



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA OLEÍNA EXTRAÍDA DOS RESÍDUOS DA CARNE DE FRANGO

**João D. A. do Anjo¹; Carlos. E da S. Leite²; Alania. F. Mendonça³; Ricardo.
D. Anjos¹; Antonio. E. M. Paiva⁵; José. S. C. Vieira⁶**

¹Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do IFMA – Campus Monte Castelo

²Acadêmico do Curso de Tecnologia em Processos Químicos do IFMA – Campus Monte Castelo.

³Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UEMA- Campus São Luís

⁵Prof. Dr. em Engenharia de Materiais (colaborador) do IFMA – Campus Monte Castelo.

⁶Prof. Dr. em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos (coordenador) do IFMA – Campus Monte Castelo.

¹joaodarlton12317@gmail.com

Palavras-Chave: Energia renovável, Sustentabilidade, Biodiesel.

Introdução

O consumo energético a nível mundial ainda é dependente de combustíveis fósseis. Essas matérias-primas estão passíveis de esgotamento e a energia proveniente dos derivados do petróleo é responsável por causar degradação ambiental, através da emissão de poluentes que são lançados na atmosfera. Os referidos gases tóxicos são responsáveis pela degradação de ecossistemas ambientais e pela elevação do aquecimento global (Vieira, 2017).

A redução das reservas mundiais de petróleo e o impacto ambiental originário da combustão dos gases geradores do efeito estufa (gee) têm ocasionado uma busca incessante por fontes alternativas de energia renovável. Consequentemente, com o advindo do crescimento demográfico, das questões ambientais e de transporte e o dinamismo avassalador do desenvolvimento científico, tecnológico e inovador das últimas décadas, impulsionou-se à diversificação da matriz energética mundial, gerando espaço para aplicação de fontes renováveis, que são ecologicamente sustentáveis e energeticamente favoráveis para atender as demandas antrópicas (Moreira, 2009; Ciconelo, 2018).

Neste contexto, os biocombustíveis apresentam-se como um contributo



para responder aos problemas energéticos da atualidade. Eles são obtidos de fontes renováveis e são capazes de fornecer energia com menores emissões de poluentes atmosféricos. Dentre os biocombustíveis destacam-se o biodiesel, um insumo energético obtido a partir de biomassa de origem vegetal e/ou animal. Entre as diferentes fontes para a produção de biodiesel, destaca-se a gordura animal. A utilização de óleos vegetais como matéria-prima pode contribuir para a baixa competitividade em relação aos derivados fósseis em face do alto custo da matéria-prima, armazenamento e o transporte por longos períodos. Uma alternativa atraente para a produção de biodiesel sustentável é a utilização de gordura de origem animal especificamente do óleo residual extraído do frango, uma vez que essa matéria-prima é descartada na forma de resíduo no próprio setor avícola, em postos de comercialização e em ambientes doméstico-rurais, tornando essa matéria-prima com elevado potencial para obtenção de biodiesel a baixo custo. (Seffati et al., 2020; Simsek, Uslu, 2020).

A produção nacional de frango de corte atingiu uma posição de destaque no ranking mundial. O Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango e o maior exportador mundial. Em 2023 foram produzidas 14,5 milhões de toneladas, das quais 33,2% da produção brasileira foi destinada para exportação gerando divisas em torno de 9,7 bilhões de dólares. O consumo *per capita* é de 4,82 Kg/habitante e 66,8% da produção é destinada para consumo interno (Teixeira, Teixeira, 2020; ABPA, 2024).

Com a crescente expansão da produção de carne de frango no Brasil, e a necessidade de melhorar a qualidade do produto oferecido aos consumidores têm gerado uma grande quantidade de material residual. Em geral, este resíduo não é aproveitado pelas indústrias que o descartam contribuindo sobremaneira aumentar o grau de poluição ambiental. Dessa forma, a utilização do óleo residual de frango como precursor da produção de biodiesel, pode ser uma alternativa atraente e ainda contribuir com a conservação do meio ambiente. Sendo assim, a extração e preparação do óleo a partir dos resíduos de frango visando a produção de biodiesel, surge como uma possibilidade para a indústria, solucionar



simultaneamente os problemas energéticos e ambientais que assolam o país. O óleo residual de frango tem propriedades bastante semelhantes às dos óleos vegetais. Em condições ambientais apresenta-se no estado líquido, favorecendo a reação de transesterificação pois contém baixos valores de acidez, possibilitando a sua conversão em biodiesel por catálise básica (Delgado; Cestari, 2010; Matos et al, 2020). Os resíduos graxos oriundos do setor avícola quando tratados adequadamente podem agregar valor e contribuir com a produção sustentável de biodiesel.

Material e Métodos

As principais matérias-primas utilizadas neste trabalho foram os resíduos, oriundos do corte da carne de frango, os quais foram coletados em estabelecimentos comerciais (supermercados, feiras, restaurantes e churrascarias) do município de São Luís-MA. Os materiais graxos foram transportados para o Laboratório de Processos Químicos do IFMA-Campus Monte Castelo onde a pesquisa foi realizada. Além disso, utilizaram-se os reagentes: Ácido acético glacial, NaOH, HCl, H₂SO₄, Álcool etílico e Éter etílico.

Inicialmente, os resíduos de carne de frango foram imersos durante 24 horas em uma solução desodorizadora, AQ-70, idealizada pela equipe executora deste projeto, cujo embasamento advém de princípios químicos. Em seguida, os resíduos foram lavados com água corrente e submetidos extração térmica da oleína.

O material graxo foi pesado e adicionado em um béquer de capacidade 5 L. Em seguida, adicionou-se água no béquer cuja quantidade foi o dobro da massa do material graxo. O sistema foi mantido em agitação rigorosa com auxílio de um agitador mecânico e em aquecimento na faixa de 90-110 °C.

À medida que água atingiu o ponto de ebulição e os resíduos o ponto de fusão começaram a liberar a oleína. O sistema de aquecimento foi desligado quando o volume total da mistura ficou reduzido a 30% do total inicial.

Na etapa seguinte, a mistura foi submetida à decantação visando a eliminação da água residual da oleína. A Figura 1 mostra algumas etapas do



processo de extração da oleína oriunda da carne de frango.

Figura 1 – Extração da oleína proveniente dos resíduos da carne de frango



Legenda:

Figura 1a: Desodorização da gordura de frango, Figura 1b: extração da oleína, Figura 1c: separação da oleína e Figura 1d: Desumidificação e filtração da oleína.

Fonte: O próprio autor (2024)

A oleína obtida foi caracterizada físico-quimicamente em termos de teor de umidade (%H₂O), índice de acidez (IA), teor de ácidos graxos livres (AGL) e Densidade (d) conforme sugerem Vieira et al. (2016), Vieira (2017), Castro (2019) e Reis (2022) respectivamente.

As amostras de oleína contendo elevado teor de ácidos graxos livres foram tratadas previamente pelo método de esterificação homogênea ácida visando reduzir o teor de acidez e torná-lo apto para o processo de transesterificação por catalise heterogênea. Nesta etapa foi utilizado o catalisador ácido homogêneo, ácido sulfúrico (H₂SO₄).

As reações de esterificação ácidas homogêneas foram realizadas em um balão de fundo redondo de capacidade 500 mL, acoplado em um sistema de refluxo mantido em agitação rigorosa a 90 °C durante 3 horas.

Em um experimento típico, 375 g (1,32 mol) da oleína de partida foram adicionados a 253,44g de metanol (7.92 mol) e 15 g de catalisador (0,4% em relação à massa



base do óleo), com razão molar de 1:6 (um para seis) entre o óleo e o metanol. O sistema foi mantido em agitação rigorosa ao longo do processo. O tempo reacional consistiu de 240 minutos e temperatura em torno de 90 °C. O produto foi recuperado através da técnica de centrifugação com rotação de 2500 rpm, durante 15 minutos. A parte oleosa foi submetida a aquecimento a 100°C para eliminar resíduos de água e metanol e destinada posteriormente para caracterização físico-química para medir a eficiência do processo de esterificação e também para a produção de biodiesel por rota metílica de transesterificação alcalina convencional. A Figura 2 destaca o processo de filtração e secagem da oleína esterificada

Figura 2 – Etapa de tratamento da oleína por esterificação acida



Fonte: Próprio Autor (2024).

Figura 2 – Etapa de tratamento da oleína por esterificação acida





Fonte: Próprio Autor (2024).

Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra o perfil físico-químico revelado para a oleína na sua forma bruta ou *in natura*. Os ensaios foram realizados em triplicata em função de cada parâmetro de controle de qualidade totalizando uma média de 90 ensaios.

Tabela 1 – Caracterização físico-química da oleína *in natura* extraída da gordura de frango

Amostras		Parâmetros de controle de qualidade da oleína tratada				
		IA (mgKOH.g ⁻¹)	AGL (% A.O)	H ₂ O (%)	D (Kg.m ⁻³)	Is (mgKOH.g ⁻¹)
Amostra 1	AM1 A	2,17(±0,00)	1,09(±0,00)	0,95(±0,08)	950	86-140
	AM1B	2,71(±0,00)	1,23(±0,00)	1,44(±0,66)		
	AM1 C	2,17(±0,00)	1,09(±0,00)	1,95(±0,04)		
Amostra 2	AM2 A	4,87(±0,00)	2,45(±0,00)	1,83(±0,12)	910	94-129
	AM2B	4,87(±0,00)	2,45(±0,00)	1,84(±0,02)		
	AM2 C	2,71(±0,00)	1,76(±0,00)	1,62(±0,13)		

Fonte: O próprio autor (2025).

O índice de acidez e o teor de umidade são os principais parâmetros que afetam a produção sustentável de biodiesel pela rota de transesterificação homogênea alcalina. Um teor de ácidos graxos livres (AGL) >0,5% e teor de umidade > 2% limitam a produção de biodiesel por catálise homogênea básica.

O índice de acidez é um parâmetro de qualidade que indica a quantidade de ácidos graxos livres originários da hidrólise dos glicerídeos. Um elevado teor de AGL é indicativo de que o óleo está sofrendo quebra nas cadeias dos gliceróis, liberados os seus principais constituintes. Segundo Vieira et al. (2017), a acidez dos óleos tende a aumentar com o prolongamento de seu armazenamento em face de ocorrer oxidação dos ácidos graxos livres, podendo comprometer o seu aroma, cor e sabor, devido ao processo de rancidez dos mesmos. Neste sentido, os altos valores de acidez encontrados na Tabela 1 podem estar relacionados com o tempo de armazenamento das amostras (6 meses) e também com a maneira rudimentar pela qual óleo foi extraído.



Neste trabalho foram obtidos IA na faixa de 2,17 – 2,71 mg KOH/g e AGL variando entre 1,09 a 1,23 % para a amostra 1. Para a amostra 2, obteve-se IA na faixa de 2,71 a 4,87 mg KOH/g e AGL entre 1,76 a 2,45 % de ácido oleico (A.O). Castro (2009), obteve os seguintes resultados para a oleína extraída de gongo IA: 3,26-3,41 mg KOH/g e AGL: 1,63 a 1,74% nota-se ao comparar os resultados que em ambos os casos a acidez da oleína e do óleo extraído do gongo contido no coco do tucum apresentam um elevado índice de acidez indicando que a oleína não estava apropriado para a produção de biodiesel, necessitando de um tratamento para adequá-lo ao processo produtivo de biocombustível. Por outro lado, Caetano e Silva (2017) extraíram a gordura de resíduos do corte de carne de frango visando a produção de biodiesel e obtiveram excelentes resultados. No decorrer da caracterização físico-química foram revelados IA: 0,92 mg KOH/g e teor de ácido graxos livres igual a 0,46% A.O.

Outro parâmetro que influencia na obtenção de biodiesel é a água. Esta substância desativa o catalisador formando sais de ácidos graxos (sabão), dificulta a separação de fase do produto (biodiesel) e subproduto (glicerina), além de gerar efluentes que contaminam o meio ambiente. Na Tabela 1 observa-se que o teor de água variou entre 0,95% e 1,95 % para as amostras 1 e para a amostra 2 revelou uma faixa de 1,62 a 1,84 % H₂O. Valores divergentes foram encontrados por Freitas e Silva Jr (2017) ao estudarem o teor de umidade para o óleo de tucum obtendo H₂O: 4,4% ($\pm$ 0,53). Por outro lado, Costa et al. (2017), obtiveram um teor de umidade de 0,13% ($\pm$ 0,00) para óleo extraído de tucum. No tocante ao quesito umidade pode-se inferir que a oleína *in natura* estava dentro da especificação para a produção de biodiesel.

O índice de saponificação (Is) é uma propriedade que exerce forte influência na qualidade de um óleo. A reação de saponificação pode indicar o grau de deterioração e a estabilidade de um óleo. A oleína revelou Is: 86-140 mg KOH/g para a amostra 1 e Is: 94- 129 mg KOH/g para a amostra 2. Segundo o padrão da Inglaterra um óleo considerado de primeira qualidade deve ter índice de saponificação na faixa de 177 a 187 mg KOH/g da amostra. Quanto maior o índice de saponificação, maior é sua aplicação para fins alimentícios (Castro, 2019). Na



visão do padrão inglês o Is das amostras estudadas não se configura de primeira qualidade.

A densidade é um parâmetro físico-químico de alta relevância na qualidade do biodiesel. Este parâmetro está diretamente relacionado com a composição química do óleo utilizado para a produção de biodiesel. Quanto mais fortes forem as interações intermoleculares existentes nas matérias-primas maior será sua densidade. Tais interações aumentam com o número de carbonos da cadeia (ligações simples) e diminui quanto maior o número de ligações insaturadas (ligações duplas) contida na composição do óleo. As análises da composição química do óleo de frango realizadas por Moreira (2009) revelaram a presença de C14:0 (ácido mirístico), C16:0 (ácido palmítico) e C18:0 (ácido

esteárico). Na Tabela 1 os valores da densidade para a oleína extraída da gordura de frango gongo foram de 950 Kg/m³ e 910 Kg/m³ para as amostras 1 e 2 respectivamente.

Quando um óleo sofre influência da temperatura ocorre a redução na sua densidade, no biodiesel a densidade está ligada ao número de cetano, que é uma propriedade indicativa no tempo de atraso na ignição de motores de ciclo diesel e ao poder calorífico, afetando diretamente o desempenho do motor (Vieira, 2017). Os sistemas de injeção de combustível, assim, sofrem alterações na densidade dos combustíveis e influenciam na potência do motor, em face da adição de massa diferente a ser injetada. Além disso, a densidade e a viscosidade do combustível afetam a pressão de injeção, a atomização do combustível e o desempenho do motor.

esteárico). Na Tabela 1 os valores da densidade para a oleína extraída da gordura de frango gongo foram de 950 Kg/m³ e 910 Kg/m³ para as amostras 1 e 2 respectivamente.

Quando um óleo sofre influência da temperatura ocorre a redução na sua densidade, no biodiesel a densidade está ligada ao número de cetano, que é uma propriedade indicativa no tempo de atraso na ignição de motores de ciclo diesel e ao poder calorífico, afetando diretamente o desempenho do motor (Vieira, 2017). Os



sistemas de injeção de combustível, assim, sofrem alterações na densidade dos combustíveis e influenciam na potência do motor, em face da adição de massa diferente a ser injetada. Além disso, a densidade e a viscosidade do combustível afetam a pressão de injeção, a atomização do combustível e o desempenho do motor.

TRATAMENTO PRÉVIO DA OLEÍNA DE FRANGO COM ELEVADA ACIDEZ

Esterificação homogênea ácida da oleína

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização físico-química revelada para a oleína esterificada. No tocante ao teor de água, quando comparado com a Tabela 1 (caracterização da oleína *in natura*), observa-se que houve um aumento significativo no teor de umidade para ambas as amostras (AM1 e AM2). O aumento no teor de água nas referidas amostras pode ter ocorrido em função da ineficiência da etapa de desumidificação, uma vez que no decorrer da desumidificação ocorre a formação de água como subproduto.

Tabela 2 – Caracterização físico-química da oleína de frango esterificada

Amostras		Parâmetros de controle de qualidade da oleína tratada				
		IA (mgKOH.g ⁻¹)	AGL (% A.O)	H ₂ O (%)	D (Kg.m ⁻³)	Is (mgKOH.g ⁻¹)
Amostra 1	AM1 A	1,60(±0,02)	0,80(±0,01)	4,29(±0,26)	919	249-295
	AM1B	1,6(±0,00)	0,81(±0,01)	16,51(±0,28)		
	AM1 C	1,6(±0,00)	0,80(±0,00)	13,15(±0,91)		
Amostra 2	AM2 A	1,03(±0,01)	0,53(±0,01)	7,37(±0,18)	905	310
	AM2B	1,07(±0,01)	0,53(±0,00)	8,85(±1,63)		
	AM2 C	-	-	-	-	-

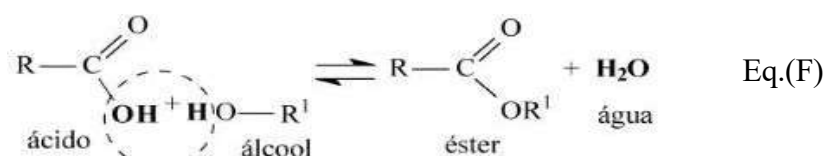


Fonte: O próprio autor.

O índice de acidez tanto para amostra 1 quanto para amostra 2 apresentaram significativa redução na faixa de 59-74% e 22 – 38% respectivamente. Entretanto, tais valores estão acima da especificação da RDC270 ANVISA-MS, cujo limite ótimo é 0,6

mg KOH/g da amostra. O tratamento da oleína por esterificação homogênea ácida melhorou significativamente a qualidade da oleína para a produção de biodiesel. O teor de AGL também reduziu significativamente na faixa de 66 a 73% para amostra 1 e na faixa de 22 a 30% para amostra 2. Embora a redução seja significativa o tratamento da oleína *in natura* não atingiu a especificação desejada na ordem de 0,5% para a amostra 1, porém, à luz da estatística essa diferença é pequena que não impede que a oleína esterificada seja utilizada na produção de biodiesel.

Na Tabela 2, observam-se o crescimento significativo do teor de água em ambas as amostras quando comparado com os resultados revelados na Tabela 1. Essa elevação está extremamente relacionada com o processo de desumidificação que não se mostrou eficaz para redimir e/ou eliminar a água formada e ao processo de esterificação conforme é mostrado na equação a seguir:



A esterificação é uma reação química reversível na qual um material graxo contendo elevado teor de ácidos graxos livres, derivados de ácido carboxílico, interage com um álcool na presença de um catalisador objetivando a remoção de ácidos graxos livres para tornar a matéria graxa propícia para a geração de biodiesel. Diante do exposto, a água se origina a partir da união da hidroxila (OH) do ácido graxo com o hidrogênio (H) do álcool. Por outro lado, o restante da cadeia carbônica do ácido graxo e do álcool se unem para formar o éster (Vieira et al, 2018).



Com o propósito de se reduzir o excesso de água na oleína esterificada, realizou o processo de desumidificação pela técnica de rota evaporação. Os ensaios realizados após a rotaevaporação revelaram uma redução significativa de água contida na oleína (de 8,85% para 0,28% H₂O). A Figura 8 ilustra as etapas de desumidificação da oleína esterificada pelo método de rotaevaporação.

Figura 8 – Processo de desumidificação da oleína esterificada



Legenda:

Figura 8a: Amostra de oleína em rota evaporação e Figura 8b: Água coletada durante a rota evaporação

Fonte: O próprio autor (2025).

Quanto ao índice de saponificação (Is), observou-se que houve um aumento relevante do referido parâmetro de controle de qualidade para ambas as amostras, possível pela influência do ácido sulfúrico utilizado durante o processo de esterificação ácida.

No tocante à densidade observou-se que houve uma estabilidade da densidade na faixa de 910-950 kg/m³ indicando os ácidos graxos derivados do ácido carboxílico presentes na oleína possuem maior interação intermolecular devido suas ligações simples da cadeia carbônica. Sendo assim, a densidade torna-se elevada e tende a reduzir quando a matéria-prima é submetida a tratamento envolvendo temperatura elevada, tal como ocorreu com a oleína oriunda da carne de residual de frango no decurso do processo de esterificação homogênea ácida.

Os resultados obtidos após a esterificação da oleína conforme mostra a Tabela 2 nos levou a inferir que o tratamento de esterificação do referido óleo foi



eficiente pelo fato de ter reduzido significativamente o teor de AGL, porém não eficaz o suficiente para atingir o patamar desejado (0,5% AGL).

Conclusões

A caracterização da oleína in natura revelou valores elevados de índice de acidez e teor de ácidos graxos livres, o que nos leva a inferir que a princípio a matéria-prima não está de acordo com os parâmetros adequados para produção de biocombustível. O principal fator para esse alto índice de acidez é o tempo de residência, condições de extração e também a manipulação da matéria oleaginosa. No entanto, os resultados encontrados para H_2O revela baixos teores de umidade.

O tratamento antecipado da oleína por esterificação ácida mostrou-se eficiente, uma vez que reduziu de forma significativa o teor de acidez assim como ácidos graxos livres contido na matéria-prima, mostrando que o tratamento foi realizado com sucesso e pode melhorar a qualidade do óleo e adequá-los para produção de biodiesel. Ainda que, os resultados posteriores obtidos após esse procedimento revelaram que a oleína ainda não estava dentro das especificações para a produção de biodiesel. No entanto, devido a redução notória, confirmou a eficácia do uso do pré-tratamento químico como etapa importante nesse processo de caracterização de oleína.

Outro ponto importante revelado durante o pré-tratamento é o aumento considerável do teor de umidade nas amostras de óleo, evento que está relacionado que durante a reação a formação de água como subproduto. Contudo, os resultados obtidos após o processo de rotaevaporação apresentou redução significativa relacionado a este parâmetro. Ademais, quanto ao índice de saponificação e densidade, demonstraram mudanças que são esperados, uma vez que foi feito tratamento químico nas amostras de oleína obtida.

Portanto, podemos concluir que os matéria-prima graxa extraídos do setor avícola possui grande potencial para ser reaproveitado no setor energético, uma vez que é uma fonte renovável, a baixo custo que pode ser empregada na produção sustentável de biodiesel. O reaproveitamento desses materiais residuais é de extrema importância que podem contribuir não apenas na diversificação da matriz energética e também ser uma alternativa a baixo custo visando a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, mas também, uma forma de mitigar os impactos ambientais ligados ao descarte de forma inadequada de resíduos do setor avícola.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro e incentivo à realização desta pesquisa científica. Agradecem, ainda, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Referências



ABDOLI, M. A et al. **Effective parameters on biodiesel production from feather fat oil as a cost-effective feedstock.** International Journal of Environmental Research, vol 8, nº1, p.139-148, 2014.

ABEDINIA, A. et al. **Poultry gelatin: Characteristics, developments, challenges, and future outlooks as a sustainable alternative for mammalian gelatin.** Trends in Food Science & Technology, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL (ANP). Resolução nº 920 de 04 de abril de 2023. Disponível em www.gpv.br/anp. Acesso em 25 de mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). A importância da carne de frango brasileira no mercado mundial, 2024. Disponível em: <https://abpa-br.org/noticias/diamundialdofrango> . Acesso em 25 de mar.2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL (ABRA). **Óleo de vísceras de aves.** Disponível em: <https://abra.ind.br/blog/abra-produtos/óleo-de-visceras-de-aves>. Acesso em: 25 de mar.2024.

BORTOLETO, G. G; SILVA, C. P; ALVES, L. A; YOSHINAGA, F. **Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango.** Bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p.77 -97, jul. /dez. 2017

BORTOLO, G. G; SILVA, C. P; ALVES, L. A; YOSHINAGA, F. **Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango.** Bioenergia em Revista: diálogos, ano 7, nº2, p77-97, jul./dez.2017.

CASTRO, W. S. Extração e preparação do óleo de gongo (*Pachymerus nucleorum*) para obtenção de biodiesel por rota metílica. Zé Doca (MA), 2019, 45f. Monografia (Graduação em Licenciatura Química), Instituto Federal do Maranhão-Campus Zé Doca, Zé Doca (MA), 2019

CICONELO, W. S. Produção de biodiesel a partir do óleo residual de frango. Campos Moura (PR), 018, 39f. Monografia (Graduação em Licenciatura Química). Universidade Federal do Paraná, Campos Moura (PR), 2018.

DELGADO, M.M; CESTARI, I. **Uso De Gordura De Frango Para A Obtenção De Biodiesel.** Jabuticabal, vol 1, 2010.

FAGBEMI, O.; SITHOLE, B.; TESFAYE, T. Optimization of keratin protein extraction from waste chicken feathers using hybrid pre-treatment techniques. Sustainable Chemistry and Pharmacy, v. 17, Artigo 100267, 2020.

GOHIL, A. et al. **Utilization of poultry waste as a source of biogas production.** Materials Today: Proceedings, 2020.



GOMES, L. F. S. **Potencial de produção de biodiesel a partir do óleo de frango nas cooperativas do oeste do Paraná.** Acta Scientiarum Technology, Maringá, V.30, n. 32, 2008.

KIRUBAKARAN, M.; SELVAN, V. A. M. **A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste chicken fat.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 82, p. 390-401, 2018.

MATOS, F. A.; DA COSTA, B. A. M.; LINO, L. H. S.; OLIVEIRA, V. M.; PORTO, A. L. **F. Aproveitamento de resíduos sólidos da avicultura: uma mini revisão.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIAL. 2020, Recife (PE).

Anais... Recife: CIAGRO, 25 a 27 de set. 2020.

MOREIRA, A. L. **Produção de biodiesel a partir da gordura de frango.** Porto, 2009, 50f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto, 2009.

REIS, H. C. **Síntese e caracterização de catalisadores heterogêneos suportados com SiO₂ e ancorados com CaO para produção de biodiesel.** Zé Doca (MA), 2022, 63f. Monografia (Graduação em Licenciatura Química), Instituto Federal do Maranhão- Campus Zé Doca, Zé Doca (MA), 2022.

SEFFATI, K et al. **AC/CuFe₂O₄@CaO as a novel nanocatalyst to produce biodiesel from chicken fat.** Renewable Energy, v. 147, p. 25-34, 2020.

SIMSEK, S.; USLU, S. **Comparative evaluation of the influence of waste vegetable oil and waste animal oil-based biodiesel on diesel engine performance and emissions.** Fuel, v.280, 2020.

TEIXEIRA, L. S. M; TEIXEIRA, M. J. **Importância da carne de frango brasileira no mercado mundial.** In: XXII GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTO NO AGRONEGÓCIO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO CONTEXTO ATUAL. 2020,

Mogi das Cruzes (SP). **Anais...** Mogi das Cruzes (SP): FACTECLOG, 18 e 19 de jun. 2020.

VIEIRA, J. S. C. **Síntese de catalisadores heterogêneos ácidos e básicos para a produção de biodiesel.** Rio de Janeiro (RJ), 2017, 144p. Tese (Doutorado em engenharia química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ZI-ZHE, C. et al. **Conversion of poultry manure to biodiesel, a practical method of producing fatty acid methyl esters via housefly (Musca domestica L.) larval lipid.** Fuel, v. 210, p. 463- 471,

