

Caracterização e viabilidade de subproduto do tratamento de efluente de laticínios para produção de biodiesel

Maria Shirley Amorim Silva^{1*}, Francine Souza Alves da Fonseca², Rogério Marcos de Souza³, Fernando Colen³, Sérgio Murilo Duarte²

Resumo

O Brasil está entre os maiores produtores de leite do mundo. A indústria laticinista disponibiliza no mercado inúmeros produtos processados derivados de leite. No entanto, a fabricação desses produtos gera resíduos contaminantes que poluem os recursos hídricos, com altas taxas de matéria orgânica e alta concentração de óleos e graxas. Para minimizar os impactos gerados, é necessária a realização de estudos visando adquirir informações sobre esse resíduo e a proposição de alternativas ambientalmente corretas para sua destinação ou aproveitamento. O estudo desenvolvido nesse trabalho, objetiva caracterizar a gordura extraída de resíduo, retirado da caixa de gordura do Laticínio Coopagro/Assproleite, no município de Montes Claros/MG. As análises realizadas foram: índice de acidez; índice de iodo; composição dos ácidos graxos; teste de solubilidade; além de teores de proteínas, extrato etéreo, umidade e cinzas. Para o índice de acidez foi obtido valor de 56,61 mg de KOH g⁻¹ de amostra, para o índice de iodo teor de 40,83 g I₂ por 100 g de amostra e a cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas permitiu identificar dez ácidos graxos presentes na gordura, dentre eles os mais abundantes foram os ácidos palmítico, elaídico, esteárico e mirístico. A partir desses resultados concluiu-se que o resíduo apresenta potencial para produção de biodiesel.

Palavras-chave: Gorduras. Índice de Acidez. Resíduo. Índice de Iodo. Ácidos Graxos.

¹Mestranda pelo Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

*Autora correspondente: shirleyamorim1@yahoo.com.br

²Servidor(a) Técnico Administrativo do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

³Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Characterization and viability of by-product dairy wastewater treatment for biodiesel production

Abstract

Brazil is among the largest producers of milk in the world. The dairies offer in the market numerous processed products derived from milk. However, the manufacture of these products generates waste contaminants that pollute water resources, with high rates of organic matter and high concentration of oil and grease. To minimize the impacts generated is necessary to conduct studies to acquire information on this matter and the proposition of environmentally correct alternatives for disposal or recovery. The study developed in this work aimed to characterize the extracted fat residue, taken from the grease trap of dairy Coopagro/Assproleite in Montes Claros/MG. The analyzes performed were: acid number; iodine value; composition of fatty acids; solubility test; in addition to levels of protein, ether extract, moisture and ash. To the acid value was obtained 56.61 mg KOH g⁻¹ of sample, for the iodine value I2 content of 40.83 g per 100 g of sample, and gas chromatography coupled with mass spectrometer allowed to identify ten fatty acids present in the fat, among them, the most abundant were palmitic acid, elaidic, stearic and myristic. From these results it was concluded that the dairy waste has the potential to produce biodiesel.

Keywords: Fats. Acid Number. Waste Iodine Index. Fatty Acids.

Introdução

A agroindústria é a atividade econômica de industrialização ou beneficiamento de produtos agropecuários, sendo sua principal característica a conservação e, ou, transformação das matérias primas (MATOS, 2010). Dentre as atividades agroindustriais, o setor laticinista contribui significativamente para a economia, devido o grande número de estabelecimentos que podem ser encontrados no país.

Tendo em vista o alto potencial produtivo dessas indústrias, destacando-se, sobretudo os laticínios, é importante salientar que cuidados ambientais devem ser inspirados. Elas são responsáveis pela geração de grande volume de resíduos, observados em suas diversas etapas ao longo da produção, devido ao processamento de quantidades elevadas de leite, oriundos da produção pecuária brasileira.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) a produção de leite no Brasil, no primeiro trimestre de 2013 alcançou os 5,686

bilhões de litros, sendo Minas Gerais responsável pela maior contribuição com leite cru destinado a industrialização, representando 25,7% do total nacional, enquanto o Rio Grande do Sul e Paraná contribuíram respectivamente com 14,6% e 12,6%.

O estado mineiro vem se destacando no cenário nacional como grande produtor há algum tempo, em 2008 já era responsável por 25% do total da produção leiteira brasileira, com mais de 7 bilhões de litros de leite produzidos (SEBRAE, 2010).

A atividade de produção leiteira brasileira incrementa a produção de uma série de produtos lácteos, que interferem na economia devido ao volume de exportações. Os principais produtos importados pelo Brasil são o leite em pó, pasteurizado e desnatado, queijos, creme de leite, manteiga, iogurte e bebidas lácteas, gerando grande quantidade de resíduos (MAGANHA, 2006).

Além disso, esse setor possui importância econômica e social para o país e representa uma atividade que envolve mais de um milhão de estabelecimentos. No Brasil, encontramos número elevado de laticínios de médio e pequeno porte, sendo que as micro e pequenas empresas representam cerca de 90% das indústrias de alimentos do país (CARVALHO, 2010).

No âmbito produtivo, os laticínios, são caracterizados pela diversidade de produtos e linhas de produção. Grande número de operações são realizadas para obtenção dos mesmos. Estas se referem a: recepção do leite, transporte realizado em veículos e recipientes apropriados; posteriormente, ocorre o processamento do leite *in natura* por meio de filtração, clarificação, padronização e pasteurização/esterilização para remoção de impurezas e de gordura; o tratamento térmico para remoção de organismos patogênicos; preparação dos produtos; envase, embalagem e armazenamento (MAGANHA, 2006).

Na produção dos produtos derivados dos laticínios, são geradas quantidades significativas de resíduos, e quando não tratados de forma adequada, se tornam fontes potenciais de poluição. Os estabelecimentos comerciais, alimentícios e domésticos geram elevada quantidade de efluente rico em óleos e graxas residuais. Estes devem ser retirados antes do início do tratamento, pois reduzem a eficiência do processo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Dentre os estabelecimentos que originam quantidades significativas de lipídeos nos sistemas de tratamentos, tem-se indústrias de óleos comestíveis, laticínios, curtumes, matadouros, efluentes domésticos e de restaurantes (MENDES *et al.*, 2005). Em laticínios, a água residuária produzida é rica em material gorduroso que é retirado por meio de flutuadores, visando melhor desempenho do sistema de tratamento (SILVA, 2010).

Os níveis de óleos e graxas residuais em indústrias lácteas pode variar de 200 a 4680 mg L⁻¹, enquanto em esgoto sanitário observa-se valores entre 55 -170 mg L⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2014). De acordo com a Resolução nº 430 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2011), os teores de óleos e graxas permissíveis para liberação de águas residuárias após tratamento, nos corpos hídricos, são de 50 mg L⁻¹.

As atividades de limpeza de tanques, pasteurizadores, silos, homogeneizadores e tubulações realizadas nas indústrias lácteas, geram significativa carga poluidora devido ao volume de água utilizado, produzindo grande quantidade de efluentes. Essa carga orgânica é composta basicamente de leite, gerando elevadas Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), teores expressivos de óleos e graxas e nitrogênio na água residuária (BRIÃO; TAVARES, 2007; SILVA, 2010; SILVA; EYNG, 2012). Os resíduos podem conter poluentes orgânicos, por isso indica-se que devem ser direcionados para uma estação de tratamento adequada (SILVA; EYNG, 2012).

Conforme Von Sperling (2005), um laticínio com queijaria produz uma vazão específica entre 2 e 10 m³ de esgoto por m³ de leite processado, uma DBO entre 500 a 8000 mg L⁻¹ e utilizando-se o conceito de equivalente populacional, essa água apresenta a mesma carga poluidora de 100 a 800 habitantes. Outros impactos referem-se à alteração da qualidade da água, produção de gases de efeito estufa e resíduos provenientes de embalagens plásticas, cinzas de caldeiras e gorduras.

Resíduos ricos em gorduras provenientes dessa atividade podem causar grandes danos ao ambiente, levando a formação de filmes de óleo nas superfícies aquáticas, inibindo a passagem do oxigênio para o interior dos corpos d'água e permitindo a mortalidade de inúmeros organismos aquáticos. Além disso, ocasionam estragos nas estações de tratamento e nos corpos de água que serão os receptores da carga orgânica. Os lipídeos são denominados ácidos graxos de cadeia longa, considerados compostos orgânicos instáveis e de difícil degradação, por isso causam grande problema ao processo de tratamento de efluentes (MENDES *et al.*, 2005). Eles são facilmente perceptíveis nas caixas de gorduras, locais ricos em óleos e graxas e que apresentam alto rendimento de remoção. A gordura adere facilmente às paredes das tubulações das estações de tratamento ocasionando entupimento e dificultando o processo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Uma das alternativas empregadas para aproveitamento dos óleos e graxas residuais é a utilização para produção de biodiesel. O biodiesel é um biocombustível derivado de fontes renováveis como óleos vegetais, gorduras animais e óleos e graxas residuais. As características apresentadas por ele

são muito próximas ao diesel, porém com a vantagem de reduzir a emissão de compostos de enxofre durante a etapa de combustão (BORSATO *et al.*, 2010).

Um dos principais métodos utilizados para a obtenção do biocombustível é a transesterificação alcalina, mas isso exige que a matéria-prima esteja isenta de umidade, para impedir a formação de sabão e com baixo índice de acidez, ou baixo teor de ácidos graxos livres. Outro método baseia-se na esterificação dos ácidos graxos livres, utilizando catalisadores ácidos. Além destas, outras tecnologias podem ser utilizadas como o craqueamento térmico que necessita de altas temperaturas para que a reação aconteça (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

O índice de acidez é um importante parâmetro relacionado com a natureza e qualidade da matéria-prima analisada em suas condições físico-químicas (SILVA, 2008). Ele demonstra o estado de conservação ou degradação do óleo ou gordura; é representado pela quantidade em miligramas de hidróxido de potássio (KOH), necessária para neutralizar a presença de ácidos graxos livres em um grama de amostra (SANTOS *et al.*, 2013).

O índice de iodo permite determinar o grau de insaturação de óleos e graxas, pois o iodo reage com as duplas ligações dos triglicerídeos e quando estes são utilizados para produção de biodiesel, permite avaliar a tendência para oxidação. O índice de iodo está relacionado diretamente com a insaturação dos ácidos graxos, quanto maior o grau de insaturação maior o índice de iodo (GRAÇA, 2010).

O excesso de insaturações na amostra, quando utilizada para a produção de biodiesel, tende a formar depósitos de carbono. Quando o índice de iodo ultrapassa o valor de 135 g de I_2 para cada 100 g de amostra, pior é a instabilidade do mesmo à oxidação. Esses valores demonstram a existência de um biodiesel impróprio para fins carburantes, ou seja, para utilização em automóveis, pois podem causar danos ao mesmo (LEAL, 2008; GRAÇA, 2010).

Diante dos problemas ambientais causados pelo descarte dos óleos e gorduras no ambiente, soluções devem ser propostas a fim de minimizar os problemas causados por estes resíduos gerados nas atividades da agroindústria leiteira. É necessário que seja feito o estudo de sua composição, para posteriormente buscar soluções visando sua destinação correta ou aproveitamento. Assim sendo, objetivou-se com esse trabalho realizar a caracterização do resíduo proveniente do processo de tratamento de efluente de laticínio, localizado no município de Montes Claros/MG, e avaliar sua possível potencialidade para produção de biodiesel.

Material e métodos

Caracterização experimental

O resíduo utilizado nesse estudo foi proveniente do laticínio Coopagro/Assproleite localizado na área urbana da cidade de Montes Claros/MG. Possui um funcionamento diário de oito horas e processa os seguintes produtos: doce de leite, manteiga, queijo, leite pasteurizado, requeijão e bebidas lácteas. O tratamento do efluente é realizado através de uma ETE, para que o mesmo tenha reduzido o percentual poluidor antes do lançamento no corpo receptor, nesse caso o Córrego do Cintra.

A matéria-prima foi retirada da caixa de gordura do sistema de tratamento de efluentes (FIGURA 1), responsável pela retenção dos óleos e gorduras oriundos do efluente industrial. Esse sistema é composto por dois reservatórios de fibra de vidro com uma capacidade de 10 m³ cada, isso permite a passagem de um efluente com menor carga poluidora para as etapas posteriores do tratamento. Foram realizadas duas coletas na ETE, no primeiro semestre de 2014, e a retirada desse material foi realizada manualmente, utilizando luvas de borracha, pois o material fica na parte superior da caixa e a água na parte inferior, isso facilita o processo de retirada do resíduo. Foram coletados 30 Kg de resíduos para realização das análises.

Figura 1 - Resíduo extraído da caixa de gordura do laticínio.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Para a caracterização do resíduo proveniente do laticínio, foram realizadas análises físico-químicas nos Laboratórios de Tratamento de Resíduos,

de Bromatologia e de Química Instrumental, todos do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Umidade e Cinzas

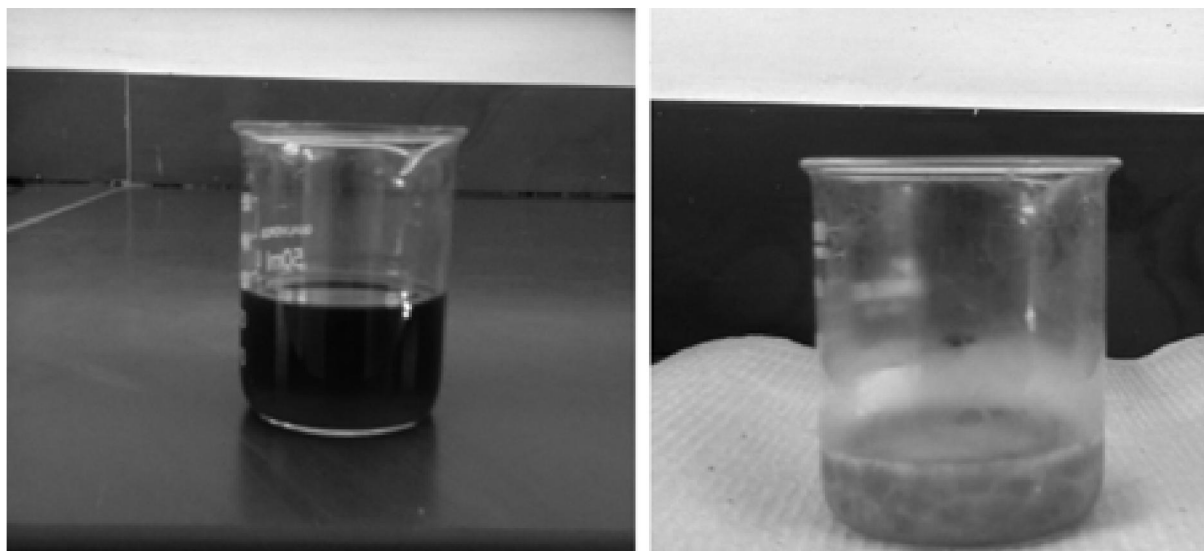
A umidade foi determinada em estufa. Utilizou-se para tal uma amostra a uma temperatura inicial de 65°C, e posteriormente elevada para 103°C \pm 2°C, até a estabilização do peso. Para a obtenção do teor de cinzas e material volátil, submeteu a amostra do resíduo em mufla, marca Info Geo, modelo Forno Gena, a temperatura de 550°C \pm 25°C, durante o período de 2 horas de acordo com metodologia descrita pela APHA (2012).

Proteína bruta e extrato etéreo

As determinações da proteína bruta e extrato etéreo foram realizadas segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Para extração do extrato etéreo foi utilizado o Extrator de Óleos e Gorduras Soxhlet, marca Marconi, modelo MA 044/8/50, durante um período de 4 horas. Foram utilizados 179,90 g de resíduo para extração (FIGURA 2).

Após a extração do óleo do resíduo foram feitas as análises físico-químicas.

Figura 2 - Gordura extraída do resíduo do laticínio após aquecimento temperatura ambiente.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Índice de Acidez

Para a determinação utilizou-se o método titulométrico, empregando uma solução alcalina de hidróxido de potássio (KOH) com uma concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e tendo como indicador fenolftaleína. Utilizou-se 2 g da gordura extraída e os resultados foram expressos em miligramas de KOH por grama de gordura. Essas amostras foram analisadas segundo a norma ASTM D-664, segundo Oliveira *et al.* (2014).

Índice de Iodo

O índice de iodo foi realizado através do método modificado de Friedmann *et al.* (1924, *apud* Aricetti, 2010). Foi utilizado como titulante a solução padronizada de tiosulfato de sódio, $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ em presença de solução de iodo, $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, em meio etanólico e como indicador foi utilizada solução de amido 1%.

Teste de solubilidade

O teste foi realizado na presença de água, ciclohexano, éter etílico e ácido sulfúrico. Foi testada a solubilidade do material extraído do resíduo para verificação da presença de lipídeos. Foi realizada com o material extraído aquecido em banho-maria a uma temperatura de 60°C , durante 20 minutos. A agitação foi realizada manualmente até a completa dissolução ou separação das fases. Os reagentes Possuem a seguinte concentração: ácido sulfúrico 98%, ciclohexano 99%, éter etílico P.A. 99% e água destilada. Utilizou-se 2 mL de material e 5 mL de cada reagente para a realização do teste.

Identificação dos ácidos graxos

Após o procedimento de hidrólise e esterificação (GEOCZE, 2011), os ácidos graxos foram detectados e quantificados através da cromatografia gasosa acoplada ao espectômetro de massas (CG-EM). As análises cromatográficas foram realizadas em cromatógrafo a gás da Agilent Technologies (GC 7890A) equipado com detector de ionização por impacto de elétrons (CG-EM) e coluna capilar DB-5MS (Agilent Technologies, 30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x $0,25 \mu\text{m}$ espessura do filme). Hélio (99,9999% de pureza) foi utilizado como gás de arraste a uma taxa de 1 mL min^{-1} . Utilizando um auto-injetor (CTC combiPaL), $1 \mu\text{L}$ da amostra foi injetada no cromatógrafo a uma razão de split 1:10. O injetor *split/splitless* foi mantido a 220°C . A coluna cromatográfica inicialmente a 160°C , isoterma por 2 min.,

foi aquecida a uma taxa de 2°C min⁻¹ até 200°C e, em seguida, até 240°C a uma taxa de 10°C min⁻¹. Após a separação dos compostos a temperatura foi elevada até 300°C e permanecendo por 3 minutos (*post run*). A temperatura da interface foi mantida a 240°C a ionização realizada com impacto de 70 eV. A amplitude de varredura de *m/z* foi de 30 a 600 u.

Resultados e discussão

Após as análises realizadas em laboratório, foram obtidos os seguintes resultados dos parâmetros físico-químicos descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados das análises físico-químicas do resíduo coletado em lagoa de tratamento de resíduos de laticínio

| PARÂMETRO | VALOR |
|-----------------------|-------|
| Umidade (%) | 8,16 |
| Matéria seca (%) | 91,84 |
| Extrato etéreo (% MS) | 20,80 |
| Proteína bruta (% MS) | 31,13 |
| Material volátil (%) | 99,87 |
| Teor de cinzas (%) | 0,13 |

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

O resíduo retirado da caixa de gordura possui consistência sólida e pastosa, foi encontrado em local aberto e por isso observou-se a presença de restos de folhas e detritos plásticos junto ao mesmo. Na análise realizada no Laboratório de Bromatologia, da porcentagem da matéria seca, 20,80 % representa o teor de extrato etéreo, isso corresponde ao percentual de óleos e graxas extraído da matéria-prima e que foi utilizado para realização das análises seguintes.

Conforme observa-se na Tabela 1 foi encontrado umidade de 8,16%. Esse valor refere-se ao volume de água utilizado durante o processo produtivo e limpeza, que culminará nas etapas de tratamento, momento em que o resíduo foi retirado para realização das análises.

Oliveira *et al.* (2014) realizando a caracterização de escumas retirada de caixas de gorduras de diferentes locais, encontraram 12,2% de umidade

para o resíduo proveniente de indústria alimentícia, e para a espuma retirada de caixa de gordura de restaurante universitário, foi encontrado teor de umidade de 33,3%.

O alto teor de sólidos voláteis encontrado, 99,87%, significa que o resíduo estudado é rico em material orgânico e desse modo, contribui de maneira significativa para a poluição dos corpos hídricos. Demonstra ainda condições favoráveis para utilização de tratamento biológico para o efluente gerado, visando o descarte posterior, geralmente realizado em corpos hídricos de acordo com a legislação vigente.

A porcentagem de proteína obtida possui relação direta com a origem do resíduo analisado. Este é originário do processamento de produtos derivados do leite, fonte de proteínas. Na constituição do leite, em torno de 12% corresponde aos sólidos totais, destes 3,3 a 3,5% representa a quantidade de proteína bruta, enquanto a maior parte do leite é constituída por água, em torno de 87% (ALMEIDA *et al.*, 2013). A porcentagem de proteína encontrada, 31,13%, na análise realizada pode ser atribuída à concentração do resíduo gerado durante o tratamento, devido à quantidade de leite processado diariamente pela empresa.

No queijo, um concentrado lácteo, encontrou-se em sua composição valores referentes à quantidade de proteínas, lipídeos, vitaminas, dentre outros. Para um queijo que apresente teor maior de gordura, a porcentagem de proteína geralmente varia de 23 a 25%. Para o queijo cottage, foi encontrado valor de gordura de 15,41 g, enquanto a proteína apresentou 10,15 g do peso (FRANCISQUETI; BRAGA; GOMES, 2009).

O teste de solubilidade permitiu analisar que apenas o ciclohexano e o éter etílico solubilizaram o produto oriundo da extração da amostra, isso demonstra a existência de lipídeos no mesmo, devido à solubilização ocorrida em compostos orgânicos. A água e o ácido sulfúrico permitiram a formação de duas fases distintas, isso devido à baixa solubilidade de lipídeos em água e solventes inorgânicos.

O índice de acidez obtido para o resíduo foi considerado elevado, apresentando valor de 56,61 mg de KOH g⁻¹ de amostra. Esse índice evidencia o estado de degradação da gordura, pois reflete seu grau de processamento, oxidação e decomposição. Esse teor de acidez quando calculado em porcentagem representa 32,86% de acidez em ácido oléico.

O valor de índice de acidez se aproxima daqueles descritos por Oliveira *et al.* (2014). Para gordura extraída de escumas retiradas da caixa de gordura de restaurante foi encontrado um valor de 168,2 mg de KOH g⁻¹ de amostra, já a gordura extraída de escumas provenientes de indústria de ali-

mentos possui acidez de 45,3 mg de KOH g⁻¹ de amostra e a gordura originária da amostra de espuma de estação de tratamento apresenta acidez de 37 mg de KOH g⁻¹ de amostra. Esses elevados índices de acidez inviabilizam a produção de biodiesel através de catálise básica, pois para isso é necessário que o teor de ácidos graxos livres não exceda valores em torno de 1%, pois o catalisador básico reage com os ácidos graxos livres, levando a formação de sabão e água e influenciando na separação e rendimento do biodiesel (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Quando o índice de acidez é elevado, o processo é realizado em duas etapas, inicialmente é feita uma esterificação ácida para redução dos ácidos graxos livres e posteriormente procede-se a transesterificação básica dos triglicerídeos restantes da amostra (WUST, 2004).

Conforme Barros, Wust e Meier (2008), ao analisarem gordura proveniente de caixa de gordura de um Shopping Center, depararam com valores elevados de índice de acidez, estes variaram entre 76 e 78%. O índice elevado é fruto da exposição da gordura a altas temperaturas, e da submissão da mesma à presença de grande quantidade de água, proporcionando alto grau de hidrólise aos ácidos graxos.

Gonçalves *et al.* (2009) ao analisar óleos e gorduras residuais de frituras encontrou valores de 2,7 ± 0,1 mg de KOH g⁻¹ de acidez, e isso é decorrente das condições de uso e armazenamento dos óleos. Para a produção de biodiesel, óleos com altos índices de acidez, quando aplicados diretamente no processo de transesterificação não permitem a separação das fases, glicerina e éster, mesmo quando ocorre a recuperação do álcool no processo.

O índice de iodo encontrado foi de 40,83 g de I₂ por 100 g de amostra, e isso indica uma medida do grau de insaturação da gordura, pois o iodo reage com as duplas ligações e quanto maior o número de insaturações maior o índice de iodo. O valor encontrado caracteriza a gordura obtida com um baixo teor de insaturação. Isso pode ser observado no fato da gordura apresentar estado sólido à temperatura ambiente, característica predominante de gorduras saturadas. De acordo com Ribeiro e Seravalli (2007), na gordura do leite podem ser encontrados valores significativos de ácidos graxos saturados de cadeia curta, de quatro a dez carbonos, um dos principais é o ácido butírico, representando de 3 a 5% do total.

Silva e Gioielli (2006) estudando a estruturação de lipídeos obtidos a partir de banha de porco e óleo de soja observaram índices de iodo para a banha de 54 g de I₂ para 100 g de amostra, e para o óleo de soja de 129 g de I₂ para 100 g de amostra. Esse valor de índice de iodo para banha se aproxima daquele encontrado por O'Brien (1998) *apud* Silva e Gioielli (2006), que descreveram valores para banha entre 46 e 70g I₂ para 100 g de amostra.

Graça (2010) estudando o índice de iodo em diferentes óleos de ori-

gem vegetal encontrou valores para o óleo de soja de 127 g I₂ para 100 g de amostra. No mesmo trabalho afirma que elevadas quantidades de ácidos graxos insaturados podem formar depósitos ou deteriorar a qualidade do biodiesel, valores de índice de iodo acima de 135 g I₂ para 100 g de amostra podem produzir biodiesel com características inaceitáveis para uso como combustível, pois tendem a formar depósitos de carbono e alto poder de degradabilidade.

A cromatografia do resíduo permitiu identificar o perfil dos ácidos graxos encontrados nos óleos e graxas extraídos, os quais estão apresentados no cromatograma da Tabela 2 e na Figura 3.

Tabela 2 - Composição dos ácidos graxos de gordura extraída de resíduo obtido em lagoas aeradas de laticínios.

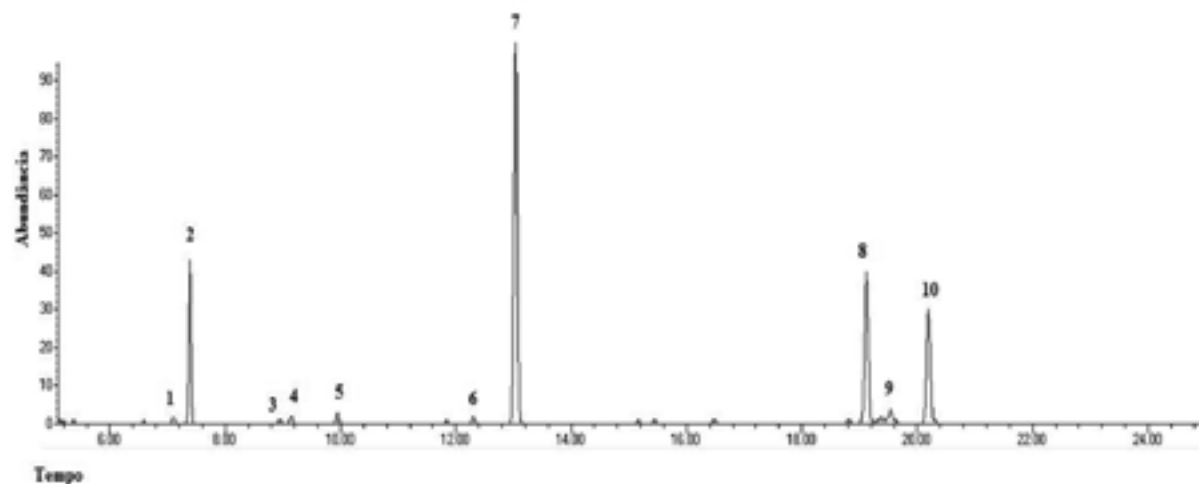
| Pico | Abreviação | TR (min.) | Composto | Área Absoluta | Área Relativa (%) |
|------|------------|------------|--------------------------------|---------------|-------------------|
| 1 | 14:1 | 7.103 | Ácido miristoléico | 460.661 | 0,5525 |
| 2 | 14:0 | 7.386 | Ácido mirístico | 11.840.213 | 14,20 |
| 3 | 12-Me-14:0 | 8.947 | Ácido 12-metil ácido mirístico | 184.015 | 0,2207 |
| 4 | 12-Me-13:0 | 9.148 | Ácido isomirístico | 414.669 | 0,4973 |
| 5 | 15:0 | 9.956 | Ácido pentadecanóico | 8.286.68 | 0,9938 |
| 6 | 16:1 | 12.30 | Ácido palmitoléico | 5.805.53 | 0,6963 |
| 7 | 16:0 | 13.04 | Ácido palmítico | 37.175.572 | 44,59 |
| 8 | 18:1 n-9 t | 19.12 | Ácido elaídico | 16.963.309 | 20,34 |
| 9 | 18:1 | 19.53 | Ácido oléico | 1.388.401 | 1,665 |
| 10 | 18:0 | 20.19 | Ácido esteárico | 13.545.140 | 16,25 |
| | | Área total | | 83.381.201 | 100,0 |

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

A partir do cromatograma obtido para os OGRs extraídos do resíduo, observa-se existência de picos bem definidos para os ácidos graxos identificados. Na Tabela 2 estão descritos os ácidos graxos detectados, por CG-EM, no resíduo. Foram observados 10 ácidos graxos, dentre eles os que obtiveram maior área relativa foram os ácidos palmítico (44,59 %), elaídico (20,34 %), esteárico (16,25 %) e mirístico (14,2 %). Os ácidos oléico (1,66 %), esteá-

rico (16,25 %), palmítico (44,59 %) e mirístico (14,2 %), detectados através da CG-EM extraídos do resíduo, também foram encontrados em escumas de caixa de gordura de restaurante universitário, de estações de tratamento, indústria de alimentos e apresentaram as maiores porcentagens dentre os ácidos graxos observados (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Figura 3 - Cromatograma de íons totais, obtido da análise de cromatográfica (CG-EM) da gordura do resíduo obtido de lagoas aeradas do sistema de tratamento de Laticínios derivatizada.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Ambrósio, Guerra e Mancini Filho (2003) ao analisarem a composição de ácidos graxos presentes em manteigas de garrafa sob diferentes tempos de armazenamento, encontraram as maiores porcentagens de ácidos graxos para o ácido palmítico (44,59 %), com valores que variam de 28,6 a 36,35 %, seguidos do ácido oléico (1,66 %) oscilando entre 17,66 a 24,56 % e o ácido mirístico com proporções entre 10,72 a 11,48%.

Esses ácidos graxos também foram encontrados na identificação dos ácidos graxos realizada com a gordura extraída do resíduo, e quando observada a área relativa de cada ácido graxo percebeu-se que encontraram-se dentro da faixa de maiores valores obtidos, como, por exemplo, o ácido palmítico (44,59 %) que apresenta maior valor para este parâmetro 44,59%, enquanto o ácido mirístico (14,2 %) possui valor de área absoluta de 14,20%. Somente o ácido oléico (1,66 %) apresenta valor menor de área com 1,66%, se comparado com aqueles obtidos na análise da manteiga de garrafa.

Segundo Ribeiro e Seravalli (2007), o leite apresenta porcentagens significativas de ácidos de cadeia longa, dentre eles os ácidos palmítico com 25 a 32%, oléico com 30 a 40% e o esteárico variando de 10 a 15%. Comparando esses compostos com aqueles encontrados na cromatografia da gor-

dura extraída do resíduo, percebe-se a presença desses ácidos com áreas relativas expressivas. O ácido palmítico obteve área relativa de 44,59%, o esteárico 16,25% e o oléico 1,665%.

Oliveira *et al.* (2013), analisando diversas matérias-primas, e dentre elas o sebo bovino e a banha de porco, encontraram porcentagens de alguns ácidos graxos que também foram encontrados nesse trabalho, para o ácido palmítico (7) observou-se 22,6 e 25,2 % respectivamente, para o ácido esteárico valores de 9,2 e 15,7% e para o ácido oléico teores de 41,8 e 42 %.

De acordo com Oliveira *et al.* (2014), para a produção de biodiesel, o número reduzido de duplas ligações nos ácidos graxos indicará maior número de cetano no biodiesel obtido, característica que proporciona melhor qualidade de combustão. Porém, o biodiesel gerado a partir de elevados teores de ácidos graxos saturados pode ocasionar problemas em sua utilização em regiões de baixa temperatura. Por isso, a composição heterogênea dos ácidos graxos encontrados, é ideal para a produção de biocombustível de boa qualidade.

Conclusão

O resíduo proveniente da caixa de gordura de estação de tratamento de laticínio pode ser utilizado para produção de biodiesel por apresentar propriedades químicas e físicas semelhantes a outros produtos utilizados como matéria-prima para produção deste biocombustível. Como exemplos têm-se óleos e graxas residuais extraídos de escumas de caixas de gordura, óleos residuais de fritura e sebo bovino, utilizados como matéria-prima para fabricação do biodiesel.

Agradecimentos

Agradecemos a Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG e a FAPEMIG pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa. Aos Laboratórios de Química Industrial e Bromatologia do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG e seus responsáveis, pelas análises realizadas e ajuda concedida ao longo do trabalho.

Referências

ALMEIDA, C. C.; CONTE JÚNIOR, C. A.; SILVA, A. C. O.; ALVARES, T. S. Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1840-1854, Jul. 2013.

AMBRÓSIO, C. L. B.; GUERRA, N. B.; MANCINI FILHO, J. Características de identidade, qualidade e estabilidade da manteiga de garrafa. Parte II - estabilidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3. p. 351-354, Set./dez. 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

BARROS, A. A. C.; WUST, E.; MEIER, H. F. Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 255-262, 2008.

BORSATO, D.; MOREIRA, I.; PINTO, J. P.; MOREIRA, M. B.; NOBREGA, M. M.; CONSTANTINO, L. V. Análise físico-química de diesel interior em mistura com biodiesel. **Revista Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 32, n. 2, pp. 187-192, 2010.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reuso de efluentes de laticínios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 134-138, abr./jun. 2007.

CARVALHO, G. R. A Indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro. **Revista Circular Técnica 102**, Juiz de Fora, MG, Dezembro, 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870411/1/CT102.pdf>>. Acesso em: 27 Jul. 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União nº 92, de 16 de maio de 2011.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, São Paulo. v. 32, n 3, p. 776-792, 2009.

FRANCISQUETI, F. V.; BRAGA, C. P.; GOMES, M. I. F. V. Diferenças nutricionais entre queijo cottage produzido por método tradicional e enzimático, avaliação da preferência e ingestão média de leite e derivados por parcela da população. **Revista Simbio-Logias**, Botucatu, v.2, n.1, p. 102-113, maio 2009.

FRIEDMANN, L.; MARGOSCHES, V. B. M.; HINNER, W.. "Über eine Schnellmethode zur Bestimmung der Jodzahl fetter Öle mit Jod und Alkohol". *Angewandte Chemie*, 1924. 334 p. In ARICETTI, J. A. Métodos titulométricos alternativos para avaliação da qualidade do biodiesel. 2010. 184 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2010.

GEOCZE, K. C. **Análise exploratória de carotenóides, óleos essenciais e triacilglicerídeos do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) de municípios brasileiros situados no bioma do cerrado**. 2011. 229 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

GONÇALVES, A.; SOARES, J.; BRASIL, A. N., NUNES, D. L. Determinação do índice de acidez de óleos e gorduras residuais para produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 3., 2009, Brasília. **Anais...** Brasília: MBC, 2009. p. 187-188.

GRAÇA, C. M. M. **Determinação do índice de iodo a partir da composição dos óleos**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro. 2010.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção Animal no 1º Trimestre de 2013. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201301comentarios.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2014.

LEAL, R. V. P. **Avaliação metrológica de métodos para determinação do índice de iodo em biodiesel B100**. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MAGANHA, M. F. B. **Produtos Lácteos**: Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos - Série P+L. 1. ed. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/laticinio.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2014.

MATOS, A. T. **Poluição Ambiental**: Impactos no meio físico. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 260p.

MENDES, A. A.; CASTRO, H. F.; PEREIRA, E. B.; FURIGO JÚNIOR, A. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 296-305, mar./abr. 2005.

O'BRIEN, R. D. *Fats and oils - Formulating and processing for applications*. Lancaster: Pa. Technomic Pub. Co., 1998. p.7-10, 33-36, 98-108. In SILVA, Roberta Claro da; GIOIELLI, Luiz Antonio. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 42, n. 2 p.223-235, abr./jun. 2006.

OLIVEIRA, D. M.; ONGARATTO, D. P.; FONTOURA, L. A. M.; NACIUK, F. F., SANTOS, V. O. B.; KUNZ, J. D.; MARQUES, M. V. Obtenção de biodiesel por transesterificação em dois estágios e sua caracterização por cromatografia gasosa: óleos e gorduras em laboratório de Química Orgânica. **Química Nova**, São Paulo. v. 36, n. 5, p. 734-737, mar. 2013.

OLIVEIRA, J. P.; ANTUNES, P. W. P.; PINOTTI, L. M.; CASSINI, S. T. A. Caracterização físico-química de resíduos oleosos do saneamento e dos óleos e graxas extraídos visando a conversão em biocombustíveis. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 597-602, fev.2014.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2007. 184 p.

SANTOS, J. R. M.; MARTINS, J. S.; FREIRE, M. S.; SILVA NETO, N.; SILVA, T. N.; SANTOS, J. C. O. Caracterização físico-química do óleo de coco obtido artesanalmente. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 5., 2013, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2013.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Bovinocultura Leiteira. **Boletim Setorial do Agronegócio**. Recife, n. 3, ago. 2010. 17 p. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/leite-e-derivados/Boletim%20Bovinocultura.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

SILVA, A. C. F. M. **Tratamento de resíduos líquidos de laticínios em reator anaeróbio compartimentado segundo leitos cultivados**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos Métodos Químicos e Biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SILVA, F. K.; EYNG, J. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, p. 1-21, 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

WUST, ELISIANE. **Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.