida da realização da abordagem experimental investigativa.

A turma mista de diversos grupos do campus resultou em diferentes resultados para a atividade. Os alunos dos cursos Técnico em Agroindústria e Licenciatura em Química possuem maior contato com o laboratório de química em seu dia-a-dia, diferente dos alunos do curso de Engenharia Elétrica. O formulário inicial contou com 23 respostas. Três respondentes afirmaram não conhecer o biodiesel e os outros 20 deram respostas curtas, tais como ser um combustível mais sustentável que os combustíveis fósseis na primeira pergunta. Quanto ao material de origem ao biodiesel, a maioria dos participantes marcou a opção “óleo vegetal” (16 respostas) e “celulose” (10 respostas), e poucos marcaram opções incorretas como “petróleo” (2 respostas).

A terceira pergunta, referente ao efeito estufa, obteve respostas corretas, quanto a sua definição, importância para a vida na Terra e como as ações humanas o intensificaram, identificando também que mudanças no tipo de combustível poderiam auxiliar a diminuir sua intensificação. Quanto ao processo de produção do biodiesel, todas as 23 respostas foram “não”, mostrando a falta de conhecimento por parte dos alunos da parte prática. Na última pergunta, referente a inserção do biodiesel na matriz energética do país, a maioria das respostas aponta que seria algo benéfico, principalmente na questão ambiental.

A produção de biodiesel representa um ciclo fechado, fazendo com que o dióxido de carbono (CO₂) produzido durante a queima seja consumido durante o crescimento das lavouras, o caso da utilização de triglicerídeos de fontes vegetais, além de liberar gases menos poluentes do que os produzidos com a queima da gasolina e óleo diesel; confere ao Brasil um potencial

de autossuficiência frente aos combustíveis fósseis (Embrapa, 2022).

Na apresentação teórica feita foram abordados os aspectos teóricos que envolvem a produção de biodiesel, assim como as informações sobre a síntese. A transesterificação é o método de produção de biocombustíveis mais utilizado no mundo, na conversão de óleo vegetal ou até mesmo o residual em biodiesel, devido principalmente a sua simplicidade (Almeida et al., 2015). Além dela, outros métodos também podem ser utilizados na produção de biocombustíveis, tais como o craqueamento térmico ou pirólise, as microemulsões e o uso direto ou misturas de óleos vegetais (Gebremariam; Marchetti, 2017).

No Brasil, existem diferentes matérias-primas que podem ser usadas para produção de óleos vegetais (óleo de soja, canola, girassol etc.). Cada região apresenta suas próprias peculiaridades, portanto, contam com espécies exóticas ou nativas que melhor se desenvolvem em dada localidade. Essa diversidade reflete no mercado, tendo em vista que o óleo vegetal é um insumo competitivo, que tem ganhado espaço no mundo, com avanços tecnológicos na busca por produções mais renováveis e na substituição das menos renováveis (Embrapa, 2023).

A reação de transesterificação de óleos vegetais ou ainda de gordura animal, ocorre em meio alcoólico na presença de um catalisador, dando origem a glicerina e a alquil ésteres de cadeia linear provenientes de ácidos graxos (Lôbo; Ferreira, 2009). A Figura 1 traz a equação da reação de transesterificação de triglicerídeo com o metanol (Brasil, 2017).

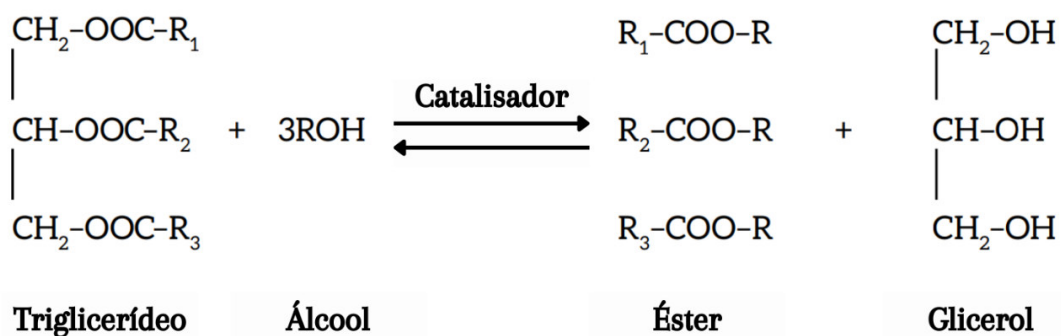


Figura 01: Reação de transesterificação.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2017.

Para a primeira pergunta na lista “Diante dos reagentes dispondo de 50g de óleo, qual é a quantidade de álcool que você utilizaria para consumi-lo? ” a reação de transesterificação ocorre, estequiometricamente, a uma razão molar óleo:álcool de 1:3, entretanto, para ter um

rendimento máximo de éster (biodiesel), essa relação deve ser maior do que a razão estequiométrica para deslocar o equilíbrio para o lado dos produtos e permitir a separação do glicerol formado (Silva, 2011), como observado na reação contida na Figura 1 que eles tiveram acesso.

O álcool mais utilizado no mundo para produção de ésteres de ácidos graxos é o metanol, pois tem uma cadeia mais curta quando comparado ao etanol, além de reagir mais rapidamente. Sua maior polaridade também auxilia na separação (por não gerar emulsões) entre a glicerina e o éster que são formados (Silva; 2011).

Dessa forma, os grupos seguiram o caminho correto, realizando o cálculo utilizando uma regra de três, a partir dos dados estequiométricos da reação para chegar a quantidade de álcool, 5,5g, opção escolhida por um grupo. Considerando a necessidade de uma quantidade de álcool em excesso (pelo Princípio de *Le Chatelier*) para melhor conversão da matéria-prima em biodiesel, a resposta correta seria a opção 12g, marcado pelos outros 4 grupos. Durante a reação, estes observaram que os melhores resultados de conversão foram aqueles que trabalharam com excesso de metanol. Abaixo segue a figura 2 referente a execução da parte experimental de preparo do catalisador.



Figura 02: Imagem da realização das etapas pelos estudantes do curso superior.

Fonte: Autoria própria.

Para a segunda pergunta, os estudantes observaram que o melhor catalisador

disponível no laboratório era o hidróxido de potássio. Segundo Silva (2011), a quantidade de hidróxido empregada está na faixa de 0,3% a 1,5% em relação à massa do óleo, dados apresentados durante a explanação inicial. Assim, durante a etapa inicial de apresentação, os grupos fizeram o cálculo de porcentagem para descobrir a quantidade do catalisador. Todos os grupos optaram por utilizar 1g de catalisador para 50 g de óleo utilizado. Para a terceira e quarta pergunta, os grupos realizaram a reação sob agitação mecânica, utilizando o agitador magnético.

Durante a produção (figura 3), observou-se que os grupos que utilizaram excesso de álcool visualizaram a reação com maior rapidez, comprovando que esta precisa deslocar o equilíbrio no sentido do produto para maior produção de ésteres. Também os que agitaram com bastão perceberam que não tiveram uma conversão rápida como os que usaram agitador magnético. Percebendo que para uma maior conversão da reação seria necessário um número maior de choques efetivo entre o catalisador e o óleo, proporcionado por uma agitação mais vigorosa e constante.



Figura 03: O biodiesel produzido a partir de óleo de fritura.

Fonte: Autoria própria

A utilização de atividades investigativas deve conduzir o aluno a refletir, discutir, explicar, relatar e não apenas ficar restrito ao favorecimento de manipulação de objetos e a observação de fenômenos. Os alunos quando desenvolvem uma atividade investigativa devem participar de todo o processo, desde determinar as quantidades de produtos que devem utilizar e quais devem ser adicionados, sempre com a colaboração de todo o grupo. As etapas desenvolvidas revelam alunos mais motivados e interessados em aprender os conteúdos e relacionar com o cotidiano (Oliveira; Soares, 2010).

Os alunos se mostraram interessados durante toda a execução da proposta, sempre curiosos e dedicados a desenvolver o experimento de maneira correta de forma a obter o biodiesel. Todo o processo foi acompanhado pelos ministrantes, que buscaram o tempo todo estar próximo das discussões dos grupos e auxiliá-los a raciocinar sobre o percurso a ser seguido. De maneira espontânea, os participantes manifestaram a satisfação de conhecer sobre o biodiesel. Ficaram surpresos por ver que se trata de um processo experimental tradicional, e de saber que está inserido na matriz energética brasileira no diesel comercial.

Considerações finais

A realização da metodologia investigativa foi satisfatória para a aprendizagem significativa dos estudantes, e permitiu perceber algumas dificuldades relacionadas a interpretação das condições estequiométricas da reação de transesterificação.

A questão ambiental também teve uma contribuição importante, apresentado pelo fato do biodiesel ser conhecido com combustível verde, dada a minimização da emissão de gases de efeito estufa. Os alunos também puderam, na prática, compreender o processo de produção do biodiesel e como suas variáveis experimentais podem influenciar no processo, já que nem todos utilizaram as mesmas variáveis.

Com base nos dados da investigação, pode-se perceber que os objetivos foram alcançados, pois o uso da metodologia da experimentação Investigativa pode instigar o aluno a buscar ou construir novas representações ou novos procedimentos para resolver determinado problema encontrado no experimento. Trabalhar o Ensino de Química, nessa perspectiva, pode contribuir para desenvolver a capacidade intelectual de cada indivíduo.

Outro fator muito positivo foi a interação dos alunos em grupo para a realização das atividades, trocando ideias, informações e motivados a pesquisar e aprender mais. Nesse sentido, a Experimentação Investigativa pode ser uma importante estratégia metodológica para motivar os alunos e tornar eles protagonistas de sua aprendizagem.

Referências

ALMEIDA, V. F. de.; García-Moreno, P. J.; Guadix, A.; Guadix, E. M. Biodiesel production from mixtures of waste fish oil, palm oil and waste frying oil: Optimization of fuel properties. **Fuel Processing Technology**, v.133, p.152-160. 2015. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez122.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0378382015000636?via%3DiHub>>. Acesso em 15 de julho de 2023.

ANP. **Especificação do Biodiesel**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/especificacao-do-biodiesel>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ANP. **Especificação do biodiesel**. Brasil, 2023. Portal. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/especificacao-do-biodiesel>. Acesso em: 15 out. 2023.

ARAÚJO, D. . F. C. de .; SOBRINHO, F. L. A. . O futuro dos biocombustíveis: Análise do cenário atual e perspectivas para o setor no Brasil. **Geopauta**, [S. l.], v. 7, p. e12766, 2023. DOI: 10.22481/rg.v7.e2023.e12766. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/12766>. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL, **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de biocombustíveis** / organizador Régis Rathmann. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017. Portal: gov.br.

BRASIL. **Governo oficializa ampliação da mistura de biodiesel no diesel vendido no país**. Brasília, 2023. Portal. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2023/03/governo-oficializa-ampliacao-da-mistura-de-biodiesel-no-diesel-vendido-nopais#:~:text=A%20partir%20de%201%C2%BA%20de,2026%2C%20chegar%C3%A1%20aos%2015%25>. Acesso em: 01 nov. 2023.

EMBRAPA Agroenergia. **Estudo prospectivo de óleos vegetais: o caso da Embrapa Agroenergia** / Ana Cristina dos Santos; Priscila Mendes Ferreira; Cecília Lima Lopes; Melissa Braga; Natália Moreno Viana. Brasília, DF, 2022. PDF (107 p.) il. color – (Documentos / Embrapa Agroenergia, ISSN 2177- 4439; 41). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232384/1/-DOC41.pdf>. Acesso em 15 de julho de 2023.

FERREIRA, F. A.. **Biodiesel como tema para facilitar e contextualizar o ensino de química**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

GEBREMARIAM, S. N.; MARCHETTI, J. M. Biodiesel production technologies: review. **AIMS Energy**, v. 5, ed. 3: p. 425-457. 2017. Disponível em: <http://www.aimspress.com/article/10.3934/energy.2017.3.425>>. Acesso em 18 de julho de 2023.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/SbsL599jyMJbxxKpzbMdmZM/?lang=pt>>. Acesso em: 15 de jul. 2023.

MOURÃO, M. F; SALES, G. L. O uso do ensino por investigação como ferramenta didático-pedagógica no ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 428–440, 2018.

OLIVEIRA, Flavia CC; SUAREZ, Paulo AZ; SANTOS, WLP dos. Biodiesel: possibilidades e desafios. **Química Nova na Escola**, v. 28, n. 3, 2008.

OLIVEIRA, N. de; SOARES, M. H. F. B. **As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico**. In: ENEQ, 15, 2010. Brasília. Resumos... Brasília: UnB, 2010.

PINTO, R., R. **Preparação e caracterização de catalisador heterogêneo sintetizado a partir da casca de ovo para produção de biodiesel**. 2021. 123 f. Tese de mestrado (Mestrado em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

RAMOS, L. P. et al. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385–405, 2023.

Sasseron, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte**, [online]. 2015, v. 17, n. spe, p. 49-67

SILVA, T. A. R. da. **Biodiesel de óleo residual** : produção através da transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais. 2011. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

SILVA, T. A. R. da. **Biodiesel de óleo residual: produção através da transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Doutorado) - Programa Multi-institucional de Doutorado em Química da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17506>. Acessado em: 20 mar. 2021

SILVA, T. L. S. d. **Enzimas para a produção de biodiesel: uma perspectiva geral**. 2022. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santa Cruz do Sul, 2022.