



APROVEITAMENTO DE ÓLEOS VEGETAIS RESIDUAIS NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL – UMA REVISÃO

Fernanda Raquel Dantas¹
Gleydis Manalig Pereira Dantas²
Ivna Maria Silva de Sousa³
Iuri Laurindo de Oliveira⁴
José Carlos Oliveira Santos⁵

RESUMO

O uso de óleos e gorduras pelo homem remonta à antiguidade, pois sua composição química e suas propriedades específicas permitiram que fossem usados como alimentos, combustíveis e lubrificantes. A utilidade de gorduras e óleos é determinada por sua natureza química, e esses compostos têm características específicas que permitem diferentes aplicabilidades. Grande parte do óleo usado é descartada de forma inadequada no meio ambiente provocando diversos problemas ambientais. Esta pesquisa tem como objetivo servir de orientação para o uso adequado de óleo de fritura residual, apresentando uma revisão sobre as principais aplicações destes tipos de resíduos. Dentre as principais aplicações destacam-se o uso como sabão, cosméticos e biocombustíveis.

Palavras-chave: Óleo usado, Meio ambiente, Biodiesel, Biolubrificante, Sabão.

INTRODUÇÃO

O óleo de cozinha, derivado de fontes vegetais, é composto por triglicerídeos, possui consistência líquida, viscosa em temperatura ambiente (RIBEIRO; SEREVALLI, 2004) e baixa solubilidade em água. Esse produto é um dos mais consumidos pela população, mesmo trazendo alguns riscos para a saúde e para o ambiente. Este óleo, bastante usado em residência, bares e restaurantes pode causar diversos problemas ambientais, um dos problemas mais frequente é o derramamento de óleo na pia ou diretamente no esgoto domiciliar. Há aqueles que armazenam em um recipiente vedado e o utilizam novamente ou descartam juntamente com o lixo orgânico comum. Entretanto todos esses métodos de descarte de óleo são meios de contaminação do meio ambiente (ZHENG et al., 2006).

¹ Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, fernandaraquel61@gmail.com;

² Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, manaligg@gmail.com ;

³ Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, ivnamaria6@gmail.com ;

⁴ Graduando do Curso de Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, laurindoouri@gmail.com;

⁵ Orientador: Doutor em Química, Centro de Educação e Saúde - UFCG, zecarlosufcg@gmail.com.



O derramamento de óleo em pias pode ocasionar o entupimento das tubulações domiciliares, trazendo transtornos aos moradores e quando descartado no esgoto pode entupir ou diminuir o calibre das tubulações além de aumentar a pressão nos canos, trazendo danos e retornando o esgoto às ruas gerando mau cheiro, dificuldade de locomoção e atraindo animais como ratos, baratas e mosquitos (ROCHA, 2010; CASTELLANELLI et al., 2007). O excesso de óleo nos efluentes domésticos é transportado para a unidade de tratamento, prejudicando o tratamento secundário biológico do esgoto, tornando mais difícil a degradação da matéria orgânica pelos microorganismos na produção e coleta do biogás (MAGALHÃES et al., 2015).

Crostras são criadas dentro das tubulações domésticas, fazendo-se necessário o uso de produtos químicos tóxicos que aumentam os custos na manutenção e tratamento da água. Gomes et al. (2013) dizem que o tratamento de água e esgoto contaminados com óleo se torna, em média, 45% mais caro do que o normal por conta da necessidade de uma grande quantidade de produtos químicos e processos físicos necessários para a retirada desse óleo. Como os esgotos são coletados e enviados para tratamento, a presença de resíduos como o óleo de cozinha usado prejudica o funcionamento, rendimento e eficiência das operações das estações de tratamento de esgoto (MAGALHÃES et al., 2015).

A cada litro de óleo despejado no esgoto urbano, é poluído cerca de um milhão de litros de água, o que equivale à quantidade que uma pessoa consome ao longo de quatorze anos de vida. (BARBOSA; PASQUALETTO, 2007). Mais de 200 milhões de litros de óleos usados são descartados nos rios e lagos anualmente, tornando-se o óleo um dos maiores poluidores de águas doces e salgadas das regiões mais adensadas do Brasil (MARCONDES, 2012; GAMBOA 2006).

Devido o óleo não ser solúvel em água e menos denso, quando derramado em rios, corpos d'água e oceanos, essa substância forma uma película dificultando a penetração de oxigênio e a entrada de luz, usada pelas algas para produzirem oxigênio e a matéria orgânica que se caracteriza como basal na teia alimentar dos ecossistemas aquáticos (REQUE; KUNKEL, 2010; CASTELLANELLI et al., 2007). Os animais que vivem na água são os primeiros a serem afetados com a presença de óleo no ambiente aquático, trazendo consequência também para quem vive desses animais, como os pescadores (BORTOLUZZI, 2011). O óleo em contato com a água do mar é degradado por bactérias anaeróbicas produzindo o gás metano, colaborando consequentemente com o aumento do efeito estufa (FEARNSIDE, 2011).



No solo, o óleo pode ocasionar danos na absorção da área, implicando no menor aproveitamento de água de chuva, reposição dos lençóis freáticos e diminuição na capacidade de drenagem deixando um resíduo livre para enchentes e tornando o solo impróprio para uso (MONTE, 2015). Em termos ambientais, não existe de fato um descarte ideal para o óleo de fritura residual, mas existem inúmeras alternativas para reaproveitar essa substância, fazendo com que se torne ambientalmente viável, como na utilização de produção de resina para tintas, sabão, detergente, amaciante, sabonete, glicerina, ração para animais, biodiesel, lubrificante para carros, máquinas agrícolas, dentre outras opções (NOVAES et al., 2014).

Esta pesquisa tem como objetivo servir de orientação para o uso adequado de óleo de fritura residual, apresentando uma revisão sobre as principais aplicações destes tipos de resíduos.

METODOLOGIA

A revisão de literatura refere-se à fundamentação teórica que foi adotada para tratar o tema e o problema de pesquisa. Por meio da análise da literatura publicada foi traçado um quadro teórico e estruturação conceitual que dar sustentação ao desenvolvimento da referida pesquisa. Para elaborar a revisão de literatura adotou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica. Pesquisa Bibliográfica é aquela baseada na análise da literatura já publicada em forma de livros, artigos e literatura não convencional (teses, dissertações, trabalhos apresentados em congressos, relatórios).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

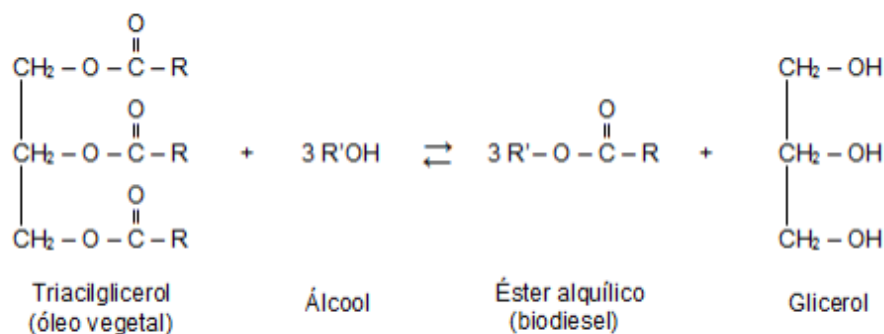
Produção de Biodiesel a partir do óleo de fritura usado

O biodiesel consiste em uma mistura de ésteres de ácidos graxos que são produzidos por meio da reação de transesterificação de óleos, vegetais ou gorduras animais em excesso de álcool; utilizando um catalisador básico para aumentar a velocidade de reação e rendimento. Ao final da reação, há uma formação de duas fases distintas: a fase inferior rica em glicerol e a fase superior contendo o éster de ácido graxo; dependendo do processo e da matéria-prima o produto final pode conter sais, água e sabão (FRANQUITO; BLUM, 2016).



Quimicamente, o biodiesel é definido como éster monoalquílico de ácidos graxos, podendo ser reagido na presença de um catalisador ácido ou básico (SCHUCHARDT et al., 1998; RAMOS et al., 2003). A transesterificação é a reação na qual o glicerol dos triacilgliceróis é deslocado por um álcool mais simples, normalmente metanol ou etanol, dando origem a um éster, conforme a reação indicada na Figura 1. A transesterificação, portanto, é a conversão de triésteres de ácidos graxos de cadeia longa (> C6) em uma mistura de monoésteres (KNOTHE et al., 2006).

Figura1: Reação de Transesterificação.



Fonte: KNOTHE et al., 2006.

A transesterificação é o processo mais utilizado para a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais e gordura animal. Na reação de transesterificação o triglicerídeo reage com um álcool simples (metanol ou etanol), formando ésteres (metílico ou etílico), que constituem o biodiesel, e glicerol. Como triglicerídeos, podem ser usados óleos de diversas oleaginosas, de acordo com a maior disponibilidade de cada região, e também gorduras animais. O álcool é adicionado em excesso a fim de permitir a formação de uma fase separada de glicerol e deslocar o equilíbrio para um máximo rendimento de biodiesel, devido ao caráter reversível da reação. Pode ser utilizada catálise ácida, básica ou enzimática, ou utilizando fluidos supercríticos (KUSDIANA; SAKA 2001).

Do ponto de vista cinético, a transesterificação pode ser conduzida em processos catalisados por ácidos, enzimas ou bases fortes. A catálise alcalina é a mais utilizada por apresentar uma conversão mais rápida quando comparada ao catalisador ácido, menores 18 razões molares entre o álcool e o óleo vegetal e sendo menos agressivos aos equipamentos quanto à corrosão. A produção industrial de biodiesel é, em sua quase totalidade, conduzida por esta rota (RAIMUNDO, 2012).



Monoésteres graxos podem ser produzidos utilizando-se processos de transesterificação, esterificação ou interesterificação. É possível ainda o uso de processos híbridos, normalmente destinados a matérias-primas de maior complexidade, como a esterificação e transesterificação simultâneas, a esterificação seguida por transesterificação e a hidroesterificação. Naturalmente, cada processo tem virtudes e limitações e uma delas é a sensibilidade à qualidade da matéria-prima, que pode levar a sérios problemas de processamento na usina (RAMOS et al., 2017).

O metanol e o etanol são os álcoois mais utilizados no processo de fabricação do biodiesel. O etanol é mais utilizado nos países onde há abundância de colheitas ricas em carboidratos, como é o caso da cana-de-açúcar (20% de sacarose no caldo), batata, mandioca e milho (ricos em amido). Já o metanol, de origem petroquímica, é o álcool preferencial para a produção do biodiesel nos países do hemisfério Norte (Canadá, EUA e países da Comunidade Europeia) (FONTANA, 2011).

Produção de cosméticos a partir de óleo de fritura usado

Os óleos vegetais são uma gordura extraída a partir de triglicerídeo e também são utilizadas para produção óleo de cozinha, cosméticos, combustíveis (biodiesel). No entanto, alguns óleos como colza, rícino são impróprios para o consumo por ser insolúveis em água, mas solúvel em solventes orgânicos.

Os óleos comestíveis são produtos alimentícios sensíveis à luz, pois estão sujeitos à degradação por foto-oxidação, cujas consequências são escurecimento do produto e alteração de aroma e sabor, levando à rejeição do produto. Assim, quando os óleos são acondicionados em embalagens transparentes, a foto-oxidação torna-se a principal causa da deterioração oxidativa devido ao efeito da luz, encurtando a vida-de-prateleira do produto (BURATIN; COLTRO, 2004).

Torna-se imprescindível esclarecer que aos longos de estudos químicos focados em receitas de sabonetes nas quais o óleo é o principal ingrediente, pode se avaliar, uma forma de aprimoramento do método de produção podendo, assim, ser reproduzida e ainda aprimorada. Contudo, atualmente no Brasil, parte do óleo de soja proveniente do consumo humano é destinada a fabricação de sabões e a produção de biodiesel.

Na produção de sabonete, o balão de separação contendo a mistura de óleo, água e hipoclorito de sódio foi deixado em repouso por uma semana. Após esse tempo, verificou-se a formação de três fases no sistema: o óleo purificado, de coloração amarela claro, uma fase



branca, identificada como excesso de hipoclorito de sódio e uma terceira fase contendo água turva, contendo água, hipoclorito de sódio e impurezas contidas no óleo. Terminado o tempo de repouso, da segunda purificação do óleo, obteve-se um sistema bifásico, no qual uma das fases, aquosa, continha hipoclorito de sódio e a outra fase, o óleo purificado, com coloração mais clara que a observada no sistema no primeiro processo de purificação (JUSTINO, 2011). Observou-se novamente a formação de duas fases distintas. Porém, nesta tentativa, a fase líquida foi acondicionada em outro recipiente e deu-se continuidade ao processo de fabricação do sabonete com a massa obtida. O cozimento da massa se manteve e adicionou-se uma quantidade de álcool até que a massa tornasse novamente líquida. O líquido obtido (sabonete) manteve-se em banho-maria até que todo álcool evaporasse. Realizou-se o acerto do pH com solução de ácido cítrico, obtendo-se pH 8,0.

É conveniente destacar que uma pesquisa coordenada pela professora Diaz (2014), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), tem o intuito de contribuir para uma melhor forma de aproveitamento da matéria-prima, bem como de promover atitudes ecologicamente corretas, busca produzir sabão e sabonetes medicinais a partir de óleo residual.

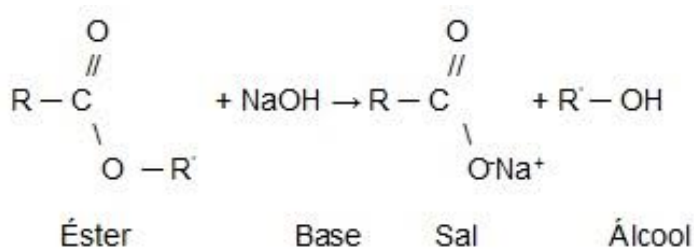
Produção de sabão a partir de óleo residual usado

O óleo residual (óleo de cozinha) é bastante utilizado, mas o descarte inadequado do mesmo pode ocasionar degradações ambientais. 2,5% do óleo utilizado no Brasil é reaproveitado. A coleta do óleo utilizado não é responsabilidade de órgãos públicos, pois o mesmo não é um resíduo sólido (NEZI et al., 2011). Um dos resíduos que geramos com frequência e que não possui alternativa eficiente e amplamente difundida de descarte é o óleo de cozinha (OLIVEIRA; ROBAINA, 2011).

O óleo residual pode ser reaproveitado, como exemplo tem-se a produção de sabão. Muitas pessoas produzem sabão em casa utilizando o óleo de cozinha, sendo uma fonte de renda a venda desse sabão. A saponificação que também é conhecida como hidrólise alcalina é um método utilizado para a produção do sabão, utiliza-se uma base forte para reagir com os triglicerídeos que estão presentes no óleo de cozinha, produzindo o glicerol (glicerina) e os sais de ácidos graxos que são responsáveis pela limpeza (sabão). Como foi mencionado acima o sabão é a mistura de um éster proveniente de um ácido graxo que reage com uma base forte podendo ser hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio obtendo-se um sal orgânico (sabão) e um álcool, segue a baixo uma imagem com a reação:



Figura2: Reação de obtenção de sabão.



Após o processo de aquecimento envolvido na fritura dos alimentos, o óleo sofre alterações em suas características físico-químicas tornando-se impróprio para ser reutilizado na alimentação. Do ponto de vista químico, o óleo é constituído por estruturas de triglicerídeos, ésteres formados a partir de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos) e glicerol. Os ácidos graxos e seus ésteres por sua vez tem a propriedade de reagir com bases fortes, tais como hidróxido de sódio ou de potássio, para formar sais, genericamente chamados de sabões. Por terem extremidades carboxílicas altamente polares, estes sabões tendem a se dissolverem na água, minimizando desta forma o impacto na natureza em comparação com o óleo que não passou por tal processo (FREITAS et al., 2010).

O reaproveitamento do óleo de cozinha para a produção de sabão gera um produto menos poluente e com um custo acessível. O desenvolvimento de práticas pedagógicas voltadas a esta atividade, possibilita ampliar e transmitir o conhecimento, tendo como viés educativo a integração da teoria e da prática a favor da preservação ambiental (SOARES et al., 2016). Tem-se várias vantagens em se produzir sabão a partir do óleo de cozinha, sendo uma dessas a economia de água, pois o sabão feito a partir do óleo que foi reciclado produz menos espuma, gastando assim menos água.

Óleos Vegetais e Geração de Energia

O petróleo e seus derivados são muito utilizados principalmente como combustível para movimentar veículos e máquinas. Contudo, é conhecido que as reservas petrolíferas são finitas, difíceis e custosas de serem exploradas, possuem natureza não renovável (SANTOS, 2018) e a obtenção dos produtos finais, por exemplo, gasolina, asfalto e diesel, que possuem maior valor comercial, geram diversos impactos ambientais, como efluentes contaminados, consumo elevado de água e energia, gases nocivos para a saúde humana e resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição. É nesse contexto que outras formas de energia, principalmente



renováveis, estão sendo estudadas e desenvolvidas com a finalidade de reduzir ou até mesmo eliminar os impactos ambientais causados durante as etapas da produção energética, desde a matéria-prima até o consumidor final (ARBAIN; SALIMON, 2010). Desde o final do século XIX, testes utilizando óleos vegetais no lugar do óleo diesel têm dado bons resultados (FERRARI et al., 2005).

Os óleos são substâncias de origem vegetal, animal ou microbiana, insolúveis em água, solúveis em solventes orgânicos, formados principalmente por triglicerídeos resultantes da combinação de três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol. Fosfolipídios e substâncias insaponificáveis, como ceras e tocoferóis, também podem ser encontrados (SANTOS, 2007). Os ácidos graxos presentes nos óleos podem ser iguais ou diferentes entre si e são formados por ácidos carboxílicos de quatro a trinta átomos de carbono.

Embora possuindo características renováveis e não poluidoras, os óleos vegetais têm baixa estabilidade termo-oxidativa, por causa da presença de insaturações e a baixas temperaturas, o escoamento não é eficiente (LATHI; MATTIASSON, 2007; SALIMON et al., 2011) não sendo viável a sua utilização de forma direta nos motores. Além disso, a utilização do óleo *in natura* pode formar depósitos de carbono devido à combustão incompleta, reduzir a lubrificação devido à polimerização, provocar obstrução dos filtros de óleo e sistema de injeção, emitir acroleína (substância tóxica e cancerígena) e pode comprometer a durabilidade do motor (RINALDI et al., 2007). Desse modo, faz-se necessário o desenvolvimento de novas metodologias de transformação química dos óleos e gorduras para que suas propriedades se tornassem mais adequadas ao uso como combustível. Assim, em meados da década de 1970, surgiram as primeiras propostas de modificação de óleos vegetais através da reação de transesterificação (RAMOS et al., 2017).

Obtenção de Biolubrificantes

Segundo Santos et al.(2019), os lubrificantes podem ter origem mineral, sintética e de óleos vegetais. Os lubrificantes minerais são derivados do petróleo, formados basicamente por hidrocarbonetos, como as parafinas e as naftas, e podem conter traços de enxofre, nitrogênio e metais, sendo tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente devido à natureza não degradável. Os óleos sintéticos também são derivados petrolíferos e incluem as oleofinas, outros ésteres sintéticos e polialquileno glicóis (LATHI; MATTIASSON, 2007; SALIH et al., 2011).



Os lubrificantes são utilizados entre duas superfícies em movimento relativo para formar uma película que reduz o atrito e conseqüentemente a geração de calor, aumentando a vida útil de seus componentes (SALIMON et al., 2011). São muito utilizados em máquinas e como óleos para corte, porém devido aos riscos de contaminação ao meio ambiente que podem causar, estão sendo desenvolvidos lubrificantes biodegradáveis sintéticos como alternativa para os lubrificantes convencionais provenientes do petróleo. Razões ambientais e econômicas levam a utilização de óleos vegetais como lubrificantes após modificações químicas apropriadas. Esses produtos apresentam desempenho semelhante aos lubrificantes tradicionais e apresentam as vantagens de serem oriundos de matérias-primas renováveis, menos tóxicos e mais fáceis de serem degradados no meio ambiente (EREDA, 2004).

Os biolubrificantes provenientes de óleos vegetais são formados pela junção entre as moléculas de ácidos graxos de cadeia longa e do glicerol (triglicerídeos). Os triglicerídeos naturais são facilmente biodegradados e apresentam elevada eficiência de lubrificação, contudo, apresentam limitada estabilidade térmica e oxidativa (LATHI; MATTIASSON, 2007; SALIMON et al., 2011). Para que tais características sejam atribuídas aos lubrificantes de origem vegetal, modificações químicas devem ser empregadas como a reação de transesterificação e de epoxidação.

A epoxidação de óleos vegetais têm sido utilizada na obtenção de lubrificantes biodegradáveis conferindo a estes maior estabilidade térmica (EREDA, 2004). É uma reação de importância comercial porque os epóxidos provenientes dessas matérias-primas e do oleato de metila, produto da transesterificação deles, têm aplicações como materiais plastificantes e estabilizadores de polímeros (GOUD et al., 2006). As matérias graxas podem ser epoxidadas na forma de ésteres, ácidos graxos ou triglicerídeos, dando epóxidos, que, por sua vez, podem ser utilizados para obtenção de diversos derivados (éter-álcoois, hidroxí-ésteres, éster-álcoois, entre outros. A epoxidação consiste na reação de um composto insaturado com um perácido. Dependendo da força do ácido, o anel oxirânico pode ser aberto, já que o epóxido é mais reativo que os ésteres por conta da tensão do anel. A epoxidação de derivados de óleos vegetais mais limpas, eficientes e viáveis são as duas primeiras. Em escala industrial é utilizada a epoxidação com ácidos percarboxílicos (NUNES et al., 2008). A epoxidação de óleos vegetais e/ou dos ésteres metílicos com ácido percarboxílicos é a rota preferida em escala industrial (CAMPANELLA; BALTANÁS, 2007).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias são as iniciativas de reutilização de resíduos que apresentam resultados bem convincentes. Há uma crescente mudança de hábito no que se refere a reciclagem de diversos tipos de materiais e seu emprego em vários setores produtivo, 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 vários materiais derivados a partir de óleos residuais de fritura possui várias vantagens, dentre elas pode-se destacar, o baixo preço da matéria-prima e, conseqüentemente, do lubrificante, além dos benefícios ambientais. Como desvantagens do processo de produção, a grande quantidade de ácidos graxos livres encontrados na matéria-prima, necessidade de etapas de purificação que aumentam os gastos e também a sazonalidade de culturas que oferecem oferta desigual de matéria-prima em diferentes períodos do ano.

REFERÊNCIAS

- ARBAIN, N. H.; SALIMON, J. Synthesis and Characterization of Ester Trimethylolpropane Based JatropaCurcas Oil as Biolubricant Base Stocks. *Journal of Science and Technology*, v.2, n.2, p. 47–58, 2010.
- BARBOSA, N. G.; PASQUALETTO, A. Aproveitamento do óleo residual de fritura na produção de biodiesel. Tese (Departamento de Engenharia Ambiental). Universidade Católica de Goiás, 2007.
- BORTOLUZZI, O. R. S. A Poluição dos Subsolos e Águas pelos Resíduos de Óleo de Cozinha. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Goiás. Formosa, 2011.
- CAMPANELLA, A.; BALTANAS, M. A. Degradation of the oxirane ring of epoxidized vegetable oils in a liquid–liquid–solid heterogeneous reaction system. *Chemical Engineering and Processing*, v.46, p.210–221, 2007.
- CASTELLANELLI, C.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. Óleos comestíveis: rótulo das embalagens como ferramenta informativa. *Anais do I Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí*. Itajaí, 2007.
- COLTRO, L.; BURATIN, A. E. P. Garrafas de PET para óleo comestível: avaliação da barreira à luz. *Polímeros*, v. 14, n. 3, p. 206-211, 2004.
- DIAZ, M. A. N. Uso de óleo residual na produção de sabonete medicinal. *Minas Faz Ciência*, v. 58, 2014.
- EREDA, T. Epoxidação de óleos vegetais, visando a obtenção de lubrificantes industriais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2004.



- FEARNSIDE, P. M. Gases de Efeito Estufa no EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos*, v. 14, n. 1., 2011.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de Soja – Taxa de Conversão em Ésteres Etilícos, Caracterização Físico-Química e Consumo em Gerador de Energia. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p.19-23, 2005.
- FONTANA, J. D. Biodiesel: para leitores de 9 a 90 anos. Curitiba: Editora UFPR, 2011.
- FRANQUITO, K. R; BLUM, S. A. Produção de biodiesel e obtenção de dados de equilíbrio líquido-líquido a partir do óleo de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.
- FREITAS, P. A. A.; MARIANO, A. F. S.; COUTO, J. A. Benefícios ambientais da reciclagem do óleo de cozinha com a produção de sabão em aulas práticas de bioquímica. *Anais da X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*. Recife, 2010.
- GAMBOA, T. *Do óleo de cozinha ao biodiesel*. Ciência e Vida: Rio de Janeiro, 2006.
- GOMES, A. P.; CHAVES, T. F.; BARBOSA, J. N.; BARBOSA, E. A. A questão do descarte de óleos e gorduras vegetais hidrogenadas residuais em indústrias alimentícias. *Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador, 2013.
- GOUD, V. V.; PRADHAN, N. C.; PATWARDHAN, A. V. Epoxidation of karanja (*Pongamiaglabra*) oil by H₂O₂. *Journal of American Oil Chemist's Society*, v.83, n.7, 2006.
- JUSTINO, A. L. Engenharia de produzir sabonetes com óleo vegetal: Uma produção sustentável. *Interdisciplinaridade*, p. 19-28, 2011.
- KNOTHE, G.; VON GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. *Manual de biodiesel*. São Paulo: Editora Blücher, 2006.
- KUSDIANA, D.; SAKA, S. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methanol. *Fuel*, v. 80, n. 5, p. 693-698, 2001.
- LATHI, P. S; MATTIASSON, B. Green approach for the preparation of biodegradable lubricant base stock from epoxidized vegetable oil. *Applied Catalysis B: Environmental Science*, v. 69, n. 5, p. 207-212, 2007.
- MAGALHÃES, A. C. B.; PEREIRA, L. A.; PEREIRA, S. P. Projeto de Reciclagem de Óleo de Cozinha Usado: Um Desafio para a Educação Ambiental. *Anais do XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento*. Poços de Caldas, 2015.
- MARCONDES, C. Reciclagem do óleo. *ECÓLEO*, v.9, n.13, p.106-120, 2012.
- MONTE, E. F. Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo: Estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape – PE. *Revista Geama*, v. 8, n. 1, p. 29-36, 2015.
- NEZI, S. M.; UHDRE, D. F.; ROMERO, A. L. Implementação do Projeto: Reciclagem de Óleos e Gorduras Usados em Frituras Através da Fabricação de Sabão na UTFPR. *Anais do Encontro de Produção Científica e Tecnológica*. Curitiba, 2011.
- NOVAES, P. C; MACHADO, A. M. B; LACERDA, F. V. Consumo e Descarte do Óleo Comestível em um Município do sul de Minas Gerais. *Ciências em Saúde*, v. 4, n. 3, 2014.



- NUNES, M. R. D. S.; MARTINELLI, M.; PEDROSO, M. M. Epoxidação do óleo de mamona e derivados empregando o sistema catalítico V/TBHP. *Química nova*, v. 31, n.4, p.818-821, 2008.
- OLIVEIRA, L. G.; ROBAINA, J. V. L. Óleo de Fritura: Alternativas de Reaproveitamento. *Anais do 31º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química*. Porto Alegre, 2011.
- RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. *Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial*. UCG: Goiânia, 2008.
- RAIMUNDO, R. C. Avaliação de modelos termodinâmicos para aplicação em processos de produção de biodiesel. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. *Biocologia: Ciência e Desenvolvimento*, v. 31, p. 28-37, 2003.
- RAMOS, L.P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p.317-369, 2017.
- REQUE, P. T.; KUNKEL, N. Quantificação do óleo residual de fritura gerado no município de Santa Maria - RS. *Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, v. 11, n. 1, 2010.
- RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L. L.; ROSSI, A. V.; SCHUCHARDT, U. Síntese de éster metílico: Uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. *Química Nova*, v.30, n.5, p.1374-1380, 2007.
- RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. *Química de alimentos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004, 184 p.
- ROCHA, M. S.; ARRUDA, J. B. F.; GUIMARÃES, L. R. Políticas para aumento da oferta de óleos de gordura residuais para o setor do biodiesel: um estudo com base na técnica da preferência declarada. *Anais do Rio Oil Gas Expo and Conference*. IBP: Rio de Janeiro, 2010.
- SALIMON, J.; SALIH, N.; ABDULLAH, B. M. Improvement of Physicochemical Characteristics of Monoepoxide Linoleic Acid Ring Opening for Biolubricant Base Oil. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, v. 2011, p.1-8, 2011.
- SANTOS, J. C. O. Recovery of used lubricating oils - A brief review. *Progress in Petrochemical Science*, v. 1, n. 3, p. 1-4, 2018.
- SANTOS, J. C. O. Thermal Characterization of the Favelone Oil (*Cnidioscolus phyllacanthus*). *Journal of Food Technology*, v. 5, n.1, p. 77-78, 2007.
- SANTOS, J. C. O.; ALMEIDA, R. A.; CARVALHO, M. W. N. C.; LIMA, A. E. A.; SOUZA, A. G. Recycling of lubricating oils used in gasoline/alcohol engines. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v.18, n.137, p. 1463-1470, 2019.
- SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS R. M. Transesterification of vegetable oils: a review. *Journal of Brazilian Chemical Society*, v. 9, p. 199-210, 1998.
- ZHENG, S.; KATES, M.; DUBÉ, M. A.; McLEAN, D. D. Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil. *Biomass and Bioenergy*, v. 30, n. 3, p. 267-272, 2006.