

ESTUDO COMPARATIVO DA PRODUÇÃO DO BODIESEL A PARTIR DA GORDURA SUÍNA E DO SEBO BOVINO VIA REAÇÕES DE TRANSESTERIFICAÇÃO METÍLICA

André Lucas Santos de Oliveira¹; Bruno Moraes Batista Santos²; Emykson Suevy Ribeiro Silva³; Marcio Cleivo de Moraes Souza⁴; Francisco Alexis Dantas Maia⁵

[1, 3, 5] INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - *Campus Apodi*

[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

[4] Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Palavras-chave: *Biodiesel*

Licença:



Resumo

Com a depreciação das reservas de petróleo, ligado com a alta demanda de energia faz com que se torne necessário à utilização de outros tipos de combustíveis de capacidade renovável e de fácil obtenção. O Brasil sendo um dos principais produtores mundiais de carne suína e carne bovina, tanto para o consumo nacional, quanto para exportação, notou-se que nesta cadeia produtiva de transformação de matéria prima em um produto final (a carne), ocorre o rejeito de materiais como, por exemplo, a gordura suína e o sebo bovino. Avaliar os biodiesel obtidos a partir da gordura suína e sebo bovino através de análises físico-químicas e cromatográficas e compara-los conforme os parâmetros estabelecidos pelos órgãos de fiscalização. (ANP, AOCS) A metodologia foi realizada a partir de processos de análises descritas nas resoluções redigidas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo), pela A.O.C.S. (Sociedade Americana dos Químicos de Óleo) e baseado em outros processos químicos caracterizados por outras literaturas. Espera-se com este trabalho analisar as características associadas ao biodiesel produzido a partir da gordura suína e do sebo bovino, utilizando neste processo produtivo uma rota metílica. Além de uma análise comparativa entre as duas matérias primas utilizadas. Os resultados obtidos foram satisfatório em relação ao que se esperava, pois a produção do biodiesel foi feita e as análises, quando realizadas, conseguiram passar, em sua maioria no teste de qualidade. O biodiesel foi caracterizado de acordo com as normas publicada na Resolução Agência Nacional do Petróleo (ANP) e por cromatografia gasosa. Os resultados foram promissores e de importância considerável para a cadeia produtiva de combustíveis renováveis. O estudo apresenta consistência e caráter inovador, apesar de já existirem alguns trabalhos na literatura tratando do mesmo tema. Ainda assim, tem o potencial de promover pesquisas que mantêm relação com o foco tecnológico renovável, no qual, novas condições de produção foram apresentadas.

Introdução

A principal vantagem dos biocombustíveis se demonstra pelo fato deste se tratar de um combustível renovável, no qual a matéria-prima é extraída de fontes que podem ser repostas com relativa facilidade, diferentemente do petróleo, que necessita de uma fossilização na casa dos milhões de anos. As motivações que levam um país a implementar em sua matriz energética os biocombustíveis, podem ser das mais diversas, indo desde questões políticas, como por exemplo o que ocorreu durante a crise do petróleo de 1970, até a própria questão da sustentabilidade (LEITE e LEAL, 2007).

Exemplos de biocombustíveis são: o bioetanol, o biogás e o biodiesel. Este último, é um substituto do diesel convencional oriundo do petróleo, que pode ser obtido através de reações de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais e é usado como forma de combustível direto ou em forma de aditivo. Segundo a lei nº 11.097, o biodiesel é um "biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil." (BRASIL, 2005, art 6º).

Aliado a tudo isso, temos no Brasil uma grande produção de carne, tanto bovina como suína, o que acaba por gerar diversos resíduos da produção, que não tendo um descarte adequado podem ocasionar

problemas tais quais: odores desagradáveis, poluição de rios e lagos, dentre outros. Portanto, utilizar a gordura animal, o sebo bovino e a banha de suínos, para a produção de energia, é uma via extremamente viável, pois além de se tratar de uma energia limpa, possibilita o reaproveitamento dessa matéria-prima. (PÊGO e REGINATO, 2011)

Levando em conta o reaproveitamento da gordura animal juntamente com a produção de um combustível com menores índices de gases poluentes, o presente trabalho busca, por meio de análises experimentais, caracterizar os biodieseis e comparar as propriedades físico-químicas destes biocombustíveis, produzidos a partir de sebo bovino e da gordura suína, para assim poder apontar qual se apresenta mais viável para a produção em larga escala em nosso país.

Problemática

O Brasil tem uma das maiores quantidades de rebanho bovino e suíno do mundo, fazendo com que o setor cárneo seja de suma importância para economia brasileira. (MAZZONETO, 2017) O abate dos animais é realizado para obtenção da carne e seus subprodutos, que são utilizados para consumo humano ou na produção de ração animal. Essa exorbitante produção de carne nacional faz com que seja gerado resíduos, esses resíduos foram classificados pela norma brasileira ABNT 10004-2004 (classificação de resíduos) e regidos pela lei 12305/2010 podendo ser classificados quanto a sua origem, quanto ao risco a saúde pública e ao meio ambiente. (BASILIO, 2014).

Ainda segundo Basilio (2014), os resíduos oriundos da produção de carne são classificados como como públicos ou de varrição, no qual entende-se como resíduos público os que são de origem animal ou vegetal, ou seja, que fazia parte de algum ser vivo. Esses resíduos quando são acumulados ocasionam um mal cheiro, aumentando a proliferação de bactérias nocivas e trazendo animais hospedeiros de doenças que podem prejudicar o ser humano.

Pergunta(s)/Hipótese(s)

- É possível produzir biodiesel de gordura suína e bovina?
- O biodiesel produzido através dessas matérias primas se adequam os padrões exigidos pelos órgãos regulamentadores?

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo se utilizar da gordura animal, que usualmente é tratada como resíduo industrial, de modo a produzir biodiesel de distintas fontes, sendo elas a gordura suína e a gordura bovina. Aliado a isso, realizar uma análise comparativa de ambas tendo em vista suas características advindas dos respectivos óleos, para que desta forma, fornecermos um norteamento a respeito de qual das duas já citadas gorduras, tem melhor potencial de viabilidade em uma possível produção em larga escala no Brasil

- Realizar a extração do óleo presente nas gorduras animais;
- Caracterizar os óleos através de análises físico-químicas;
- Realizar a reação de transesterificação para a obtenção dos biodieseis;
- Caracterizar por análises físico-químicas os biodieseis produzidos;
- Realizar a análise cromatográfica para verificar a conversão dos ácidos graxos em biodiesel.

Justificativa

Diante da necessidade de se obter novas matérias primas para a produção do biodiesel, as gorduras animal provenientes do sebo bovino e da gordura suína, surgem como alternativas para produzir este biocombustível. Por tanto, este trabalho visa a produção do biodiesel a partir destas duas fontes, avaliando as principais características do óleo e do biodiesel produzido através de análises físico-químicas e cromatográficas.

Referencial teórico/Estado da arte

2.1 Biocombustíveis

Os biocombustíveis, como o próprio nome sugere, são combustíveis cujo as matérias primas para sua produção são oriundas de meios facilmente renováveis no ambiente, diferente dos combustíveis de origem fóssil, que custam alguns milhões de anos para serem repostas na natureza. (REIS, 2014)

Segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis), os Biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Ainda segundo a ANP, cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis. Números de certa forma positivos já que tratamos de uma tecnologia relativamente nova, considerando que a intensificação das pesquisas nessa área só começou a ocorrer por volta de 1973 durante a 1ª crise petrolífera, e que os números de relevância e produção dos biocombustíveis vem, de ano após ano, quase sempre de uma forma crescente

Esse tipo de combustível vem crescendo em importância ao longo dos anos por vários fatores. Dentre eles podemos citar a constatação, descrita no tópico anterior, de que todas as reservas de petróleo do mundo se esgotarão em um futuro não tão distante, o que alavanca a pesquisa pela descoberta de fontes alternativas (FREITAS, 2010).

Além disso, existe a tão importante questão ambiental dos biocombustíveis. Uma vez que, o constante aumento nas emissões de gás carbônico a partir da queima de combustíveis fósseis é um fator relevante de desequilíbrio na atmosfera terrestre.

Daí a potencial importância dos combustíveis renováveis, estes, se forem por exemplo, de origem vegetal, irão consumir, a partir do processo fotossintetizante, o principal dos gases poluentes atmosféricos e responsáveis pelo aquecimento global, dióxido de carbono e convertê-lo em gás oxigênio fundamental para a manutenção da vida na superfície terrestre. (LOPES, ROSSO, 2013)

2.2 Biodiesel

O biodiesel pode ser caracterizado como um combustível renovável, biodegradável, não tóxico e livre de compostos aromáticos e sulfurosos, sendo portanto uma das alternativas para reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera. Na sua composição química, esse combustível se constitui de um mistura líquida de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa e por ser derivado de matéria lipídica (gorduras e óleos) é um composto rico em triglicerídeos. (VENTURA, 2010)

As matérias-primas utilizadas na obtenção desse biocombustível apresentam tempo de reposição à natureza extremamente curto, se comparado ao petróleo, que para ser produzido necessita de milhões de anos. Como exemplos dessas matérias-primas temos os óleos vegetais de soja, girassol, amendoim e também as gorduras animais de bovino, suíno, de frango entre outros. (PÊGO E REGINATO, 2011)

Diferentemente desse panorama temos o diesel mineral, que apesar de possuir certas características semelhantes ao biodiesel, é oriundo de fontes não renováveis, mais especificamente, é um derivado do petróleo e apresenta elevados índices de emissão de gases do efeito estufa (GEE). Essas semelhanças permitem com que o biodiesel possa ser utilizado em motores de combustão a diesel sem que haja nenhuma adaptação e ainda possibilita a mistura dos dois combustíveis para operarem de forma conjunta

nestes motores, sendo que ambos também podem ser usados de forma autônoma como forma de energia. (VENTURA, 2010)

2.3 Biodiesel no Brasil

No que se refere a biodiesel, o Brasil introduziu as pesquisas sobre esse tema no ano de 1983 com o Projeto de Óleo Vegetais (Projeto OVEG), que visava testar o biodiesel de forma pura e em misturas com o diesel mineral. A partir daí o governo federal desenvolveu alguns projetos como o PROBIODIESEL e o PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel). Em 2004 uma resolução da ANP determinou que o biodiesel poderia ser adicionado numa proporção de 2% no diesel mineral (B2) e em 2005 a lei de nº 11.097 introduz na matriz energética nacional o biodiesel e estabelece que a partir de 2008 todo o diesel fóssil comercializado no país deveria conter uma mistura de 2% do seu semelhante renovável, havendo um constante aumento nesse percentual até atingirmos os 10% atuais. (RAMOS et al, 2011)

A legislação brasileira vigente, obriga a adição de 10% de biodiesel no diesel mineral comercializado no país, sendo essa mistura nomeada "B10". Essa ação estratégica do governo federal, visa a diminuição da dependência externa de diesel não renovável, além de gerar mais empregos e renda no campo e não agredir severamente o meio ambiente. (SALLET, 2011)

Sendo assim, a lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, foi criada com a responsabilidade de oficializar o biodiesel como integrante da matriz energética brasileira e conferir à ANP (Associação Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), a função de gerir a fiscalização da produção e comercialização do biodiesel no Brasil, além de organizar leilões de compra e venda deste produto. (SALLET, 2011)

2.4 Reação de Transesterificação

A principal reação utilizada para a produção de biodiesel é a transesterificação. Essa reação consiste em reagir um mol de um triglicerídeo obtido através do óleo vegetal ou de uma gordura animal com três mols de álcool na presença de um ácido forte ou uma base como catalisadores para acelerar a reação química. Desse processo é gerado uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol (popularmente conhecido como glicerina), reação representada na Figura 2. (PÊGO E REGINATO, 2011)

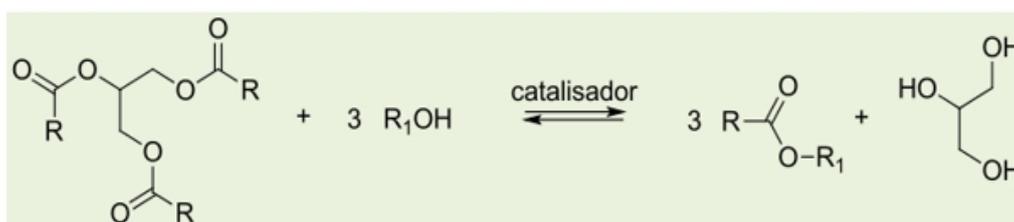


Figura 1 - Reação de Transesterificação. "R" representa as cadeias carbônicas que variam de composto para composto.. **Fonte:** Ramos et al (2011).

Por tratar-se de uma reação reversível, a transesterificação obedece os princípios de Le Chatelier, portanto para que o sentido da reação se desloque sempre para a formação do éster, é necessário um excesso estequiométrico do álcool ou uma otimização em outras variáveis do processo como temperatura, por exemplo. Por esse e outros fatores, a escolha do álcool a ser utilizado na reação é de suma importância. Os álcoois de cadeia curta são amplamente utilizados nesse processo, tais quais o metanol (CH₃OH) e o etanol (CH₃CH₂OH) se apresentam mais benéficos, sendo que o álcool metílico se sobressai ao etílico, pois é mais reativo, o que possibilita que a reação ocorra em temperaturas menores e em menor tempo, além de ser mais barato que o etanol anidro, como aponta a ANP em seus boletins mensais. (URIBE et al. 2014)

Após o processo de transesterificação, o produto obtido é formado por duas fases. A fase mais densa,

localizada na parte inferior é o glicerol e a parte menos densa, sobreposta ao glicerol é o próprio biodiesel (figura 3), que necessita de algumas outras etapas de lavagem, pois tanto em sua composição como a da glicerina, há impurezas das quais podemos destacar: álcool que não reage durante o processo, água e impurezas. (PÊGO E REGINATO, 2011)

2.5 Matérias-primas da produção de Biodiesel

Diferente das oleaginosas que já são bastantes conhecidas pelo potencial energético no que se diz respeito ao biodiesel, o sebo bovino e a gordura de porco, vem ganhando espaço e se tornando uma matéria-prima interessante, pois além de não existir um concorrente de competição no ramo alimentício, tem excelente aproveitamento quanto a sua transformação em biodiesel. (URIBE et al. 2014).

Os biodieseis de sebo bovino e gordura suína indicam também outras vantagens em relação aos de origem vegetal. Uma das características vantajosas é o alto valor calorífico e o alto número de cetanos e aumento da estabilidade à oxidação pela maior resistência à mesma. No que se diz respeito ao número de cetano, o mesmo mede a qualidade de combustão do combustível, ou seja, um baixo índice de cetano produz uma ineficácia na queima combustível, podendo formar depósitos e desgastes nos pistões do motor (KRAUSE, 2008 apud Uribe, 2014.)

A presença de grande concentração de compostos saturados atua em duas propriedades importantes dos combustíveis que são inversas: a estabilidade à oxidação e o ponto de névoa. O tempo de estabilidade à oxidação aumenta junto com o aumento de compostos saturados no biodiesel obtido de gordura animal. Entretanto, o ponto de névoa aumenta para o biodiesel com o aumento da concentração de compostos saturados e como consequência o desempenho do motor pode diminuir (MORAES, 2008).

O sebo bovino assim como a gordura suína são formados basicamente por ácidos graxos de cadeia saturada, possuindo assim estruturas químicas semelhantes às dos óleos vegetais. As diferenças estão nos tipos e distribuições graxos dos ácidos combinados com o glicerol. Logo essa gordura animal (sebo bovino e suíno) também são uma opção para a produção de biodiesel.”(URIBE et al. 2014).

A gordura animal diferencia de alguns óleos vegetais como o de soja e o de canola, em relação suas propriedades químicas. Estes óleos vegetais possuem em sua composição uma grande quantidade de ácidos graxos insaturados, todavia nas gorduras animais, como o sebo, ocorre o inverso, apresentam uma quantidade maior de ácidos graxos saturados. (MORAES, 2008).

Materiais e Métodos/Metodologia

3.1 Preparação da gordura para a extração

A gordura, aproximadamente 1 kg, tanto de origem suína quanto de origem bovina, provenientes, respectivamente, do Frigorífico Bom Gosto (Caraúbas-RN) e do Abatedouro Público Municipal da cidade de Apodi-RN, foi cortada em cubos, logo após de ser lavada e distribuída igualmente em 4 béqueres de 600ml cada.

3.2 Extração do óleo

Os béqueres foram colocados na estufa para que com o aquecimento das gorduras, o óleo presente em seu interior fosse expelido da banha e do sebo. Assim feito, a cada 30 minutos este óleo era retirado com o auxílio de uma luva, devido às altas temperaturas no interior da estufa, e armazenados em um quinto béquer, este de volume igual a 1000mL.

Tal processo de retirada fora realizado pelo menos 9 vezes até as fontes utilizadas pararem de expelir o óleo, sempre lembrando que todo este processo foi realizado uma vez com o sebo bovino e outra com a banha suína.

Após a retirada completa do óleo, foi realizado um simples processo de purificação, com o auxílio de uma peneira, e logo após o armazenamento em frascos.

3.3 Produção do Biodiesel

Por motivos da solidificação da gordura animal em temperatura ambiente, o primeiro passo foi colocá-la na estufa para que com o aquecimento, ela passasse para o estado líquido e fosse possível manuseá-la.

Tendo o feito, pesou-se 25 g de óleo em um balão de fundo chato de 250 ml e o foi colocado para pré-aquecer no agitador magnético enquanto se pesava os 17,46 g de álcool (para a gordura suína) e as 16,74g de álcool (para a gordura bovina), além dos 0,25g de catalisador ácido ou básico. Os valores mencionados na reação de produção do biodiesel foram obtidos através de cálculos estequiométricos baseados nas massa molares médias dos ácidos graxos presentes em ambas as gorduras animais, para tal, utilizou-se os dados de Dias et al (2009) para a banha de suíno e Tavarus et al (2009) para o sebo bovino. Depois de pesados, foi adicionado o álcool e o catalisador ao balão de fundo chato com o óleo pré aquecido.

Depois de a mistura (Álcool-Óleo-Catalisador), ter sido feita, montou-se um sistema com o balão de fundo chato sobre o agitador magnético para ser aquecido e agitado por um agitador magnético, popularmente “peixinho”. Conectou-se a um sistema de refluxo para que não houvesse a perda de substância por evaporação.

Esta mistura foi deixada no sistema por 2 horas a uma temperatura de 60°C. Ao término das 2 horas, a mistura foi colocada em um funil de decantação (250ml) para que, após um repouso de 24 horas, a mesma fosse evidenciada em 2 fases. Sendo a parte mais densa o Glicerol, e a menos densa o biodiesel, conforme nos demonstra a figura 2.

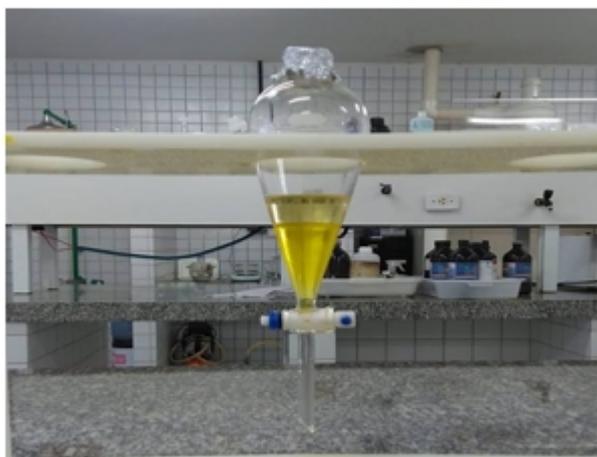


Figura 2 - Decantação do Biodiesel. **Fonte:** Autoria Própria..

3.4 Análises Físico-Químicas do Biodiesel

Todas as análises físico-químicas realizadas no presente trabalho, com exceção da cromatografia, foram baseadas na metodologia do Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008).

$$IP = \frac{(A-P) \times N \times 1000}{p}$$

Figura 3 - Fórmula do Índice de Peróxido. **Fonte:** Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.4.1 Índice de Saponificação

A determinação do índice foi feita através de uma análise titulométrica, utilizando a fenolftaleína como indicador ácido-base e ácido clorídrico (HCl) como titulante. Nesse procedimento, conectou-se um condensador de refluxo com um balão volumétrico contendo 2g da amostra e 25mL de uma solução de KOH, deixou-se em aquecimento por 30 minutos. Após o resfriamento, titulou-se com uma solução de 0,5M de ácido clorídrico.

Através da equação a seguir, é possível determinar valores para o índice de saponificação.

3.4.2 Índice de Peróxido

Para obter esse índice, foram necessárias o preparo de duas soluções: uma padrão (branco) e a amostra (uma para cada óleo e outra para cada biodiesel) para a análise. A amostra padrão foi preparada com a mistura de 30mL de ácido acético-clorofórmio (3:2 v/v) com 0,5 mL de uma solução saturada de iodeto de potássio (KI). Após o repouso de 1 minuto, foi adicionado água destilada, na quantidade de 30mL, em seguida houve a adição de 0,5mL de uma solução do indicador amido.

Depois de um repouso de 5 minutos, a amostra foi titulada com tiosulfato de sódio Na₂S₂O₃ até que houvesse o desaparecimento da coloração rosa clara.

O preparo das amostras para a análise, se deu inicialmente com a pesagem de 5g da matéria a ser analisada (óleo e biodiesel, feitas em operações distintas), após isso, o restante do procedimento se deu da mesma maneira que o da amostra padrão.

O cálculo do índice de peróxido se dá através da seguinte equação:

$$IP = \frac{(A-P) \times N \times 1000}{p}$$

Figura 4 - Fórmula do Índice de Peróxido. **Fonte:** Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.4.3 Densidade

A densidade dos óleos e dos biodieseis produzidos, foram obtidos através de um densímetro portátil da marca Anton Paar. Levou-se as amostras até o aparelho e este forneceu a densidade em kg/m³ das mesmas.

3.4.4 Índice de Acidez

Foi usado uma solução alcoólica de KOH como titulante e fenolftaleína como indicador. Para determinar o índice de acidez, pesou-se 1 g de cada substâncias analisada (nesse caso os óleos suíno e bovino e os biodieseis de ambas as matérias-primas) cada um em um erlenmeyer de 125 mL, onde foram dissolvidos 12,5 mL de solução neutra de éter etílico: etanol (2:1), agitando-os vigorosamente, para, em seguida, acrescentar duas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% em cada solução. Logo após, realizaram-se as titulações com solução aquosa de hidróxido de potássio 0,1 N 0,3 mol/L até os indicadores atingirem a coloração rósea. Os índices de acidez (IA) em mg KOH/g foram calculados a partir da Equação:

$$IA = (56,1 \times V \times N)/E$$

Figura 5 - Fórmula do Índice de Acidez. **Fonte:** Maia (2018).

Onde: V – É o volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação em mililitros; N – É a normalidade da solução de hidróxido de potássio; E – É o peso da amostra em gramas.

3.4.5 Viscosidade

Para determinar a viscosidade cinemática dos biodieseis, foi utilizado um viscosímetro da marca Fann, modelo 35. O processo consistia em submeter as amostras a rotações em diferentes velocidades, para que a partir disso fosse atribuído um valor.

4.4.6 Índice de Refração

Para que fosse realizado a determinação do índice de refração dos óleos bovino e suíno, tal qual seus respectivos biodieseis produzidos foi utilizado um refratômetro de Abbé, fazendo-se, primeiramente, o teste de calibração com água destilada, onde, em condições ambientes, o mesmo sinalizou 1,333, de acordo com o previsto no manual. Feito isso, certificou-se de que os prismas estavam limpos e perfeitamente secos, colocaram-se nos prismas do refratômetro uma gota de óleo ou biodiesel a ser utilizado, e deixou-se lá por cerca de 1 a 2 minutos até que a amostra atingisse a temperatura do aparelho. Ajustou-se o instrumento e a luz para obter a leitura mais nítida possível, e então, fora determinado o índice de refração. A leitura da escala dará diretamente o índice de refração absoluto a 27,2°C com quatro casas decimais. Foram realizadas pelo menos 3 leituras.

3.4.7 Cromatografia

As análises cromatográficas foram realizadas utilizando-se cromatógrafo gasoso da marca Shimadzu, modelo QP2010SE plus, empregando-se coluna capilar SH-Rtx-5 (Crossbond 5% diphenyl / 95% dimethyl polysiloxane) com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,1 µm de espessura do filme da fase fixa; as temperaturas do injetor e do detector foram de 330 e 350 °C, respectivamente; condições da coluna 60 °C para 80 °C a 5 °C/min, permanecendo por 3 minutos; então de 80 °C/min até 250 °C a 30 °C/min permanecendo nesta temperatura por 10 minutos, usando He como gás de arraste com vazão de 1,0 mL/min. A análise com o detector de massa foi de modo scan com tempo de análise em 24.5 mL/min. O registro dos espectros de massa foi na faixa de 35 a 500 Daltons por impacto de elétrons (EMIE) com energia de ionização de 70 V (voltagem de 1,5 KV), analisador do tipo quadrupolo e fonte de íons de 240 °C. Resultando na identificação dos picos de massa no cromatograma de cada amostra de biodiesel.

Resultados e Discussões

4.1 Análises Físico-Químicas

Substâncias Analisadas	Índice de Refração 27,2 °C	Densidade 20 °C - kg/m ³	Índice de Acidez mgKOH/g	Viscosidade 40 °C - mm ² /s	Índice de Saponificação mgKOH/kg	Índice de Peróxido meq/Kg
Valores segundo a ANP	NC*	0,850 a 0,900	até 0,5	3 - 6	NC*	NC*
Biodiesel Suíno	1,4407	0,864	0,4	3,47	207,43	10
Biodiesel Bovino	1,4419	0,865	0,4	4,62	190,26	4

NC = Não Consta

Figura 6 - Valores Obtidos nas Análises Físico-Químicas . **Fonte:** Elaborado pelos autores (2018).

Como descrito na tabela acima, a ANP fornece um padrão para o Índice de Refração, entretanto foi constatado que não houve uma grande variação nessa análise, mas que os dois biodieseis estão inseridos nos padrões de qualidade requeridos pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Em relação a densidade das amostras, sabe-se que os óleos suíno e bovino a essa temperatura (20 °C), encontra-se em estado sólido devido as suas características químicas, não necessitando de uma análise quantitativa. Em relação aos biodieseis, os dois encontram-se nos níveis adequados segundo a ANP, inseridos dentro das normas de qualidade exigidas.

O índice de acidez é de grande importância durante a estocagem, na qual a alteração dos valores neste período pode significar a presença de água e outros elementos desnecessários que prejudicam na qualidade do biocombustível. (Maia, 2018). Todas as substâncias analisadas em questão, conseguiram obter resultados satisfatórios, no qual o teor de 0,4 mgKOH/g está inserido no padrão de qualidade da ANP, no qual impõe que o biodiesel de qualidade aceitável tenha no máximo 0,5 mgKOH/g e a matéria-prima utilizada na fabricação (óleo suíno e bovino) tenham no máximo 0,8 mgKOH/g.

No que diz respeito a viscosidade desses biocombustíveis, a recomendação do órgão em questão, é que os valores estejam compreendidos entre 3 e 6 mm²/s. Conforme Lôbo (2009), uma das vantagens do biodiesel em relação ao diesel mineral é sua maior viscosidade, o que concede ao biocombustível uma maior lubrificidade, proporcionando conseqüentemente, uma redução no desgaste das partes móveis dos motores que são alimentados por esse combustível. Os valores obtidos nas análises mostraram que ambas as substâncias se encontram dentro dos padrões requeridos.

A ANP não regulamenta uma faixa no qual se compreende o índice de saponificação e o índice de acidez, entretanto podemos compará-los com outros órgãos regulamentadores. A AOCS (American Oil Chemists' Society), estipula que os valores para o índice de saponificação devem estar inseridos numa faixa entre 176 – 187. (MAIA, 2018). Verificamos que as amostras analisadas superam esses valores, entretanto deve-se analisar as condições dos processos de obtenção dessas matérias, uma vez que estas foram realizadas em escala de bancada laboratorial, enquanto o padrão requisitado pela AOCS atende a produção comercial. Segundo Suarez (2015), os valores para o índice de peróxido não devem ultrapassar 10 meq/kg, dessa forma, ambas as amostras se mostraram adequadas aos parâmetros nesses requisitos.

4.2 Cromatografia Gasosa

A análise cromatográfica gasosa acoplada ao espectrômetro de massa foi realizada com o objetivo de realizar a caracterização dos ésteres metílicos que compõem os biodieseis produzidos a partir da reação de transesterificação das gorduras suína e bovina. A análise destes espectros confirmou a formação do biodiesel, mostrando que a transesterificação ocorreu com eficácia.

Segundo consta a literatura, Taravus *et al* (2009), Cunha *et al* (2009) e Moraes *et al* (2009), além de vários outros autores da área científica, a gordura bovina possui cerca de 6 a 9 ácidos graxos, dos quais se destaca o ácido oleico, além do ácido esteárico, e do ácido palmítico. Já para a gordura suína, conforme consta autores como Dias *et al* (2009) e vários outros também são encontrados de 6 a 9 ácidos graxos na banha de porco, dentre os quais destaca-se o ácido oleico, além dos ácidos linoleico e esteárico.

Os biodieseis produzidos foram analisados através da cromatografia em fase gasosa, de modo a observar a conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos, os componentes presentes no biodiesel do óleo das gorduras suína e bovina foram identificados visando os princípios ativos com seu tempo de retenção (RT), fórmula molecular e concentração (%) no metanol. Os componentes predominantes foram, em ambas as gorduras, o ester hexadecanoato de metila (33,09% no sebo bovino e 29,77% na banha suína), o estearato de metila (25,69% na gordura bovina, 17,67% na gordura suína), e o 9-octadecanoato de metila (20,55% no sebo bovino, 25,93 na banha de porco). Conforme expõem as tabelas abaixo:

Tempo de retenção (min)	Nome dos ácidos graxos	Fórmula molecular	Nome dos ésteres Metílicos	Fórmula molecular	Área (%)
4.977	Ácido tetradecanoico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	Tetradecanoato de metila	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	2.07
8.078	Ácido 9-hexadecanoico	C ₁₆ H ₃₄ O ₂	9-Hexadecanoato de metila	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	1.64
8.576	Ácido hexadecanoico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Hexadecanoato de metila	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	26.13
10.306	Ácido cis-10-heptadecenoico	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	Cis-10-Heptadecadienoato de metila	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.40
10.871	Ácido heptadecanoico	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	Heptadecanoato de metila	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.75
12.887	Ácido 9,12 octadienoico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	9,12-Octadienoato de metila	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	8.74
13.168	Ácido 9-octadecenoico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	9-Octadecanoato de metila	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	36.65
13.242	Ácido 9-octadecenoico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	9-Octadecanoato de metila	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	3.07
13.914	Ácido octadecanoico	C ₁₈ H ₃₈ O ₂	Estearato de metila	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	18.91
18.621	Ácido cis-11-Eicosenoico	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	Cis-11-Eicosenoato de metila	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	1.54

Figura 7 - Cromatografia do Biodiesel Suíno. **Fonte:** Elaborado pelos autores. (2018) .

Tempo de retenção (min)	Nome dos ácidos graxos	Fórmula molecular	Nome dos ésteres Metílicos	Fórmula molecular	Área (%)
4.975	Ácido tetradecanoico	$C_{14}H_{28}O_2$	Tetradecanoato de metila	$C_{15}H_{30}O_2$	4,11
8.066	Ácido 9-hexadecenóico	$C_{16}H_{34}O_2$	9-Hexadecanoato de metila	$C_{17}H_{32}O_2$	0,95
8.545	Ácido hexadecanoico	$C_{16}H_{32}O_2$	Hexadecanoato de metila	$C_{17}H_{34}O_2$	28,87
10.148	Ácido 14-metil hexadecanoico	$C_{16}H_{34}O_2$	14-metil hexadecanoato de metila	$C_{16}H_{36}O_2$	0,64
10.865	Ácido heptadecanoico	$C_{17}H_{34}O_2$	Heptadecanoato de metila	$C_{18}H_{36}O_2$	1,33
12.786	Ácido 9, 12 octadecadienoico	$C_{18}H_{32}O_2$	9,12-Octadecadienoato de metila	$C_{19}H_{34}O_2$	0,96
13.049	Ácido 9-octadecenoico	$C_{18}H_{36}O_2$	9-Octadecanoato de metila	$C_{19}H_{36}O_2$	23,35
13.155	Ácido 9-octadecanoico	$C_{18}H_{36}O_2$	9-Octadecanoato de metila	$C_{19}H_{36}O_2$	0,77
13.288	Ácido 9-octadecanoico	$C_{18}H_{36}O_2$	9-Octadecanoato de metila	$C_{19}H_{36}O_2$	3,21
13.905	Ácido octadecanoico	$C_{18}H_{38}O_2$	Estearato de metila	$C_{19}H_{38}O_2$	35,81

Figura 8 - Cromatografia do Biodiesel Bovino. **Fonte:** Elaborada pelos autores. (2018) .

A partir da análise cromatográfica, foi observada uma taxa de 100% de conversão de ácidos graxos em ésteres metílicos, tanto para o biodiesel proveniente da gordura bovina quanto da suína. Resultados satisfatórios que confirmam a eficiência do procedimento realizado, já que o biodiesel, de acordo com a norma Europeia, EM 1403, deve ter um teor de ésteres acima de 96,5%.

Considerações finais

Ao analisarmos os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas e por meio de cromatografia gasosa dos biodieseis produzidos por gordura animal, bovina e suína, é perceptível que ambas as matérias-primas se apresentam vantajosas para a fabricação desse biocombustível. Com exceção do índice de saponificação, todos os demais testes realizados segundo os padrões da ANP, AOCS, ANVISA e outras literaturas, se mostraram favoráveis.

Comparando os dois biodieseis, nota-se que os mesmos apresentam características físico-química próximas, no qual os dois biodieseis obtiveram 100% de conversão em ésteres metílicos. Os resultados mais notáveis entre os dois, foram: em relação a viscosidade, onde constatou que o biodiesel bovino é mais viscoso em relação ao suíno; no índice de saponificação, pois o biodiesel bovino mostrou uma menor quantidade de matéria saponificável; e no índice de peróxido. Tais resultados expõe que o biodiesel bovino apresenta maior viabilidade produtiva.

Apoio

COLAB - Coordenação de Laboratórios do IFRN - Campus Apodi.

Agradecimento

INSTITUTO FEDERAL, DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE-CAMPUS APODI.

Referências:

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis.. **RESOLUÇÃO ANP Nº 45, DE 25.8.2014**
Disponível em:
<<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=rانp-45--2014&g>
t>. Acesso em: 23 de Julho de 2018.

BASÍLIO, Anderson Cristiano Buruti. **Produção mais limpa**: Gestão dos resíduos cárneos na feira central de Campina Grande - PB. 2014. TCC (Graduação) - Bacharel em Administração, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

FONSECA, Marta Reis Marques da. **Química I**. São Paulo: Editora Ática, 2013.

FREITAS, Elisa Pinheiro de..FREITAS, Elisa Pinheiro de.. Algumas considerações sobre a abordagem histórico geográfica para o entendimento dos eventos contemporâneos:: A questão dos biocombustíveis. 1ª SEMANA DE GEOGRAFIA DA UFTM, 1 n., 2010, Uberaba. -. Uberaba, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. -. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.. São Paulo, 2008.

INTRODUÇÃO DO BIODIESEL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. **Lei nº 11.097**, de 13 de Janeiro de 2005. Brasília, 2005. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm>. Acesso em: 31 de Março de 2018.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V.. O BIOCMBUSTÍVEL NO BRASIL. **Novos Estudos - CEBRAP**. 2007.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio.. **BIO**. São Paulo: Saraiva, 2013.

MAIA, Rafaela da Silva. **OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE MAMONA (Ricinus Communis L.)**. 2018. TCC (Graduação) - Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Apodi, 2018.

MAZZONETTO, Alexandre Witier; ALEIXO, Irani.. Produção de biodiesel de gordura animal.. **Bioenergia em Revista**. 2017.

MORAES, Maria Silvana Aranda.. **Biodiesel de sebo** . 2008. Dissertação (Mestrado) - Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Porto Alegre, 2008.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. . -. Parâmetros Físico-Químicos para a Produção de Biodiesel. Brasília, 2015.

PÊGO, Franciele; REGINATO, Thiago.. **Síntese de Biodiesel a partir de gordura suína** . 2011. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

RAMOS, Luis et al. . Tecnologias de Produção de Biodiesel.. **Revista Virtual da Química**.. 2011.

SALLET, Cíntia Letícia.. **Os biocombustíveis no Brasil e a relação entre os mercados agrícolas e de energia**.. 2011. Dissertação (Mestrado) - Administração, Contabilidade e Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

URIBE, Raul Andres Martinez; ALBERCONI, Caio Henrique; TAVARES, Beatriz Antoniassi. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO SEBO BOVINO:.. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. . 2014. ISSN 1984-9354.

VENTURA, Carla Sofia Santos. **Biodiesel Obtido de Gordura Animal**: . 2010. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, Porto, 2010.