

# Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango

Bortoleto, Gisele Gonçalves  
Silva, Crisleine Pessoa da  
Alves, Lucas Azevedo  
Yoshinaga, Fabiana

## Resumo

Atualmente o Brasil é destaque no desenvolvimento e uso de fontes renováveis de energia, sendo o segundo maior produtor de biodiesel do mundo. O biodiesel pode ser obtido a partir de diversas matérias-primas, como óleos vegetais e gorduras animais, com possibilidade de utilização de resíduos na sua produção. Neste cenário, este trabalho avaliou o uso de resíduos gordurosos de frango em reações de transesterificação para produção de biodiesel. Realizaram-se experimentos por planejamento fatorial  $2^3$ , variando-se proporção da matéria-prima, tipo do catalisador e tipo do reagente. O biodiesel gerado atendeu aos parâmetros de qualidade analisados, sendo viável como alternativa para reduzir o uso do petrodiesel.

**Palavras-chave:** biodiesel, óleo de vísceras, gordura de frango, transesterificação.

## Abstract

Currently Brazil is the highlight in the development and use of renewable energy sources, being the second largest producer of biodiesel in the world. Biodiesel can be obtained from several raw materials, such as vegetable oils and animal fats, with the possibility of using waste in their production. In this scenario, this work evaluated the use of fatty residues of chicken in transesterification reactions for biodiesel production. Experiments were carried out by factorial design  $2^3$ , varying the proportion of raw material, type of catalyst and type of reagent. The biodiesel generated met the quality parameters analyzed, being feasible as an alternative to reduce the use of petrodiesel.

**Key words:** biodiesel, viscera oil, chicken oil, transesterification.

## Resumen

Actualmente Brasil es destaque en el desarrollo y uso de fuentes renovables de energía, siendo el segundo mayor productor de biodiesel del mundo. El biodiesel puede obtenerse a partir de diversas materias primas, como aceites vegetales y grasas animales, con posibilidad de utilización de residuos en su producción. En este escenario, este trabajo evaluó el uso de residuos grasos de pollo en reacciones de transesterificación para producción de biodiesel. Se realizaron experimentos por planificación factorial  $2^3$ , variando proporción de la materia prima, tipo del catalizador y tipo del reactivo. El biodiesel generado atendió a los parámetros de calidad analizados, siendo viable como alternativa para reducir el uso del petrodiesel.

**Palabras-clave:** biodiesel, aceite de vísceras, grasa de pollo, transesterificación.

## **INTRODUÇÃO**

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2016 (BRASIL, 2016), cerca de 58% da produção energética primária do Brasil corresponde a energia proveniente de fontes não renováveis, como carvão mineral, petróleo e gás natural. Essas fontes causam inúmeros problemas ambientais, como a emissão de poluentes atmosféricos que degradam os recursos naturais e os ecossistemas.

O setor de transportes é o principal consumidor dessas fontes de energia, tornando urgente buscar alternativas mais seguras e com menor degradação ao ambiente, que não coloquem em caos o desenvolvimento econômico e social. Nesse contexto merecem destaque os biocombustíveis, como bioetanol e biodiesel, que são provenientes de fontes renováveis e são capazes de fornecer energia com menores efeitos poluentes.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biodiesel (ANP, 2017a) biodiesel é um combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal. Esse combustível deve atender às especificações da ANP vigentes.

No ano de 2014, a produção mundial de biodiesel foi de 39,7 milhões de m<sup>3</sup>, volume proveniente principalmente da soja, da colza, e de gordura animal. No Brasil a utilização de gordura animal para produção desse biocombustível chegou a aproximadamente 16% em 2016 (ANP, 2017a).

Em geral o sebo bovino é a matéria-prima de origem animal mais utilizada na produção de biodiesel, mas a gordura extraída de resíduos de frango tem ganhado destaque no Brasil, devido à alta produção e consumo desse tipo de carne no país, bem como pela grande exportação. Esses resíduos, geralmente destinados a descarte, têm grande potencial para alavancar a produção de biodiesel no mercado nacional.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **História do biodiesel**

Os primeiros relatos do uso de óleo vegetal em motores a diesel surgiram em 1900, quando Rudolf Diesel atestou que os mesmos funcionaram com óleo de amendoim. Porém, somente com a alta do preço do petróleo, na década de 1970 veio a se conhecer mais sobre esse biocombustível (BIODIESELBR, [201-]).

O aumento dos conflitos entre os países, e da poluição causada pela queima dos combustíveis fósseis, tem gerado muitas discussões sobre alternativas para diminuir o impacto dos gases gerados na atmosfera. Com o Protocolo de Kyoto os países desenvolvidos assumiram o compromisso de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa, para aliviar os impactos causados pelo aquecimento global (BRASIL, [201-]). Assim, a busca de fontes que reduzam os problemas ambientais, de forma rentável aos quadros sociais e econômicos, favoreceu a volta de pesquisas por combustíveis renováveis e mais limpos.

Em 2016 o Brasil se manteve entre os maiores produtores de biodiesel do mundo, com uma produção de 3,8 milhões de m<sup>3</sup>. O Centro-Oeste foi a região que mais produziu, respondendo por cerca de 43,3% da produção do país, seguida pela região Sul, com 41% (ANP, 2017a).

Grande parte do biodiesel produzido no Brasil é proveniente de empresas detentoras do Selo Combustível Social (SCS), lançado pelo Governo Federal, que consiste em um conjunto de medidas específicas visando estimular a inclusão social da agricultura nessa importante cadeia produtiva (BIODIESELBR, [201-]).

No ano de 2014, foram estabelecidas pela ANP novas especificações e obrigações quanto ao controle de qualidade do biodiesel, por meio da Resolução nº45, de 25 de agosto de 2014. Dentre as diversas mudanças relacionadas à resolução anterior (ANP N°14/2012), destacam-se: (I) aumento do tempo relacionado à estabilidade oxidativa de 6h para 8h; (II) teor de água, máxima adoção de uma margem de tolerância de 50 ppm para os fabricantes e de 150 ppm para as distribuidoras; (III) eliminação do parâmetro resíduo de carbono; (IV) redução do limite máximo do monoacilglicerol 0,8% para 0,7% na massa do biodiesel; e (V) o aspecto deverá ser límpido e isento de impurezas, mas em caso de disputa, o produto só poderá ser considerado como não especificado no aspecto caso os parâmetros teor de água e/ou contaminação total estejam não conformes.

### **Obtenção do biodiesel**

A principal forma de obtenção do biodiesel no mundo é a transesterificação metílica, na qual óleos vegetais e gordura animal são misturados ao metanol, na presença de um catalisador. Outras alternativas ao processo convencional são a hidroesterificação, que permite o uso de matérias-primas com algum teor de água, e o craqueamento ou pirólise (BONOMETO, 2009), processo de quebra das cadeias de carbono em altas temperaturas, na ausência de oxigênio, que

leva à formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades semelhantes às do diesel de petróleo.

De acordo com Bonometo (2009), o processo de produção de biodiesel, envolve as etapas operacionais de preparação da matéria prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, destilação da glicerina e purificação do biodiesel.

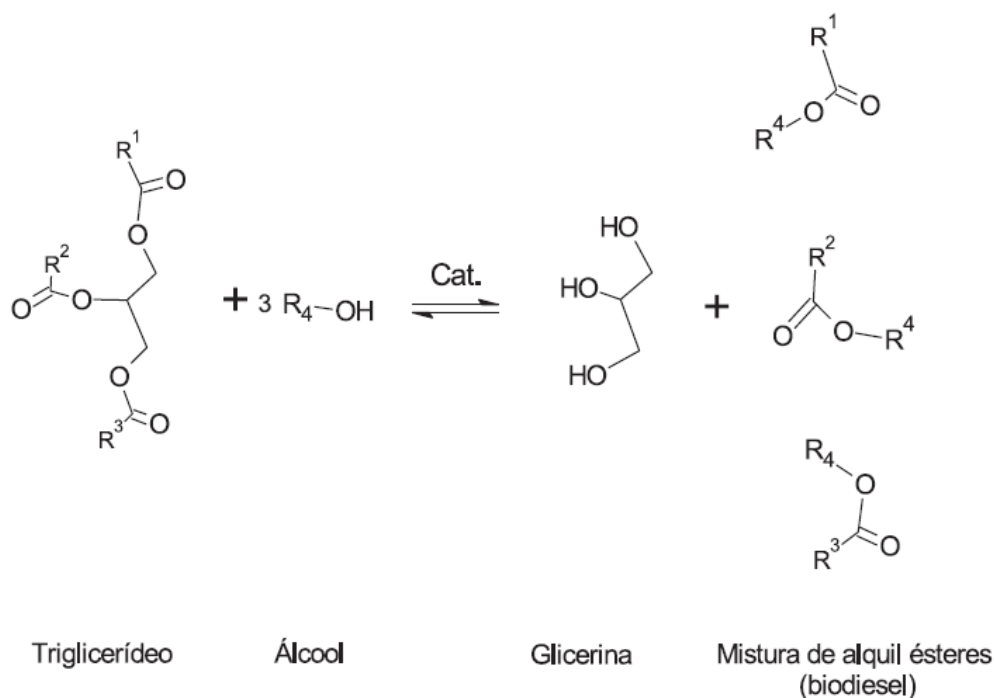
A preparação da matéria-prima tem por objetivo obter as melhores condições para a realização da reação de transesterificação, na qual ocorre a conversão do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Ao final da reação, a massa reacional é constituída por duas fases, uma inferior, contendo glicerina bruta, excessos de álcool, água, e impurezas, e outra superior, formada pela mistura de ésteres, excessos de álcool e de impurezas. A fase mais densa é tratada para separar a glicerina dos constituintes voláteis, e o álcool residual é recuperado da fase mais leve. A mistura de ésteres é lavada e desumidificada resultando no biodiesel (BONOMETO, 2009).

### **Transesterificação**

A transesterificação é a reação mais utilizada para produção do biodiesel e tem por objetivo modificar a estrutura molecular dos óleos vegetais ou de gordura animal, tornando-os muito parecidos ao óleo diesel, com propriedades físico-químicas semelhantes. É uma reação simples, porém concorre no processo com outras reações indesejadas como a saponificação e a hidrólise (YAZDANI e GONZALEZ, 2007).

A Figura 1 apresenta a reação de um triglicerídeo com álcool, na presença de um catalisador, formando uma mistura de ésteres de alquila e glicerina. Essa reação pode ser catalisada por ácido ou base, e acontece em três etapas. A cada etapa um dos grupos acila, formando um éster.

Figura 1: Reação de transesterificação do triacilglicerol formando ésteres de alquila



Fonte: Lôbo, Ferreira e Cruz, 2009.

Os álcoois mais utilizados nessa reação são metanol e etanol. O metanol é mais reativo, porém apresenta alta toxicidade. Já o etanol é produzido em larga escala no Brasil, mas dificulta a separação da glicerina do biodiesel. Para se obter um bom rendimento o álcool utilizado deve estar em excesso e a glicerina deve ser removida conforme vai sendo produzida (LÔBO, FERREIRA e CRUZ, 2009).

As reações catalisadas por ácido comumente empregam ácido sulfúrico, e necessitam de temperatura e pressão elevadas para a obtenção de bons rendimentos em pouco tempo. As reações catalisadas por bases são mais rápidas e fornecem maior rendimento e seletividade. Nessas reações normalmente utiliza-se hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou metóxido de sódio, as reações ocorrem em temperatura ambiente, podendo ser utilizada uma temperatura mais alta para reduzir a viscosidade inicial do óleo e aumentar a taxa de reação (SANTOS, 2014).

Com relação à razão álcool/óleo, por se tratar de um equilíbrio é necessário à utilização de excesso de álcool para deslocar a reação no sentido da formação dos ésteres. Assim, o aumento da proporção álcool:óleo promove o aumento da taxa de reação, chega a 98,4% com uma proporção de 30:1. Entretanto, uma razão molar álcool:óleo muito elevada aumenta a solubilidade da glicerina, que permanece em solução e desloca o equilíbrio no sentido oposto da

reação desejada, diminuindo o rendimento da reação. Em termos de peso molecular e ponto de ebulição, álcoois de cadeia mais longa apresentam as maiores conversões para as reações catalisadas por ácido, sendo observado o efeito oposto nas reações catalisadas por base (KRAUSE, 2008; SANTOS, 2014).

## **Biodiesel**

A matéria-prima a ser utilizada na produção de biodiesel está relacionada com a região considerada. Nesse aspecto, o Brasil é um país privilegiado, pois apresenta grande potencial de produção visto que possui incidência de energia solar o ano todo, além de uma vasta extensão territorial, propícia ao cultivo de soja, mamona, dendê, entre outras espécies (DELATORRE *et al.*, 2011).

Os óleos vegetais mais utilizados na produção de biodiesel são os óleos de palma, canola, soja e girassol. No Brasil, destaca-se a utilização da soja, responsável por 73,33% da produção de biodiesel, segundo dados do Boletim Mensal do Biodiesel da ANP de julho de 2017 (ANP, 2017b).

As gorduras animais são responsáveis por 16,30% da produção de biodiesel do Brasil, sendo as mais utilizadas o sebo bovino e a banha de porco. Também é possível obter o biodiesel a partir de gordura de carneiro e de aves, como frango (MOREIRA, 2009).

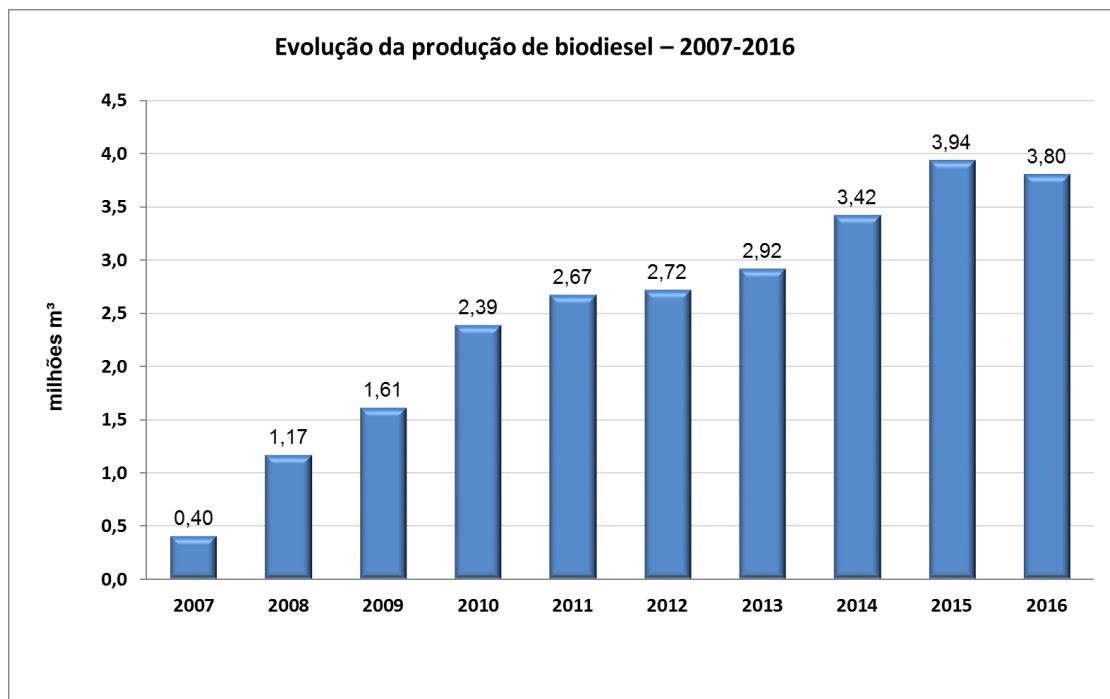
Segundo Krause (2008) em termos de emissão de gases poluentes, a substituição de diesel mineral por biodiesel reduz as emissões de dióxido de carbono, dióxido de enxofre, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e material particulado, não se encontrando diferenças significativas entre o biodiesel produzido por gorduras animais e o obtido de óleos vegetais. Apesar das emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) também aumentarem, é importante ressaltar que essas emissões são relativamente menores quando se utiliza gordura animal ao invés de óleo vegetal na produção de biodiesel.

O biodiesel proveniente de gordura animal apresenta também a possibilidade de aproveitamento de matéria-prima residual, que seria descartada na natureza. Além disso, o biodiesel pode ser consumido de forma similar ao diesel, não sendo necessária nenhuma modificação no motor (MANZONI e BARROS, [200-]).

Devido as suas vantagens territoriais e climáticas o Brasil apresenta grande potencial para produção de biodiesel, e em 2016 já figura entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma capacidade nominal de produção anual de aproximadamente

7,4 milhões de m<sup>3</sup>, e uma produção no mesmo ano de 3,8 milhões de m<sup>3</sup> (ANP, 2017a). A Figura 2 apresenta a evolução da produção de biodiesel no Brasil nos últimos anos.

Figura 2: Evolução da produção de biodiesel no Brasil



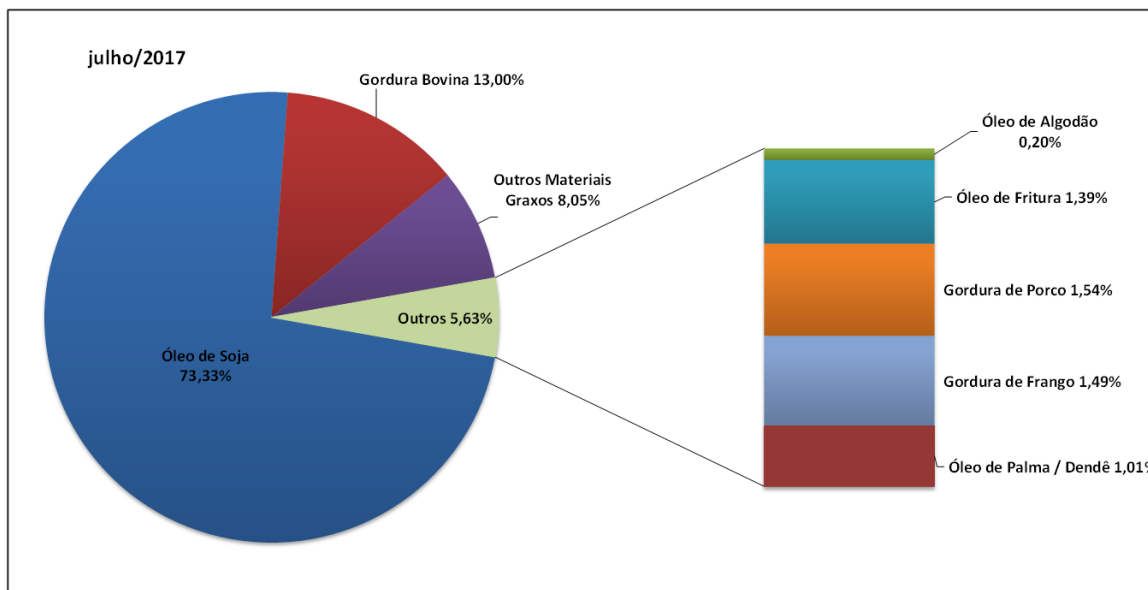
Fonte: ANP, 2017a.

Em 2005 o governo brasileiro criou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o objetivo de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. A meta inicial do PNPB era a adição de 5% (B5) de biodiesel ao diesel mineral, meta que foi alcançada em 2010. Neste ano de 2017 já se comercializa no Brasil o B8, óleo diesel com 8% de biodiesel, e este valor deve chegar a 10% até 2019 (ANP, 2017a). A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel é reflexo da maior aceitação do biodiesel, bem como do aumento da conscientização do mercado brasileiro frente às vantagens desse biocombustível.

### Matérias-primas para produção de biodiesel

As matérias-primas para a obtenção do biodiesel são os óleos vegetais (virgens ou utilizados) e as gorduras animais, que contêm triglicérides (ácidos graxos livres) e outras substâncias. No Brasil, a maior produção de biodiesel vem principalmente da soja (73,33%) e da gordura bovina (13,00%), como pode ser notado na Figura 3.

Figura 3: Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel no Brasil



Fonte: ANP, 2017b.

Segundo a ANP (2017a), existem atualmente 50 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de 21.781,81 m<sup>3</sup>/dia. Há no país uma centena de culturas que podem fornecer matéria-prima para esse combustível verde. Entretanto é importante considerar a questão ‘comida *versus* combustível’, pois cada vez mais campos são necessários para a produção do biodiesel, e também cada vez mais se necessita de campos para alimentar a população.

Nesse contexto, a busca de fontes alternativas, como a utilização de resíduos para a produção de biodiesel tem se mostrado promissora, pois é uma forma sustentável e produtiva de reciclar produtos que não seriam mais aproveitados ou que seriam descartados, muitas vezes de forma indevida. Assim, tanto a utilização de resíduos vegetais, como o óleo de fritura usado, ou a utilização de resíduos animais têm se tornado cada vez mais atraente.

A maioria do óleo de fritura usado é descartado indevidamente em pias, lixos e esgotos. Se houvesse o descarte em pontos de coleta adequados esse óleo poderia certamente contribuir com grande parte da produção de biodiesel no Brasil. Já os resíduos animais apresentam baixo custo, e segundo Moreira (2009) esses materiais têm encontrado dificuldades de utilização na produção de farinhas e rações, devido ao risco de difusão de doenças, o que representa mais um incentivo para sua utilização na obtenção do biodiesel.

Na Tabela 1 destacam-se as matérias-primas mais utilizadas de acordo com a região brasileira, até o mês de julho de 2017.



**Tabela 1: Percentual das matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel por região em julho de 2017**

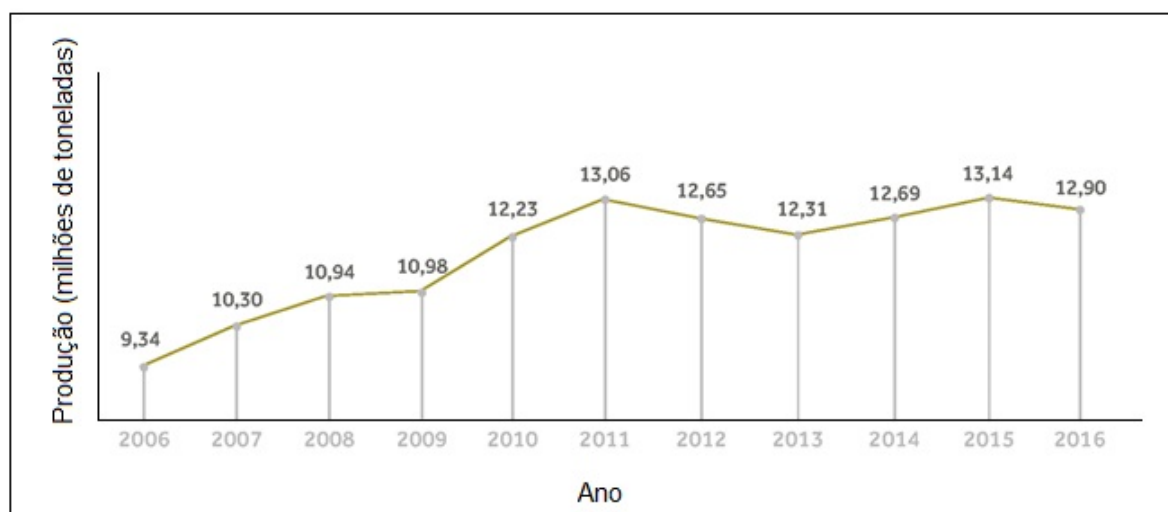
Matéria-Prima	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Óleo de soja	0%	51.99%	79.39%	28.33%	78.74%
Gordura bovina	100%	29.78%	6.85%	37.82%	12.44%
Óleo de algodão	0%	0.76%	0.31%	0%	0%
Outros materiais graxos	0%	2.68%	12.38%	11.86%	2.90%
Óleo de fritura usado	0%	0%	0.7%	13.20%	0.13%
Gordura de porco	0%	0%	0.24%	7.13%	2.29%
Gordura de frango	0%	0%	0.05%	1.66%	3.50%
Óleo de palma/Dendê	0%	14.79%	0.07%	0%	0%

Fonte: Adaptado de ANP, 2017b.

Por meio dos dados apresentados na Tabela 1, observa-se que as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste já empregam gordura de frango na cadeia de produção de biodiesel, ainda que em pouca quantidade (ANP, 2017b).

Ainda no contexto da gordura de frango, pode-se ressaltar que a produção da carne de frango tem atingido números expressivos, só em 2016 o Brasil produziu 12,90 milhões de toneladas, sendo o segundo maior produtor dessa categoria no mundo. Em relação à exportação, o Brasil permanece desde 2004 na posição plena de maior exportador mundial, chegando a embarcar a produção para mais de 140 países (ABPA, [2017]). Na Figura 4 pode-se notar o papel do Brasil nesse mercado.

**Figura 4: Evolução da produção brasileira de carne de frango em milhões de toneladas**



Fonte: Adaptado de ABPA, [2017].

Em 2016 o abate de frango no estado de São Paulo foi de 9,33% do total brasileiro e o estado com maior número de abates foi o Paraná alcançando 33,46%, seguido por Santa Catarina com 16,06% e Rio Grande do Sul, com 14,11% (ABPA, [2017]).

No Paraná, maior produtor brasileiro de frango são criadas principalmente aves das raças Ross, Hubbard, Arbor Acres, Isa Vedete e Cobb, as quais não apresentam grandes diferenças em relação a consumo de ração, ganho de peso ou conversão alimentar, se avaliados numa mesma idade, que se dá em torno de 25 a 45 dias. Em estudos realizados nas cooperativas do Oeste do Paraná, no abate de aves são descartadas, entre vísceras, sangue, penas e quebras (ossos, peles, rejeitos), cerca de 30,0% do peso da ave viva, desse percentual de resíduos são extraídos 11,3% de gordura (GOMES *et al.*, 2004).

Assim, é possível notar que uma grande quantidade de resíduos acaba sendo gerada. Esses resíduos eram utilizados na alimentação dos próprios animais, porém com o surgimento de enfermidades como a encefalopatia, essa possibilidade tem se limitado. Com isso, a produção de biodiesel através destes resíduos surge como uma solução ambiental, se apresentando como uma forma segura e economicamente rentável de eliminação desses resíduos (BONOMETO, 2009).

As gorduras animais são geralmente classificadas como sebos, gorduras que apresentam estado sólido em temperatura ambiente. Já as gorduras de frangos, são classificadas como óleo de frango, devido a sua composição percentual com baixos valores de ácido esteárico, muito próximo das propriedades dos óleos vegetais, se apresentando no estado líquido a temperatura ambiente, o que facilita a reação de transesterificação (MOREIRA, 2009). O óleo produzido é de boa qualidade e geralmente está adequado às especificações da Portaria ANP n°42, que deve ser seguida em caso de venda do produto obtido, para assegurar um combustível dentro das normas e padrões de qualidade.

## **METODOLOGIA**

### **Ensaio preliminares**

#### **Extração do Óleo das Vísceras**

Iniciou-se com a coleta e extração do percentual oleico encontrado nas vísceras do frango. As amostras foram cedidas pela Empresa Frangoeste Avicultura LTDA, Tietê/SP e totalizaram 7

kg. Dividiu-se cerca de 1 kg em béqueres, os quais foram levados à estufa a 105°C, por 12 horas. Depois desse tempo separou-se o óleo das partes sólidas, como demonstrado na Figura 5.

**Figura 5: Extração do óleo das vísceras de frango**



Fonte: Autores, 2015.

### **Extração de Óleo da Pele de Frango**

As amostras de pele de frango, num total de 4 kg, foram obtidas em açougue, pelo preço de R\$ 0,75 por quilograma. A extração do óleo da pele de frango foi realizada em estufa a 105°C, por 12 horas, em béqueres de vidro (Figura 6).

**Figura 6: Pele de Frango na estufa**



Fonte: Autores, 2015.

### **Determinação do índice de acidez (Mg de KOH/g amostra)**

Dissolveu-se 10 g da amostra, com 10 mL de isopropanol. Titulou-se a mistura com KOH 0,1 N até a viragem, usando cinco gotas de fenolftaleína como indicador, anotou-se o volume gasto na titulação. A determinação de acidez foi realizada em triplicata.

### **Determinação do índice de Iodo**

Pesou-se 0,8 g da amostra num frasco de rosca esmerilhada, e então adicionou-se a ela 10 mL de cicloexano e 15 mL de solução de Wijs. Depois disso, agitou-se a mistura, e deixou-se em local escuro por 30 minutos, intercalando-se a esse tempo, agitação a cada 5 minutos. Paralelamente realizou-se o ensaio do branco usando os mesmos reagentes, sem a amostra.

Após o tempo de espera, adicionou-se com o auxílio de uma pipeta, 10 mL de solução de KI 10% e usando uma proveta, 50 mL de água destilada. Em seguida titulou-se com tiosulfato de sódio 0,1 N, até a cor amarelo pálido. Nesse ponto, acrescentaram-se sete gotas de amido 1% até obtenção da cor azul escuro. Continuou-se a titulação até a solução tornar-se branca. Esse procedimento foi repetido para o ensaio do branco.

### **Transesterificação**

Para os ensaios de transesterificação do óleo de frango utilizou-se óleo 100% extraído da pele de frango e a mistura 1:1 do óleo da pele com óleo de soja.

Para cada matéria-prima, pesou-se 100 g da amostra e adicionou-se 4 mL do catalisador metilato de sódio dissolvidos em 40 mL do reagente metanol. Levou-se a mistura ao agitador, marca Tecnal, modelo TE- 080, por 60 minutos sobre agitação constante de 60 rpm, a temperatura de 55°C, a qual foi adotada segundo os parâmetros de Lôbo, Ferreira e Cruz (2009). Transferiu-se a mistura para o funil de separação e deixou-se em repouso por 24 horas para a separação das fases. Após esse tempo, lavou-se a amostra e secou-se em estufa a 105°C por 24 horas. Por fim, realizaram-se as análises de índice de acidez e de iodo, conforme procedimento já descrito anteriormente.

### **Otimização do Processo de Transesterificação**

Após os testes iniciais para produção do biodiesel, realizou-se um estudo mais detalhado otimizando as variáveis do processo, por meio de um planejamento fatorial 2<sup>3</sup>. Trabalharam-se dois níveis (+ e -) e três fatores (proporção da matéria-prima, tipo do catalisador e tipo do reagente). Como resposta, usou-se o parâmetro principal a que se refere o índice da acidez.

Executaram-se oito experimentos testando as diferentes matérias primas: óleo de pele puro (+) e mistura 1:1 de óleo de pele e óleo de soja (-), diferentes catalisadores: KOH (-) e metóxido de sódio (+), e diferentes reagentes: metanol (+) e etanol (-). Os experimentos foram feitos de

forma aleatória, divididos em dois dias (sendo os quatro primeiros feitos no primeiro dia). O Quadro 1 especifica esses dados.

**Quadro 1: Otimização da transesterificação por planejamento fatorial 2<sup>3</sup>**

Exp.	Matéria-Prima	Catalisadores	Reagentes
01	+	-	+
02	+	-	-
03	-	-	+
04	-	-	-
05	+	+	+
06	+	+	-
07	-	+	+
08	-	+	-

Fonte: Autores, 2015.

Legenda: matéria- prima: frango (+), frango/soja: (-)/ Catalisador: KOH (-), metóxido (+)/ reagentes: metanol (+), etanol

## Obtenção do Biodiesel

Para os ensaios de obtenção do biodiesel, adicionou-se em um erlenmeyer 100 g da amostra de óleo quente. Em um béquer, dissolveu-se o catalisador e o reagente completamente, adicionou-se a mistura ao óleo e agitou-se constantemente a 60 rpm por em média 60 minutos a 55°C. Depois de realizadas todas as transesterificações, transferiu-se o biodiesel para um funil de separação, e aguardou-se cerca de 24 horas para iniciar as lavagens. Em seguida, retirou-se a glicerina e deu-se continuidade ao processo. Iniciou-se a lavagem misturando-se água destilada em fervura ao biodiesel na proporção de 1:1 (água:biodiesel). Agitou-se para separação de fases, e repetiu-se esse processo três vezes. Depois da lavagem foram levadas as amostras à estufa para secagem. Após 12 horas retirou-se da estufa e realizou-se o procedimento de determinação de acidez nas amostras.

## ANÁLISES DO BIODIESEL

### Determinação do índice de acidez (mg de koh/g amostra)

Para análises de acidez após a transesterificação, seguiu-se o contexto nos ensaios preliminares.

### Determinação da massa específica

Realizaram-se as análises de massa específicas no Densímetro Eletrônico, marca Anton Paar, modelo DME 4500. Utilizaram-se seringas de 3 mL para injetar a amostra no densímetro, obtendo-se as medidas a 20°C.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração feita das vísceras gerou um óleo muito sujo, que não foi levado para a etapa de transesterificação. Talvez, em laboratórios mais adequados quanto à estrutura para manuseio e armazenamento de vísceras, estudos mais aprofundados possam ser feitos, fornecendo dados mais eficientes quanto à utilização de vísceras para produção de óleo com a finalidade de preparo de biodiesel. No entanto, o processo de separação desse material por centrifugação não pode ser avaliado, por conta de possível contaminação dos materiais do laboratório.

De 1 kg da amostra, extraiu-se cerca de 50 mL de óleo, o que corresponde a um teor de aproximadamente 5% (v/m). Peneirou-se esse óleo para a retirada das partes sólidas, e depois filtrou-se por papel de filtro. Realizou-se a determinação de acidez, a partir de 10,05 g de amostra, titulando-se com KOH 0,1 N, obtendo-se um ponto de viragem em 11,0 mL, resultando um índice de acidez de 6,13 mg de KOH/g. A Figura 7 demonstra o óleo obtido das vísceras após a separação das partes sólidas.

Figura 7: Aspecto do óleo de vísceras na primeira filtragem



Fonte: Autores, 2015.

No estudo inicial com a pele, foi possível observar que 4 kg renderam uma média de 0,500 L de óleo, o que corresponde a um teor de aproximadamente 12,5% (v/m). Nas condições de extração a que foram submetidas, o óleo apresentou-se com aspecto trifásico, conforme mostrado na Figura 8.

As diferenças encontradas nos teores de óleo obtidos a partir das vísceras (5%, v/m) e da pele de frango (12,5%, v/m) refletem a composição de cada material selecionado. Mas essa diferença não inviabiliza a utilização das vísceras de frango, pelo contrário, é um indicativo de que

esse material deve ser repensado como matéria prima na produção do biodiesel. Só no ano de 2016 o Brasil produziu 12,9 milhões de toneladas de carne de frango (ABPA, [2017]) e cerca de 30% desse material, em torno de 3,9 milhões de toneladas, tornou-se resíduo. Desses 3,9 milhões de toneladas, 5% (v/m) correspondem a resíduos gordurosos que poderiam ter sido extraídos, e poderiam ter gerado cerca de 200 milhões de litros de biodiesel.

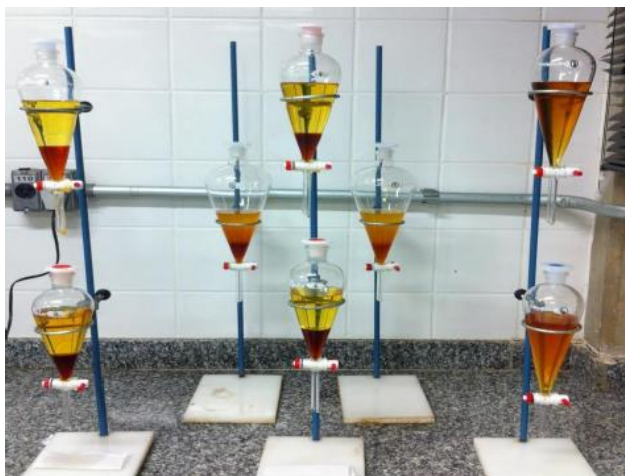
**Figura 8:** Óleo de frango extraído em três fases



**Fonte:** Autores, 2015.

Observa-se pela Figura 8, uma fase líquida oleosa, uma fase de gordura sólida em interfase, e ainda uma terceira com água e sangue, sendo essa última descartada. As duas fases restantes, quando aquecidas, formaram uma única fase líquida, utilizada como a matéria-prima do trabalho, a qual permaneceu nesse estado até o fim dos experimentos. Com essa amostra foram realizadas as reações de transesterificação, as quais permaneceram por 24 horas até o início das lavagens (Figura 9).

**Figura 9:** separação de fases após a transesterificação



**Fonte:** Autores, 2015.

As análises dos ensaios preliminares, realizadas com matéria-prima extraída da pele do frango, apresentaram resultados promissores quanto ao potencial uso do resíduo para a produção de biodiesel. A Tabela 2 apresenta os resultados dos índices de acidez relativos aos 8 experimentos.

**Tabela 2: Resultados dos índices de acidez de cada replicata, obtidos em mg de KOH/g de biodiesel**

EXP	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média
01 (+-+)	0.83	0.84	0.88	0.85
02 (+--)	0.80	0.91	0.84	0.85
03 (--+)	0.73	0.60	0.56	0.63
04 (---)	0.79	0.80	0.83	0.80
05 (+++)	0.81	0.89	0.80	0.83
06 (++-)	1.5	1.4	1.5	1.50
07 (-++)	0.55	0.49	0.47	0.50
08 (-+-)	1.4	1.5	1.4	1.45

Fonte: Autores, 2015.

Avaliando os valores obtidos apresentados na Tabela 2, observa-se que nos experimentos 6 e 8 a reação não foi completa, uma vez os valores de acidez estão muito acima dos obtidos nos demais experimentos. Também se deve ressaltar que os valores estão muito acima do permitido pela ANP, que estipula índice de acidez de 0,5 mg de KOH/g de biodiesel como parâmetro aceitável para um biodiesel de boa qualidade.

Dessa forma, nota-se que somente o resultado do experimento 7 se encaixou no parâmetro da ANP, indicado como a rota mais apropriada para produção do biodiesel, embora o valor de 0,63 do experimento 3 também tenha apresentado um resultado satisfatório. Ressalta-se que neste caso, a mistura do óleo de frango com o óleo de soja, utilizando metanol e metilato de sódio foram os fatores empregados no ensaio que atingiu 100% de eficiência de reação.

Os demais valores de índices de acidez obtidos apontam possível sucesso na reação de transesterificação, que devem ser mais bem avaliados quanto a novas misturas de óleo de pele de frango e óleo de soja refinado.

Para realizar uma avaliação mais detalhada quanto aos efeitos de cada fator no processo de transesterificação, empregaram-se as Planilhas em Excel para Planejamentos Experimentais (UFV, [200-]). A partir da inserção dos dados dos índices de acidez nas planilhas, os resultados de efeitos obtidos estão apresentados na Tabela 3.



**Tabela 3: Inserção dos dados de índice de acidez**

Efeitos		Erros	t (16)
Média	0.922	± 0.011	84.27049
1	0.435	± 0.022	19.88662
2	-0.157	± 0.022	7.16223
3	0.275	± 0.022	12.572
12	0.118	± 0.022	5.409769
13	0.347	± 0.022	15.84834
23	-0.025	± 0.022	1.142909
123	0.03	± 0.022	1.371491
Nível de significância $\alpha$		0.05	

Fonte: Autores, 2015.

Observando a Tabela 3, foi possível constatar que todos os fatores avaliados têm importância considerável no processo de transesterificação, com a ressalva que a matéria-prima (fator 1) e o reagente (fator 3) foram os que apresentaram os maiores valores de efeito. Pela análise multivariada, é possível notar que a interação entre os fatores 2 e 3 e 1, 2 e 3 não apresentaram influência na eficiência da reação, o que está de acordo com a baixa influência no uso do catalisador metóxido ou hidróxido de sódio no processo, fator número 2.

Assim, ao adicionar óleo de soja refinado (com baixo índice de acidez) ao óleo de frango bruto, fica evidente a melhora da qualidade da matéria-prima, o que melhora a eficiência da transesterificação. E, como era de se esperar, o uso do metanol foi o que permitiu que a reação se completasse, empregando a gordura do frango como matéria-prima. Essa combinação de óleo de soja refinado com óleo de frango bruto, utilizando metanol como reagente, na presença de metilato de sódio, é a que forneceu os melhores resultados, com índice de acidez que se enquadra nas normas da ANP, indicando a sua viabilidade de produção comercial. No entanto, uma observação interessante é que o etanol gerou um biodiesel que ficou perto de se encaixar nas normas, o que sugere que estudos mais detalhados quanto ao seu uso junto ao óleo de frango podem ser promissores.

Seria muito interessante um processo otimizado que permitisse a utilização de resíduos de frango e etanol para a produção de biodiesel, pois em um processo assim, produzir-se-ia um biocombustível mais barato e com mais segurança.

Considerando agora os resultados obtidos, dos oito experimentos testados, seis apresentaram resultados satisfatórios. A acidez encontrada no óleo de frango bruto, ainda é alta se comparada às especificações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005),

para os parâmetros dados ao óleo de soja refinado, usado em mistura ao óleo de frango nesse projeto (Resolução RDC nº 270, 2005). Conforme demonstrado na Tabela 4:

**Tabela 4: Teor de acidez expresso em g/100g em ácido oleico**

Matéria-prima	Índice de Acidez
Óleo de soja Bruto	2.0*
Óleo de soja Refinado	0.3**
Óleo de Pele de Frango	3.4

Fonte: Autores, 2015.

\* Valor especificado pela ANVISA (ANVISA, 2005).

\*\* Valor especificado pela ANVISA (ANVISA, 2005).

Também foi realizada, a medição da massa específica da matéria-prima utilizada no projeto, tanto para o óleo bruto, quanto para a mistura 1:1 com óleo de soja. Conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5: Índice massa específica das matérias primas utilizadas na produção do biodiesel**

Matéria-Prima	Massa Específica (kg/m <sup>3</sup> )
Óleo de Frango	913.6
Óleo de soja	917.2
Mistura	914.7

Fonte: Autores, 2015.

Os resultados mostram que todos os óleos apresentaram massa específica acima de 900 Kg/m<sup>3</sup>, e valores próximos entre si, o que foi um indicio de poder empregar o óleo da pele na produção do biodiesel.

Após obtenção dos produtos, nos 6 experimentos que passaram pela reação de transesterificação, analisou-se novamente a massa específica, apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6: Índice de massa específica e escoamento do biodiesel feito a partir de óleo de frango**

Experimentos	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Escoamento (segundos)
1	873.15	54.75
2	869.3	58.8
3	873.9	64.2
4	870.2	57.4
5	879.0	63.0
6	—	—
7	878.9	56.8
8	—	—

Fonte: Autores, 2015.

A partir dos resultados de massa específica, apresentados na Tabela 6, nota-se que todos os produtos obtidos atendem às normas da ANP ao que se refere à viscosidade do biodiesel, que é um fator muito relevante para o bom funcionamento e lubrificação do motor. Todos os produtos apresentaram valores entre 850-900 Kg/m<sup>3</sup>.

Comparando-se os quadros de massas específicas dos óleos reagentes e dos produtos obtidos, podemos constatar que houve uma significativa mudança nos valores, provando que ocorreram algumas transformações conforme esperado e levantando fortes indícios de que a produção resultou em biodiesel a partir de resíduo de frango.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para análises feitas, pode-se afirmar que os objetivos empregados no início desse trabalho foram alcançados. Para o óleo de vísceras, estudos posteriores com mais estrutura laboratorial, novos meios de extração e purificação da matéria-prima, poderão impulsionar a produção do biodiesel com esse tipo de resíduo. Para a pele, foi possível notar, para todos os parâmetros analisados, que de fato houve transformação do produto, atingindo o objetivo geral, que era a produção de biodiesel por resíduo gorduroso de frango. A mistura do óleo de frango com o óleo de soja, utilizando metanol e metilato de sódio foram os fatores empregados no ensaio que atingiu 100% de eficiência de reação, sendo esta a mistura mais indicada para produção comercial.

## **REFERÊNCIAS**

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Relatório anual da ABPA 2017*. [2017]. Disponível em: [http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c\\_final\\_abpa\\_relatorio\\_anual\\_2016\\_portugues\\_web\\_reduzido.pdf](http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf). Acesso em: 15 set. 2017.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Anuário Estatístico 2017*. jun. 2017a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017>. Acesso em: 14 set. 2017.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Boletim Mensal do Biodiesel*. ago. 2017b. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/PROD\\_FORN\\_BIOCOMBUSTIVEIS/Biodiesel/Producao\\_de\\_Biodiesel.xlsx](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/PROD_FORN_BIOCOMBUSTIVEIS/Biodiesel/Producao_de_Biodiesel.xlsx). Acesso em: 15set. 2017.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. set. 2005. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_270\\_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_270_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b). Acesso em: 20 out. 2015.

**bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p.77 - 97, jul./dez. 2017.**

Bortoleto, Gisele Gonçalves; Silva, Crisleine Pessoa da; Alves, Lucas Azevedo; Yoshinaga, Fabiana  
*Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango*

BIODIESELBR. *História e Biodiesel*. [201-]. Disponível em:  
<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia.htm>. Acesso em: 14 set. 2017.

BONOMETO, R. P. *Análise energética do processo experimental de produção de biodiesel a partir do óleo de frango*. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Botucatu, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Protocolo de Quioto*. [201-]. Disponível em:  
<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>. Acesso em: 14 set. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia (MME). *Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 292 f. Disponível em:  
<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>. Acesso em: 28 nov. 2017.

DELATORRE, A. B. *et al.* Produção de Biodiesel: considerações sobre as diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas de processos. *Perspectivas online*, v.1, n.1, p. 21-47, 2011.

GOMES, L. F. S. G. *et al.* Potencial de produção de biodiesel a partir do óleo de frango nas cooperativas do oeste do Paraná. *Revista Varia Scientia*, v. 04, n. 08, p. 133-146, 2004.

KRAUSE, L. C. *Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal*. 2008. 146 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2008.

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.

MANZONI, L. P.; BARROS, T. D. *Biodiesel*. [200-]. Disponível em:  
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl290nv02wx5eo0sawqe3ho6o476.html>. Acesso em: 28 nov. 2017.

MOREIRA, A. L. V. *Produção de biodiesel a partir de gordura de frango*. 2009. 60 f. Tese (Mestrado integrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto– FEUP, Porto, 2009.

SANTOS, J. P. C. *Produção de biodiesel a partir da gordura de frango pelo método de transesterificação heterogênea*. 2014. 67 f. Monografia (Engenharia Química) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo - USP, Lorena, 2014.

UFV. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Planilhas excel para planejamentos experimentais*. [200-]. Disponível em: <http://www.deq.ufv.br/chemometrics>. Acesso em: 20 out. 2015.

YAZDANI, S. S.; GONZALEZ, R. Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 18, p. 213-219, 2007.

1 Gisele Gonçalves Bortoleto. Possui bacharelado em Química pelo IQ-UNICAMP (2001), licenciatura em Química pela Faculdade de Educação da UNICAMP (2003), mestrado em Química Analítica pelo IQ-UNICAMP (2003) e doutorado em Ciências pelo IQ-UNICAMP (2007). Realizou Pós-doutorado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) (2007-2008). Atualmente é professora dos cursos de Tecnologia em Biocombustíveis e Tecnologia em Alimentos, da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan” do Centro Paula Souza, atuando nas seguintes áreas: controle analítico da produção de bioetanol, bebidas e biodiesel. Membro do Conselho Técnico do Parque Tecnológico de Piracicaba

2 Crisleine Pessoa da Silva é Tecnóloga em Biocombustíveis pela Fatec – Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.

3 Lucas Azevedo Alves é Tecnólogo em Biocombustíveis pela Fatec – Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.

4 Fabiana Yoshinaga é bacharel em Química pela UNICAMP (2001) e mestre em Química pela UNICAMP (2003). Tem experiência na área de Química com ênfase em Físico-Química Orgânica atuando, principalmente, nos seguintes temas: RMN, cálculos teóricos, análise conformacional, recuperação melhorada de petróleo (EOR) e metodologias ativas de aprendizagem. Atualmente é professora do curso de Biocombustíveis da Fatec Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.