

## ESTUDO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL OBTIDO A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL COLETADO EM ESTABELECIMENTOS DOS MUNICÍPIOS DE ACARAPE E REDENÇÃO-CE

João Roberto Pereira Nogueira (\*), Jorge Vleberton Bessa de Andrade, Francisco Murilo Tavares de Luna, Artemis Pessoa Guimarães

\* Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), joaroberto94@live.com

### RESUMO

No contexto dos atuais problemas ambientais, destaca-se o descarte inadequado de óleo residual proveniente de processos de fritura. Os danos causados por este resíduo são de grande impacto ambiental. A coleta seletiva e reutilização desses óleos residuais, portanto, faz-se necessária para a minimização dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado deste tipo de material. Nesse sentido, esse trabalho correspondeu a uma proposta voltada para avaliar o potencial de aproveitamento dos óleos e gorduras residuais nos municípios de Redenção e Acarape (CE), bem como fazer um levantamento das principais rotas de produção de biodiesel obtido a partir de óleo residual e preparar amostras com o material coletado nestas regiões. Foram aplicados questionários nos dois municípios, para obter uma visão geral da situação de descarte destes resíduos. O material foi coletado e levado a um laboratório, onde foram feitas as amostras do biodiesel. Como resultado do potencial de produção de biodiesel, verificou-se que as duas cidades juntas têm a capacidade de produzir 556 litros de biodiesel por mês. O biodiesel produzido apresentou bons resultados de qualidade, pois os testes obtiveram resultados satisfatórios e seu rendimento em massa teve um resultado de aproximadamente 79%, o que seria suficiente para produzirmos essa quantidade de 556 litros de biodiesel por mês.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel, Óleos residuais, Reutilização

### INTRODUÇÃO

Segundo Hocevar (2005), a principal fonte de geração de energia, o petróleo, não é inesgotável, por outro lado, dá sinais de esgotamento. Portanto, é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, buscando novas fontes de combustíveis. Essas novas fontes de energia, que podem substituir o petróleo pela sua provável escassez, são nomeadas como energias renováveis. As energias renováveis não só têm essa vantagem de, como o próprio nome diz, serem inesgotáveis, mas também são um meio de preservar o meio ambiente, uma vez que as mesmas quase não agredem nosso meio.

Dentre as várias fontes de energias renováveis, apresenta-se o biodiesel, que substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis). Ele pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. Para cada proporção de biodiesel na mistura com o diesel de petróleo, há uma nomenclatura. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

O principal método de produção do biodiesel é a reação de transesterificação. Neste processo, um mol de triacilglicerol reage com três mols de álcool, na presença de um catalisador, que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático, para formar ésteres e um subproduto, o glicerol. Dentre os álcoois empregados na transesterificação de óleos e gorduras, os mais utilizados são o metanol e o etanol. O metanol é mais amplamente empregado na produção de biodiesel e, por ser mais reativo, implica em menor temperatura e tempo de reação. Os catalisadores mais comuns para uso na transesterificação em meio ácido são os ácidos de Brønsted-Lowry, como os ácidos sulfúrico e sulfônico. (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009) (RAMOS et al, 2011). A imagem a seguir mostra a reação global de transesterificação utilizando etanol.

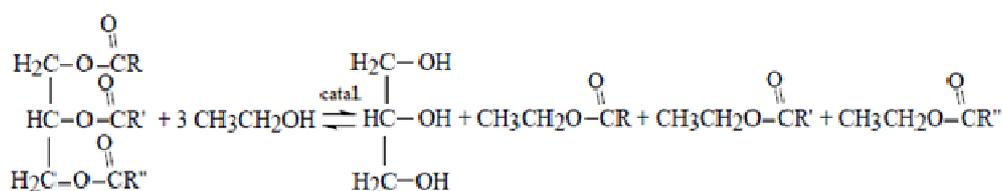


Figura 1: Reação global de transesterificação utilizando o etanol. Fonte: Valle, 2009.

De acordo com Parente (2003), o processo de produção de biodiesel a partir da transesterificação é composto das seguintes etapas:

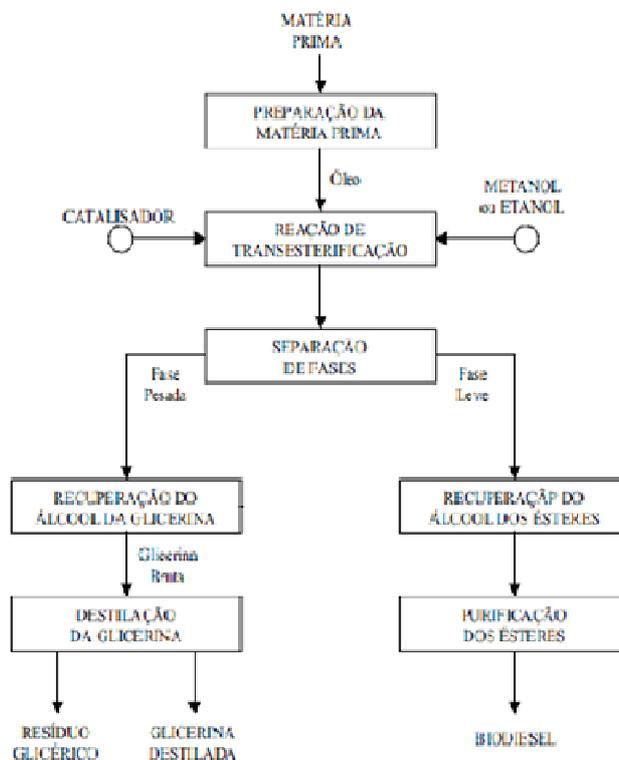


Figura 2: Processo de Produção de Biodiesel através da Transesterificação. Fonte: Parente, 2003.

- Preparação da matéria prima: é necessário que a matéria prima tenha o mínimo de umidade e de acidez;
- Reação de transesterificação: é a etapa onde vai ocorrer a transformação do óleo adicionado de metanol ou etanol em ésteres e glicerol;
- Separação de fases: após a reação de transesterificação, ocorre a separação entre os produtos obtidos na mesma. A fase mais pesada é composta de glicerina bruta e a fase menos densa é constituída dos ésteres metílicos ou etílicos. Ambas as fases apresentam excesso de álcool;
- Recuperação e desidratação do álcool: após a separação das fases, o álcool em excesso nas fases pesada e leve é recuperado, porém contém quantidades significativas de água, necessitando de uma separação. A desidratação do álcool é feita normalmente por destilação;
- Destilação da glicerina: a purificação da glicerina bruta é feita por destilação à vácuo, resultando um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada;
- Purificação desse combustível renovável: os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e desumidificados posteriormente, resultando finalmente no biodiesel.

Segundo Lôbo et al. (2009), para garantir a qualidade do biodiesel é necessário estabelecer padrões de qualidade, objetivando fixar teores limites dos contaminantes que não venham prejudicar a qualidade das emissões da queima, bem como o desempenho, a integridade do motor e a segurança no transporte e manuseio. Atualmente o padrão de qualidade americano, elaborado pela ASTM (American Society of Testing and Materials), através da norma ASTM D6751, e o estabelecido na União Europeia através da norma EN 14214 do Comitê Europeu de Normalização (Comité Européen de Normalisation - CEN) são geralmente usados como referência ou base para outros padrões. No Brasil as especificações são estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), através da Resolução nº 07 de 2008 (RANP 07/08).

O biodiesel pode ser produzido por meio de várias matérias-primas diferentes. É possível obter esse combustível a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou produtos residuais, como o óleo de fritura já usado.

Dentre as diversas matérias primas capazes de produzir biodiesel, escolheu-se utilizar o óleo residual de frituras, pois atrelado a ele percebe-se um outro problema, de caráter ambiental: o seu descarte indevido.

O óleo residual de cozinha, quando descartado indevidamente, pode causar danos à água de rios e lençóis freáticos ou poderia causar problemas às estações de tratamento de esgoto, entupindo e sujando a rede de tubulação, tornando o tratamento mais caro e mais difícil (COSTA, 2010). Cada litro de óleo despejado no esgoto urbano tem potencial para poluir 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 e PASQUALETTO, 2007, apud COSTA, 2011).

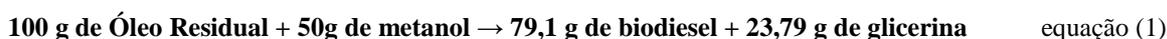
Existem três principais vantagens decorrentes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para produção de biodiesel. A primeira, de cunho tecnológico, caracteriza-se pela dispensa do processo de extração do óleo das oleaginosas. A segunda, de caráter econômico, caracteriza-se pelo custo da matéria-prima, pois por se tratar de um resíduo, o óleo residual de fritura tem seu preço de mercado estabelecido ou até mesmo pode ser obtido através de doações. E a terceira, de cunho ambiental, caracteriza-se pela destinação adequada de um resíduo que, em geral, é descartado inadequadamente impactando o solo e o lençol freático e, conseqüentemente, a biota desses sistemas (CHRISTOFF, 2006).

Portanto, este trabalho teve um objetivo de levantar informações a respeito do descarte de óleos residuais de fritura em dois municípios do estado do Ceará e fazer uma estimativa da quantidade de biodiesel que o material descartado nesses municípios é capaz de produzir. O trabalho objetivou também o estudo da produção de biodiesel através da reutilização desses óleos de fritura residuais, visto que o não descarte desse resíduo contribui de forma significativa para a conservação ambiental.

## METODOLOGIA

Aplicou-se um questionário nos estabelecimentos comerciais com potencial gerador de óleo residual na zona urbana do município de Acarape e Redenção (CE), a fim de produzir uma visão geral da situação de descarte e potencial de aproveitamento destes resíduos e também levantar informações sobre o interesse de tais estabelecimentos de participarem do projeto como doadores do óleo residual. O questionário aplicado nos estabelecimentos apresentou uma metodologia participativa, onde os entrevistados responderam perguntas diretas e também abertas.

Com os dados obtidos no questionário, fez-se que poderia ser obtido a partir do óleo residual coletado nas localidades estudadas. Para tal, tomou-se como base a metodologia apresentada por Souza (2006), onde o mesmo fez a reação de transesterificação 15 vezes, utilizando a proporção de 100% de Óleo Residual, alternando as proporções de Metanol entre 50% e 30% e alternando a proporção do catalisador básico (Etilato de Sódio) entre 1%, 1,5% e 2%, pode-se fazer uma média aritmética dos seus resultados obtidos e desenvolver a seguinte reação com tais proporções:



Após as entrevistas e coleta da matéria prima, as amostras de óleo residual foram levadas a um laboratório, onde foi feita a produção do biodiesel e a sua caracterização.

Para preparar a solução catalisadora utilizada na reação de transesterificação usou-se 1,6 g de KOH dissolvidos em 12,8 mL de metanol sob agitação até a completa dissolução. Em seguida, misturou-se 250 ml do óleo com 50 ml de metanol na solução de KOH sob agitação durante duas horas a uma temperatura de 60 °C. Após a reação de transesterificação, decantou-se a glicerina produzida. Lavou-se o biodiesel com água destilada aquecida, até que o mesmo se apresentasse com pH neutro. Após as lavagens, o biodiesel passou pelo processo de destilação por 50 minutos à 95 °C no equipamento Rotavapor.

Para caracterização do biodiesel obtido foram realizadas análises de índice de acidez, índice de saponificação, viscosidade cinemática, massa específica, ponto de fluidez e rendimento em massa. Os índices de acidez e saponificação foram determinados por análise titulométrica, através da metodologia desenvolvida pela Tecbio – Tecnologias Bioenergéticas Ltda. A viscosidade cinemática e a massa específica foram determinadas utilizando o viscosímetro SVM 3000. O ponto de fluidez foi determinado utilizando o equipamento próprio

para esse teste CPP 5Gs. O rendimento em massa foi calculado a partir da massa inicial de óleo residual, comparando com a massa final do biodiesel após a destilação.

## RESULTADOS

Os resultados obtidos podem ser divididos em três seguimentos: o primeiro é o resultado obtido após a aplicação do questionário em 45 estabelecimentos dos municípios de Redenção e Acarape (CE), onde foram obtidas informações sobre o descarte do óleo residual destes estabelecimentos; o segundo é a estimativa da quantidade de biodiesel que o material descartado nesses municípios é capaz de produzir; e o terceiro é o resultado da produção de biodiesel com o óleo de fritura coletado.

- **Dados referentes às repostas obtidas no questionário:**

Como resultado do questionário aplicado nos municípios de Redenção e Acarape, puderam-se ser levantadas algumas informações, que são apresentadas nos gráficos a seguir:

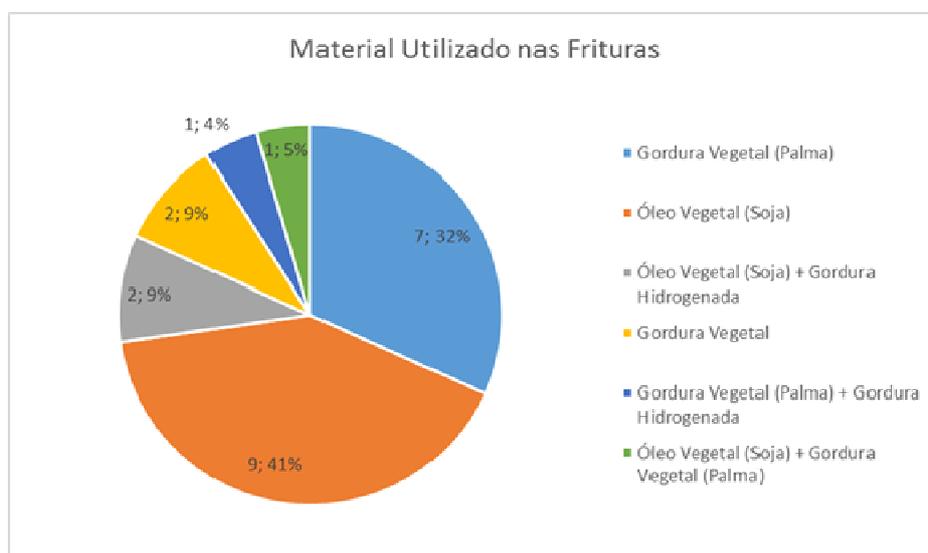


Figura 3: Materiais utilizados pelos estabelecimentos na fritura. Fonte: Autor do trabalho.

Na Figura 3 apresentam-se os tipos de Óleos e Gorduras utilizados para a fritura de alimentos. Percebe-se que grande parte utiliza óleo vegetal de soja (9 estabelecimentos) ou gordura vegetal da palma (7 estabelecimentos), já o restante tende a fazer uma mistura de óleos com gorduras na fritura, dependendo do alimento que será frito.

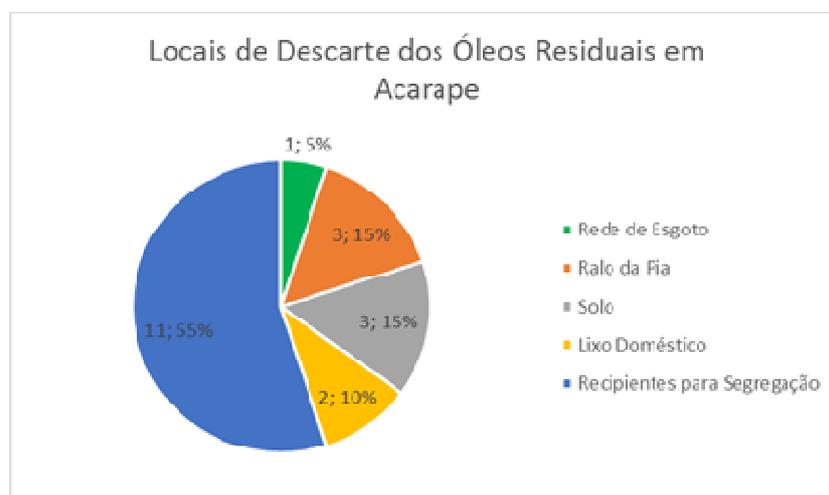


Figura 4: Locais de Descarte do Óleo Residual no Município de Acarape. Fonte: Autor do trabalho.

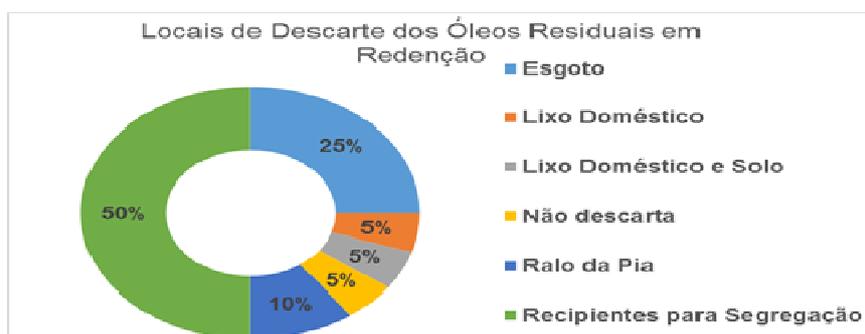


Figura 5: Locais de Descarte do Óleo Residual no Município de Redenção. Fonte: Autor do trabalho.

No município de Acarape, quanto ao descarte dos óleos de cozinha usados como mostrado na figura 4, podemos perceber que, de acordo com as respostas do questionário obtidas, a maioria, em torno de 55%, separa o resíduo em recipientes para segregação, e o restante descarta tais óleos no ralo da pia (15%), no solo (15%), no lixo doméstico (10%) e ainda diretamente na rede de esgoto (5%). Isso nos mostra uma conscientização dos riscos ambientais que o descarte indevido pode causar, por parte da maioria dos estabelecimentos.

Já em Redenção, 45% dos estabelecimentos e comércios informais disseram que descartam os óleos e/ou gorduras residuais diretamente nos ralos das pias, no esgoto, no solo e no lixo doméstico, na qual foi observado o desconhecimento da maneira correta de descarte dos óleos e gorduras residuais (OGRs). Somente 1 estabelecimento (5%) não faz o descarte dos óleos e/ou gorduras residuais. Já 50% deles responderam que utilizam de recipientes para segregar os OGRs tendo como maneira correta de descarta destes resíduos.

- **Estudo do potencial de aproveitamento dos óleos e gorduras residuais nos Municípios de Redenção e Acarape (CE):**

Além de dados sobre o descarte do óleo residual, o questionário levantou também informações a respeito da quantidade gerada de óleo residual nos dois municípios participantes do projeto, como pode ser visto nas figuras 6 e 7.

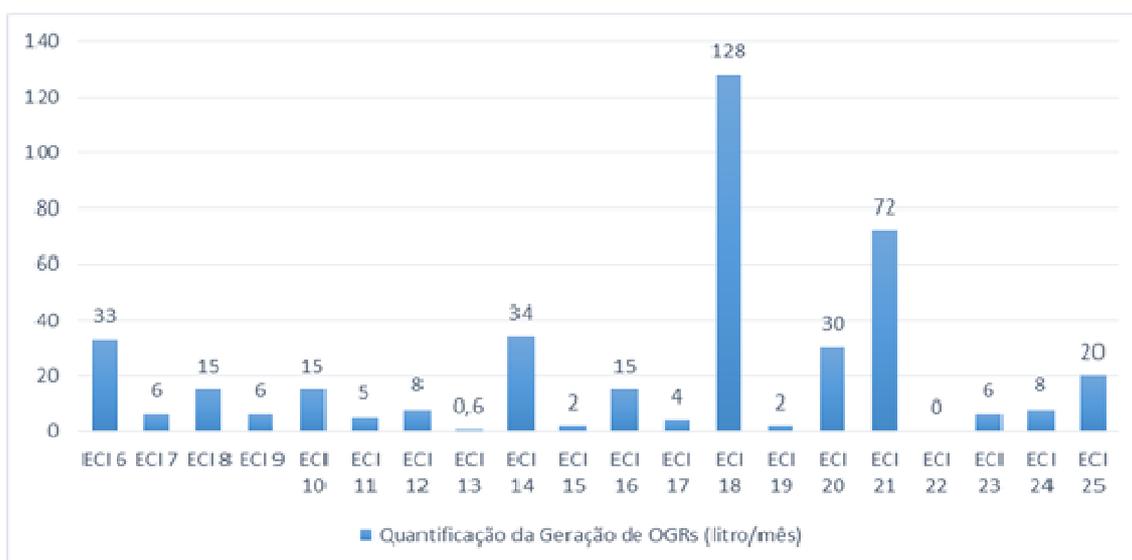
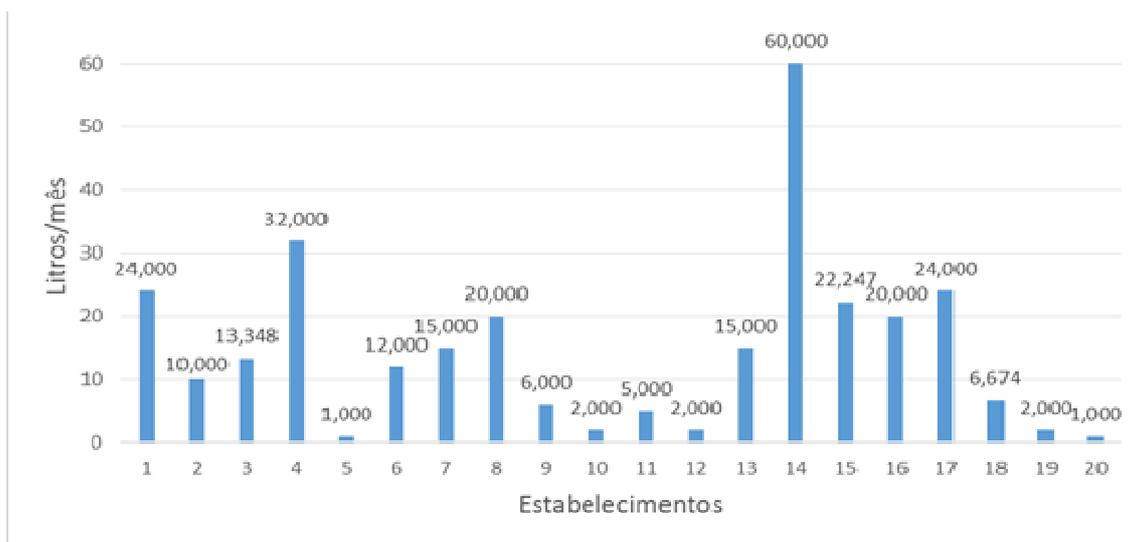


Figura 6: Quantidade Gerada por Mês de Óleo Residual no Município de Redenção. Fonte: Autor do trabalho.



**Figura 7: Quantidade Gerada por Mês de Óleo Residual no Município de Acarape. Fonte: Autor do trabalho.**

De acordo com o resultado da aplicação do questionário em 45 estabelecimentos nos municípios, a cidade de Redenção gera aproximadamente 410 litros de Óleo Residual por mês, enquanto a cidade de Acarape gera aproximadamente 293 litros de Óleo Residual por mês. Portanto, a quantidade gerada nos dois municípios é de 703 litros do resíduo a cada mês.

A estimativa do potencial de produção de biodiesel nas cidades de Redenção e Acarape pôde ser feita seguindo a metodologia apresentada por Souza (2006). Para aplicarmos a sua reação apresentada é necessário fazer a conversão do volume total gerado pelos municípios para quilogramas, portanto converte-se utilizando a densidade relativa dos óleos e gorduras vegetais que se encontram na Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1999).

A Resolução nos fornece um valor de 0,922 Kg/L para o Óleo Residual, então se pode obter a quantidade em quilogramas:

$$M = D \cdot V = 0,922 \text{ Kg/L} \cdot 703 \text{ L} = 648,166 \text{ Kg} = 648166 \text{ g} \quad \text{equação (2)}$$

Para essa quantidade de OGR, por regra de três, obtemos uma quantidade de metanol necessária de 324.083 g. De posse desses valores, podemos fazer o cálculo da estimativa de produção de biodiesel nos municípios citados:

$$648166 \text{ g de OGR} + 324083 \text{ g de metanol} \rightarrow 512667 \text{ g de biodiesel} + 154200 \text{ g de glicerina} \quad \text{equação (3)}$$

Portanto, os municípios de Redenção e Acarape possuem um potencial estimado de produção de 512,667 Kg ou, convertendo para litros, um volume equivalente a 556 litros de biodiesel por mês, o que nos daria um rendimento de 79% em massa na reação. E ainda um excedente de 154,2 quilogramas de glicerina. Isso nos daria um rendimento em massa de 79% na reação, ou seja, a cada 100g de óleo residual, poderia ser produzido 79g de biodiesel.

- **Dados referentes à produção de biodiesel:**

O biodiesel foi produzido conforme a metodologia apresentada anteriormente. O resultado visual do produto obtido foi como o esperado, pois após a reação de transesterificação, foi possível se observar a formação de duas fases: a fase superior é o biodiesel e a inferior é a glicerina, subproduto da reação, como mostrado na figura a seguir:



**Figura 8: Resultado da reação de transesterificação. Biodiesel + Glicerina (à esquerda) e Biodiesel (à direita). Fonte: Autor do trabalho.**

Os resultados da caracterização do biodiesel obtido a partir de óleo residual estão a seguir:

- Índice de Acidez (IA): IA = 0,24 mgKOH/g
- Índice de Saponificação (IS): IS = 198,98 mgKOH/g
- Viscosidade Cinemática à 40 °C: 4,5043 mm<sup>2</sup>/s
- Viscosidade Cinemática à 100 °C: 1,7773 mm<sup>2</sup>/s
- Massa Específica à 20 °C: 886,1 kg/m<sup>3</sup>
- Ponto de Fluidez: 0 °C
- Massa Final do Biodiesel: 181g
- Rendimento em massa: 78,65%

Alguns resultados obtidos foram comparados aos parâmetros apresentados no Regulamento Técnico ANP N° 3/2014 para Biodiesel da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), como mostram as Tabelas 1, 2 e 3:

**Tabela 1. Índice de Acidez - Fonte: Autor do Trabalho.**

Experimental (mgKOH/g)	Norma (mgKOH/g) *max
0,236	0,5

**Tabela 2. Viscosidade Cinemática à 40 °C - Fonte: Autor do Trabalho.**

Experimental (mm <sup>2</sup> /s)	Norma (mm <sup>2</sup> /s)
4,5043	3,0 a 6,0

**Tabela 3. Massa Específica à 20 °C - Fonte: Autor do Trabalho.**

Experimental (kg/m <sup>3</sup> )	Norma (kg/m <sup>3</sup> )
886,1	850 a 900

De acordo com as tabelas acima, os resultados obtidos para o biodiesel foram satisfatórios, uma vez que os valores se encontram dentro da faixa estabelecida pela ANP. Quanto à viscosidade cinemática à 100 °C, não existem parâmetros de qualidade estipulados nas normas tanto brasileira, quanto americana e europeia. Esse teste é feito automaticamente pelo aparelho programado para o teste de 40 °C. Mas pode se perceber que a viscosidade à 100 °C é menor que à 40 °C, o que é natural devido à temperatura ser maior.

Os testes de índice de saponificação e ponto de fluidez também não possuem parâmetros de qualidades nas normas vigentes mundiais. Quanto ao índice de saponificação, notou-se que o valor aumentou em relação ao apresentado pelo óleo residual antes da reação de transesterificação. Isso nos mostra que as condições iniciais utilizadas para essa reação poderiam ser alteradas de uma maneira que a mesma não favoreça a ocorrência dessa reação de saponificação paralela à de transesterificação.

O rendimento de 78,65% se mostrou coerente com o estudo do potencial de aproveitamento dos óleos e gorduras residuais nos Municípios de Redenção e Acarape feito. Onde foi visto que poderíamos ter um rendimento de 79% utilizando o óleo residual desses municípios para a produção de biodiesel.

## CONCLUSÕES

Dentro do cenário de preocupação com o meio ambiente e da crescente procura por energias renováveis e limpas, a produção do biodiesel pode ser considerada como uma alternativa muito eficaz. Os resultados obtidos mostraram que os municípios de Acarape e Redenção (CE) possuem um grande potencial de produção de biodiesel, pois descartam 703 litros por mês de óleo residual, matéria prima que poderia ser convertida em 556 litros de biodiesel mensais. E a produção de biodiesel obtido a partir desse material se mostrou de boa qualidade devido à algumas de suas características se apresentarem dentro das normas vigentes. Portanto, produzir tal combustível utilizando o óleo residual desses municípios como matéria prima se apresenta como uma grande iniciativa para empresas e pesquisadores, pois tal processo seria benéfico tanto na geração de energia renovável, como na preservação do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução - RDC nº 482, de 23 de Setembro de 1999**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de óleos e gorduras vegetais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 mar.1999.
2. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25.8.2014 DOU 10.2.2011**. Disponível em: <[http://www.udop.com.br/download/legislacao/comercializacao/institucional\\_site\\_juridico/res\\_anp\\_07\\_a\\_mplia\\_nomenclatura\\_alcool.pdf](http://www.udop.com.br/download/legislacao/comercializacao/institucional_site_juridico/res_anp_07_a_mplia_nomenclatura_alcool.pdf)>. Acesso em: 10 de Julho de 2016.
3. CHRISTOFF, P. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense, 2006.
4. COSTA, F.P. Viabilidade da utilização de óleo de fritura para fabricação de biodiesel e demais produtos. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2011.
5. COSTA, R.S.; SANTOS, C.A.; DULLIUS, J.E.L. Produção de Biodiesel em Usina Piloto a partir de Óleo de Fritura Usado. **V Mostra de Pesquisa da Pós-Graduação – PUCRS**, p. 590-592, 2010.
6. HOCEVAR, L. Biocombustível de óleos e gorduras residuais – a realidade do sonho. **II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**, p. 953-957, 2005.
7. LÔBO, I, P.; FERREIRA, S.L.C.; CRUZ, R.S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**, v.32, n.6, p.1596-1608, 2009.
8. PARENTE, E.J.S. BODIESEL: Uma aventura Tecnológica num País Engraçado, 1ª Edição, Unigráfica, Fortaleza-CE, Brasil, 2003.
9. RAMOS, L.P.; SILVA, F.R.; MANGRICH, A.S.; CORDEIRO, C.S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, p. 385-405, 2011.
10. SOUZA, C.A. Sistemas Catalíticos na Produção de Biodiesel por meio de Óleo Residual. UNIFEI, 2006.
11. TECBIO. Tecnologias Bioenergéticas Ltda. NTB A-0601 Determinação do Índice de Acidez. NTB A-0701 Determinação do Índice de Saponificação.
12. VALLE, P.W.P.A. Produção de biodiesel via transesterificação do óleo de nabo forrageiro. UFMG, 2009.