

ENSINO DE QUÍMICA E SUSTENTABILIDADE: PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ÓLEO DE FRITURA E ÓLEO COMERCIAL COMO UMA ALTERNATIVA EXPERIMENTAL

Emily Camily da Silva Rocha ¹
José Carlos Oliveira Santos ²

RESUMO

Nos momentos atuais conciliar as atividades experimentais de ensino com práticas sustentáveis tornou-se uma alternativa aos problemas ambientais enfrentados. A busca pela redução de combustíveis que agridam menos o meio ambiente, o biodiesel vem se mostrando uma opção viável financeiramente e sustentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de transesterificação de óleo de soja comercial e usado em fritura para a produção de biodiesel, além de avaliar a adequação com as normas nacionais recomendadas para biodiesel. O processo de produção do biodiesel adotado foi o de transesterificação utilizando metanol e hidróxido de potássio. Os materiais envolvidos no processo foram caracterizados através de suas propriedades químicas e físico-químicas. A transesterificação, que transformou os óleos em biodiesel, propiciou um rendimento de 92,2% para o biodiesel metílico do óleo de fritura e 92,7% para o biodiesel metílico do óleo de soja comercial. Esta pesquisa pode ser facilmente aplicada como atividade experimental em aulas de Química Orgânica. Os produtos obtidos tiveram suas propriedades adequadas em comparação com os parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Através da temática envolvendo combustíveis, biocombustíveis e energias renováveis, pode-se sugerir a utilização desta pesquisa como uma proposta que proporcione aos alunos situações-problemas. Todo esse contexto motivou a busca por metodologias de experimentação no ensino de Química e suas implicações na formação química e social destes estudantes. Desta forma, conclui-se que o biodiesel oriundo óleo de fritura residual apresentou padrão de qualidade dentro da normalidade, em comparação ao de óleo comercial.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Óleo usado, Biomassa, Experimentação, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As fontes de energia são essenciais à vida do homem, pois proporcionam maior qualidade de vida. Segundo Ramos et al. (2017), cerca de 80% da energia gerada no mundo é proveniente dos combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e gás natural. Esse fato tem desencadeado um problema ambiental grave, principalmente porque o uso de combustíveis fósseis libera elevada quantidade de gases poluentes, como o monóxido de carbono, os quais contribuem, por exemplo, com a intensificação do efeito estufa, aumentando gradativamente o aquecimento global. A rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis, a extração, o

¹ Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, emily.camily@estudante.ufcg.edu.br;

² Professor orientador: Doutor em Química, Centro de Educação e Saúde - UFCG, jose.oliveira@professor.ufcg.edu.br.

transporte e os processos industriais de transformação do petróleo são responsáveis por diversos danos ambientais (EREDA, 2004). Assim, nos momentos atuais conciliar as atividades experimentais de ensino com práticas sustentáveis tornou-se uma alternativa aos problemas ambientais enfrentados.

Além de seu alto poder calorífico, os óleos vegetais apresentam qualidades que os diferenciam como combustíveis sustentáveis: a ausência de enxofre na sua composição química; o fato que a sua produção industrial não gera substâncias danosas ao meio ambiente e, ainda, o fato de serem elaborados a partir de culturas vegetais que consomem o dióxido de carbono da atmosfera durante a fotossíntese (PIANOVSKI JÚNIOR, 2002). Apesar de ser favorável do ponto de vista energético, a utilização direta dos óleos vegetais em motores a diesel é muito problemática, daí a necessidade do seu uso após processos. Estudos mostram que a sua combustão direta conduz à carbonização de peças, resistência à ejeção nos êmbolos, diluição do óleo do cárter, contaminação do lubrificante, entre outros problemas (RINALDI et al., 2007).

O descarte de grande quantidade do óleo de cozinha continua sendo feito de maneira inadequada, causando sérios problemas ambientais, como contaminação da água, aumento dos gastos com tratamento de esgoto, etc. Uma forma de evitar este fato é a conscientização da população e o incentivo à prática da reciclagem. O óleo residual, seja ele proveniente de restaurantes, indústrias ou residências, pode ser utilizado na fabricação de sabão, produção de biodiesel e outros produtos biodegradáveis, como os biolubrificantes. Assim, este trabalho de pesquisa foi desenvolvido com o objetivo de sintetizar biocombustíveis a partir de óleo de soja usado em fritura e comparar suas propriedades com o biocombustível obtido com o óleo de soja comercial, visando minimizar impactos para os diferentes ecossistemas. Através da temática envolvendo combustíveis, biocombustíveis e energias renováveis, pode-se sugerir a utilização desta pesquisa como uma proposta que proporcione aos alunos situações-problemas. Todo esse contexto motivou a busca por metodologias de experimentação no ensino de Química e suas implicações na formação química e social destes estudantes.

METODOLOGIA

O óleo de soja comercial foi um óleo produzido por indústria brasileira e adquirido no comércio local e o óleo de soja usado em fritura foi adquirido em um restaurante universitário situado no Centro de Educação e Saúde (Campus Cuité) da Universidade Federal de Campina Grande. As amostras foram coletadas, purificadas e submetidas a processo de

transesterificação. O processo de purificação do óleo residual foi feito da seguinte forma: a) Decantação por 30 dias após processo de coleta; b) Aquecimento do óleo residual de fritura à, aproximadamente, 40°C, para tornar a amostra pastosa totalmente líquida, facilitando dessa forma a segunda etapa; c) Esse resíduo foi filtrado em papel de filtro qualitativo para a remoção dos sedimentos pesados e de sólidos em suspensão usando um sistema de vácuo (bomba de vácuo).

Para obtenção dos biocombustíveis (biodiesel), inicialmente foi feito um cálculo da massa molar do óleo de soja comercial e do óleo de soja usado em fritura a partir do seu índice de saponificação. Com o conhecimento dessa massa foram calculadas as quantidades de álcool (metanol) e de catalisador (KOH) necessárias para a realização da reação. A reação de transesterificação foi realizada adotando-se uma razão molar óleo/álcool igual a 1:6 e 0,7% de catalisador (óleo/catalisador) (PELANDA, 2009), mantendo-se a temperatura em aproximadamente 45°C durante 1 hora, porque temperaturas superiores à temperatura de ebulição do álcool podem acelerar a saponificação dos glicerídeos pelo catalisador alcalino antes da completa alcoólise (FERRARI et al., 2005). Após a reação de transesterificação, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação permitindo a separação das fases: superior contendo o éster metílico (biodiesel) e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool. Após o tempo de espera, a fase inferior foi retirada e armazenada num recipiente próprio. Em seguida, foi realizada a lavagem dos ésteres (biodiesel) com água destilada e solução de HCl 0,01 M. Foram feitas três lavagens com água destilada (retirar da fase dos ésteres resíduos de glicerol e sabões) e duas lavagens com solução de HCl 0,01M (neutralizar os ésteres). Para verificar a eficiência da lavagem ácida foi utilizada fenolftaleína. Após as lavagens, foi adicionado MgSO₄ anidro para retirar a água que ainda estivesse presente nos ésteres. Em seguida, a fim de remover o álcool que poderia ainda estar presente no éster, foi utilizado um evaporador rotativo.

O óleo de soja comercial e o óleo de soja usado em fritura foram caracterizados mediante índice de acidez (AOCS Cd 3d-63), índice de iodo (AOCS Cd 1-25), índice de saponificação (AOCS Cd 3b-76), teor de sabão (AOCS Cc 17-95), índice de peróxido (AOCS Cd 8-53), densidade relativa, teor de cinzas, teor de umidade e voláteis (AOCS Da-2a-48), viscosidade dinâmica. Os procedimentos adotados para caracterizar os ésteres metílicos (biodiesel) obtidos após a transesterificação foram os mesmos utilizados para caracterizar os óleos. Todas as caracterizações descritas foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Wu et al. (2000) e foram feitas em triplicatas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A escola desempenha uma importante função, pois é uma instituição responsável pela educação formal e reside a ela a responsabilidade de promover a reconstrução do conhecimento, apresentando-o como um processo continuado de produção de conhecimento, que pode sofrer alterações a qualquer momento. Pauletti (2012) destaca que a aula prática consiste no manuseio e na transformação de substâncias no laboratório da escola, isso em nível visível. Já a teoria para o ensino da Química compõe-se de nível em estado não observável. Fica evidente que a ciência é uma troca irreduzível entre a teoria e a prática, e com isso a separação de ambas não é possível nem desejável quando se deseja promover o ensino de Química (PEREIRA; OSTERMANN, 2012).

Outro fator importante quando tratamos de ensino consciente e contextualizado é a possibilidade de utilizarmos materiais de baixo acessíveis, presentes no cotidiano dos estudantes, como é o caso da reação realizada para produzir o biodiesel, na qual são utilizados óleos residuais usados em fritura, coletados pelos próprios alunos, como matéria prima para essa síntese (PEREIRA et al., 2021). Por esta razão, o biodiesel tem se tornado um dos mais importantes biocombustíveis, não apenas devido à produção oriunda de diversas oleaginosas, mas principalmente pela possibilidade de reaproveitamento de óleos residuais. A reciclagem do óleo usado em fritura como matéria prima para este biocombustível não somente retira um composto indesejado do meio ambiente, mas também permite a geração de uma fonte de energia alternativa, renovável e menos poluente, constituindo-se, assim, em um forte apelo ambiental (DUPONT et al., 2015).

Assim como há uma preocupação com a escassez do petróleo e com as alternativas sustentáveis para produção de energia, atualmente observa-se também outro problema que atinge a todos: a poluição. Hoje, embora o óleo de cozinha represente uma porcentagem ínfima do lixo, o seu impacto ambiental é muito grande no ecossistema (BARTHICHOTO et al., 2013). Várias são as iniciativas de reutilização de resíduos que apresentam resultados bem convincentes. Há uma crescente mudança de hábito no que se refere à reciclagem de diversos tipos de materiais e seu emprego em vários setores produtivos, não apenas ao apelo econômico, já que a matéria prima apresenta um baixo custo, mas, sobretudo, com intuito de mitigar os efeitos de degradação ambiental e poluição atmosférica. A produção de biocombustíveis a partir de óleos residuais de fritura possui várias vantagens, dentre elas pode-se destacar, o baixo preço da matéria prima, além dos benefícios ambientais. Como desvantagens do processo de produção, a grande quantidade de ácidos graxos livres

encontrados, necessidade de etapas de purificação que aumentam os gastos durante a síntese e também a sazonalidade de culturas que oferecem oferta desigual de matéria-prima em diferentes períodos do ano.

O óleo de cozinha é um líquido usado principalmente para fritar alimentos em uma grande quantidade. Infelizmente, em muitos casos, esse óleo de cozinha usado em residências, bares e restaurantes acaba sendo jogado no ralo da pia ou mesmo nos vasos sanitários. Outras pessoas já preferem colocá-lo em algum recipiente vedado e descartá-lo com o lixo orgânico comum. Entretanto, todos esses métodos de descarte do óleo de cozinha usado são meios de contaminação do meio ambiente, podendo poluir as águas, o solo e até mesmo a atmosfera (ZHENG et al., 2006). Os prejuízos econômicos e ambientais quando o consumidor não é consciente e despeja indevidamente o óleo residual na rede de esgoto ou nos lixões são enormes. Ao ser despejado na pia ou no vaso sanitário, o óleo usado passa pelos canos da rede de esgoto e fica retido em forma de gordura. Isso é ruim porque atrai pragas que podem causar várias doenças. Além disso, esse óleo encrustado nos encanamentos dificulta a passagem das águas pluviais e causa o extravasamento de água na rede de esgoto e o seu entupimento, levando ao mau funcionamento das estações de tratamento (YUAN et al., 2008).

O óleo de cozinha usado chega também aos solos, tanto por meio das margens dos mananciais aquáticos quanto por meio do óleo descartado no lixo comum que acaba parando nos lixões. O óleo contamina o solo e acaba sendo absorvido pelas plantas, prejudicando-as, além de afetar o metabolismo das bactérias e outros micro-organismos que fazem a deterioração de compostos orgânicos que se tornam nutrientes para o solo. É também por meio da infiltração no solo que esse óleo de cozinha polui os lençóis freáticos. Outro problema resultante é que esse óleo usado torna o solo impermeável e, quando ocorrem as chuvas, contribui para o surgimento de enchentes. Além do solo e da água, até mesmo a atmosfera acaba sendo poluída, porque a decomposição do óleo produz o gás metano, que é um gás do efeito estufa, ou seja, é capaz de reter o calor do sol na troposfera, o que aumenta o problema do aquecimento global. Assim, a possibilidade de reaproveitamento óleos residuais de fritura para obtenção de biocombustíveis torna-se vantajoso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa pode ser facilmente aplicada como atividade experimental em aulas de Química Orgânica. Através da temática envolvendo combustíveis, biocombustíveis e energias renováveis, pode-se sugerir a utilização desta pesquisa como uma proposta que proporcione

aos alunos situações-problemas. Todo esse contexto motivou a busca por metodologias de experimentação no ensino de Química e suas implicações na formação química e social destes estudantes. Primeiramente através do estudo do aproveitamento de óleo usado e segundo verificando as reações envolvidas no processo.

O óleo de soja comercial e o óleo de soja usado em fritura após processo de purificação foram caracterizados mediante suas propriedades físico-químicas e os resultados foram comparados com a legislação em vigor (BRASIL, 2006; BRASIL, 2021), conforme Tabela 1, onde verifica-se que suas propriedades se adequam, na maioria dos casos aos padrões da ANVISA.

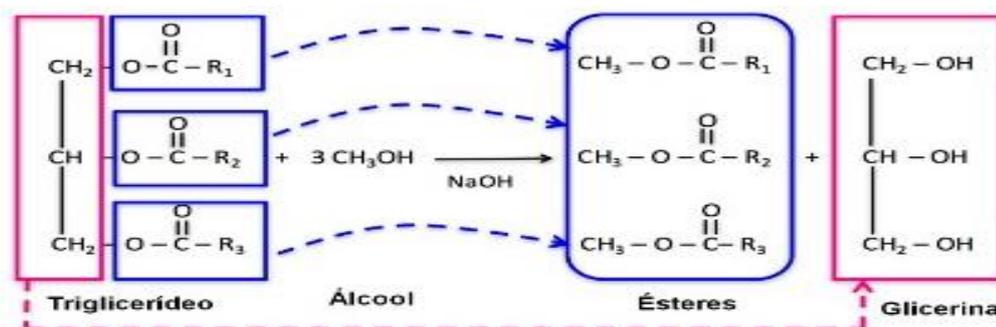
Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da matéria-prima.

Parâmetros	Óleo de soja usado em fritura	Óleo de soja comercial	Padrões Anvisa
Aspecto	Amarelo límpido	Amarelo límpido	Límpido e isento de impurezas
Umidade e Voláteis (%)	0,090	0,098	≤ 0,1
Cinzas (%)	0,05	0,06	---
Densidade (g/cm ³)	0,916	0,956	0,919 - 0,925
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	0,420	0,118	≤ 0,6
Índice de iodo (g I ₂ /100g óleo)	154,0	127,8	120 - 139
Teor de sabão (ppm de oleato de sódio)	0,15	0,12	≤ 10
Índice de saponificação (mg KOH/g óleo)	181,5	179,6	189 - 195
Índice de peróxido (meq/Kg)	0,050	0,007	≤ 10
Massa molar aproximada (g/mol)	927	937	---
Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s)	27,3	29,7	---

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

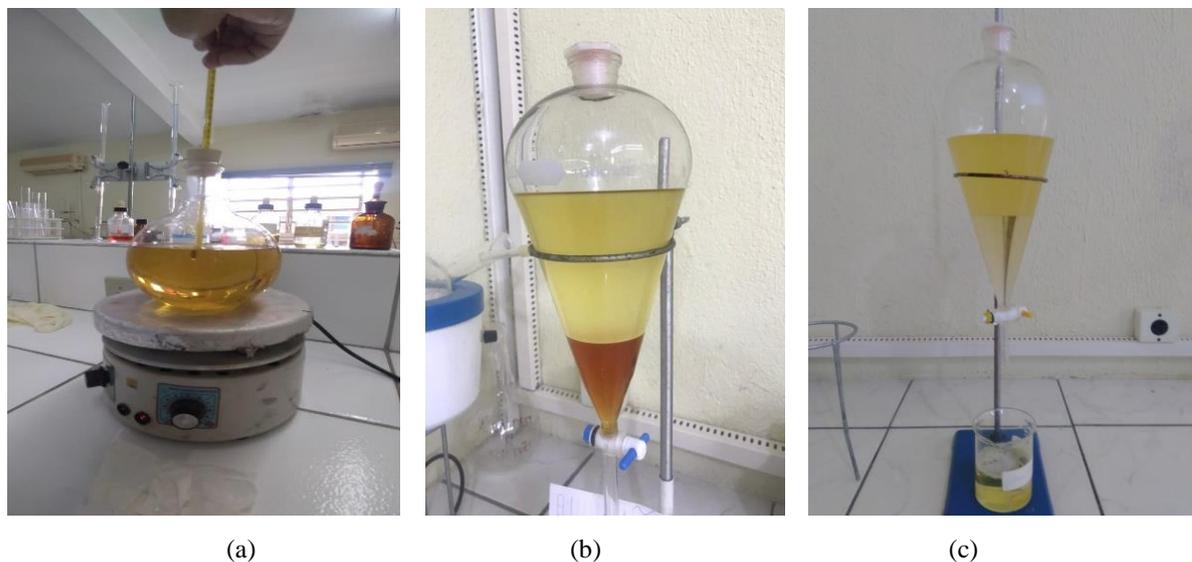
A reação de transesterificação proporcionou em rendimento de 92,7% para o biodiesel metílico obtido a partir do óleo de soja refinado e 92,2% para o biodiesel metílico obtido do óleo de soja residual, cujos processos estão ilustrados nas Figuras 1 a 3.

Figura 1. Reação de transesterificação.



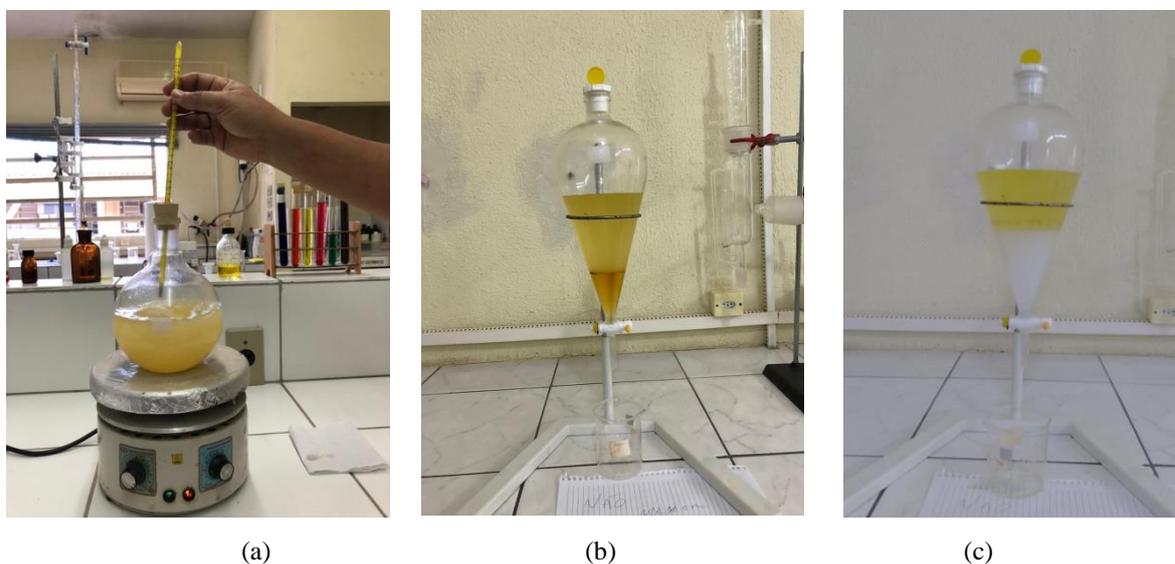
Fonte: Macedo et al., 2021.

Figura 2. Processo de produção do biodiesel de óleo de soja usado em fritura: (a) síntese; (b) decantação; (c) lavagem.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Figura 3. Processo de produção do biodiesel de óleo de soja comercial: (a) síntese; (b) decantação; (c) lavagem.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

Os ésteres obtidos do óleo de soja comercial e do óleo de soja usado em fritura pelo processo de transesterificação foram caracterizados mediante suas propriedades físico-químicas e os resultados foram comparados com a legislação em vigor (BRASIL, 2014), conforme Tabela 2, onde verifica-se que, na maioria dos casos, as propriedades se adequam as normas da ANP.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos dos biocombustíveis do óleo de soja comercial e do óleo de soja usado em fritura.

Parâmetros	Biodiesel de óleo de soja usado em fritura	Biodiesel de óleo de soja comercial	Padrões ANP
Aspecto	Amarelo límpido	Amarelo límpido	Límpido e isento de impurezas
Umidade e Voláteis (%)	0,115	0,251	0,02
Cinzas (%)	0,020	0,014	0,02
Densidade (g/cm ³)	0,900	0,935	0,850-0,900
Índice de acidez (mg KOH/g óleo)	0,200	0,106	≤ 0,5
Índice de iodo (g I ₂ /100g óleo)	125,0	136,1	Anotar
Teor de sabão (ppm de oleato de sódio)	0,220	0,433	-----
Índice de Saponificação (mg KOH/g óleo)	101,5	111,2	-----
Índice de Peróxido (meq/Kg)	0,0410	0,0074	-----
Massa molar aproximada (g/mol)	829	776	-----
Viscosidade Cinemática a 40°C (mm ² /s)	5,4	5,1	3,0 – 6,0

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021.

O envolvimento dos discentes atividades práticas, além de propiciar uma formação cidadã, legitima o papel da escola como uma instituição interligada as necessidades da sociedade contemporânea. Através de uma atividade experimental envolvendo a produção do biodiesel pode-se abordar todo o processo de produção de biocombustível e as implicações de seu uso, o que acarreta a construção do conhecimento desse processo com estudantes da educação básica. Os resultados obtidos mediante a aplicação de um experimento deste nível possibilita aos discentes uma aprendizagem que se estende aos diversos contextos sociais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos momentos atuais conciliar as atividades experimentais de ensino com práticas sustentáveis tornou-se uma alternativa aos problemas ambientais enfrentados. A busca pela redução de combustíveis que agridam menos o meio ambiente, o biodiesel vem se mostrando uma opção viável financeiramente e sustentável. Esta pesquisa pode ser facilmente aplicada como atividade experimental em aulas de Química Orgânica. Através da temática envolvendo combustíveis, biocombustíveis e energias renováveis, pode-se sugerir a utilização desta pesquisa como uma proposta que proporcione aos alunos situações-problemas. Todo esse contexto motivou a busca por metodologias de experimentação no ensino de Química e suas implicações na formação química e social destes estudantes. Desta forma, conclui-se que o

biodiesel oriundo óleo usado em fritura apresentou padrão de qualidade dentro da normalidade, em comparação ao de óleo comercial.

REFERÊNCIAS

BARTHICHOTO, M. *et al.* Responsabilidade ambiental: perfil das práticas de sustentabilidade em unidades produtoras de refeições de Higienópolis, Município de São Paulo. **Qualitas Revista Eletrônica**, v.14, n.1, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 87 de 15 de Março de 2021. **Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais.** Diário Oficial da União, edição 51, Seção 1, p. 261. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49 de 22 de dezembro de 2006. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação de Óleos Vegetais Refinados.** Diário Oficial da União, Seção 1. Brasília, 2006.

BRASIL. Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 45 DE 25/08/2014. **Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que refinadoizam o produto em todo o território nacional.** Diário Oficial da União, Seção 1. Brasília, 2014.

DUPONT, F. H. *et al.* Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 70-81, 2015.

EREDA, T. **Epoxidação de óleos vegetais, visando a obtenção de lubrificantes industriais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

FERRARI, R. A. *et al.* Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

MACEDO, A. D. M. *et al.* Otimização do Processo de Síntese de Biolubrificantes por Epoxidação de Óleo Residual Oriundo de Restaurante Universitário. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 119743-119761, 2021.

PAULETTI, F. Oficina de biodiesel: relato de uma experiência de ensino de química com estudantes do ensino médio. **Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 18, p. 144-157, 2017.

PELANDA, F. M. **Obtenção e caracterização de lubrificantes a partir de óleo de fritura e óleo de soja refinado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Química Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PEREIRA, E. D. *et al.* Biodiesel: uma proposta reflexiva no Ensino de Química sob a perspectiva CTSA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34113-34128, 2021.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, e implicações para a educação em ciências. **Ciência e Educação**, v. 18, p. 23-39, 2012.

PIANOVSKI JÚNIOR, G. **Utilização de misturas de óleo diesel e ésteres etílicos de óleo de soja como combustíveis alternativos:** Análise do desempenho e do processo de combustão no motor diesel. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

RAMOS, L. P. *et al.* Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.

RINALDI, R. *et al.* Síntese de éster metílico: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.

WU, X. *et al.* The study of epoxidized rapeseed oil used as a potential biodegradable lubricant. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 77, n. 5, p. 561-563, 2000.

YUAN, X. *et al.* Optimization of conversion of waste rapeseed oil with high FFA to biodiesel using response surface methodology. **Renewable Energy**, v. 33, n. 7, p.1678-1684, 2008.

ZHENG, S. *et al.* Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 3, p. 267-272, 2006.