

## CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO OESTE – PR

### CHARACTERIZATION OF THE RESIDUAL FRYING OIL IN

### CRUZEIRO DO OESTE – PR

Cristina Martinelli<sup>1</sup>; Sandra Beserra da Silva de Souza<sup>2</sup>; Camila da Silva<sup>3</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Mestrado acadêmico associado ao Instituto Federal do Paraná e Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: [quimicacristina@hotmail.com](mailto:quimicacristina@hotmail.com).
2. Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: [sandrabeserrab@gmail.com](mailto:sandrabeserrab@gmail.com)
3. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: [camiladasilva.eq@gmail.com](mailto:camiladasilva.eq@gmail.com)

### RESUMO

O consumo de frituras resulta na geração de grande volume de óleos, os quais são considerados resíduos sólidos de elevado poder poluente. Estratégias de enfrentamento e consumo precisam caminhar no mesmo compasso, fornecendo alternativas que protejam o meio ambiente e fortaleçam o agronegócio brasileiro. Assim, o presente trabalho aborda o monitoramento do óleo residual de fritura (ORF) do município de Cruzeiro do Oeste – Paraná, durante 6 (seis) meses. A qualidade do ORF foi determinada a partir do teor de umidade, acidez, cor, estabilidade oxidativa e composição em ácidos graxos. Os resultados evidenciaram que os óleos apresentaram valores de umidade que variaram entre 0,1% a 0,4%, acidez de 0,3% a 3,2%, cor pelo teste de Chroma de 9,9 a 29,9 e estabilidade oxidativa de 0,8% a 8,0h. Os ORF foram compostos predominantemente por ácidos linoleico, oleico e palmítico. Foram utilizadas duas amostras de óleo comercial para efeito comparativo da qualidade.

**PALAVRAS-CHAVES:** Monitoramento; Sustentabilidade; Meio Ambiente.

### ABSTRACT

The consumption of fried food generates a large volume of oil. It is considered solid waste with high polluting power. In this aspect, preservation strategies must provide alternatives that protect the environment and strengthen Brazilian agribusiness. Thus, the present work addresses the monitoring of waste frying oil in Cruzeiro do Oeste city, Parana, for six (6) months. The quality of the residual frying oil was characterized by moisture and acidity content, color, oxidative stability, and fatty acid composition. The results showed that the oils had moisture values ranging from 0.1% to 0.4%, acidity from 0.3% to 3.2%, color by Chroma test in the range from 9.9 to 29.9, and oxidative stability from 0.8% to 8.0h. The ORF were composed predominantly of linoleic, oleic and palmitic acids. Two commercial oil samples were used for quality comparison purposes.

**KEYWORDS:** Monitoring; Sustainability; Environment.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove), o Brasil produziu mais de 9 milhões de toneladas de óleo de soja em 2020. Estima-se que o consumo interno em 2021 seja superior a 8 milhões de toneladas, um aumento de 56% nas vendas comparado aos últimos 10 anos (Abiove, 2021). O óleo residual de fritura (ORF), particularmente, é classificado como resíduo sólido e considerado causador de importantes impactos aos recursos hídricos. Tal preocupação tem levado pesquisadores a buscarem práticas que contemplem a gestão pós-consumo como uma alternativa que previne desequilíbrios ambientais e que fortalece o agronegócio brasileiro (Antonic *et al.*, 2021; Li e Yu, 2015; Rangel *et al.*, 2021; Yusuff *et al.*, 2021).

O crescimento econômico do Brasil nos últimos anos, aliado ao aumento gradativo da população, tem refletido em mudanças negativas nos hábitos alimentares. O consumo de frituras aumenta em ritmo acelerado, requerendo estratégias de enfrentamento para gestão dos resíduos sólidos gerados. Empresas de saneamento são enfáticas ao reportar os prejuízos dos descartes de óleos em pias e ralos. A presença de óleo em água leva à formação de aglomerados consistentes responsáveis por obstruir tubulações e prejudicar substancialmente as estações de tratamento (Fernando, 2018). Soma-se a esse efeito a capacidade de redução da concentração de oxigênio dissolvido nos corpos d'água, elevação da carga orgânica e produção de metano através da degradação anaeróbia (Kunkel, 2010). Além disso, as borras de materiais gordurosos em esgotos atraem animais sinantrópicos (como ratos e baratas) transmissores de doenças ao homem (Passos e Castro, 2015).

Com base nos pressupostos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/97, a água é um bem público e precisa ser disponibilizado com padrões de qualidade adequados à atual e futuras gerações. Dessa forma, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada pela Lei 12.305/10 (Ministério do Meio Ambiente, 2012), e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 430/2011 atuam no sentido de assegurar a qualidade dos corpos hídricos através de metas e ações que levam ao desenvolvimento sustentável (Brasil. CONAMA, 2011). A manufatura de sabão, tintas, velas e produção de biodiesel propõe a reutilização sustentável daquilo que poderia ser danoso ao meio ambiente (Antonic *et al.*, 2021; Li e Yu, 2015; Rangel *et al.*, 2021; Yusuff *et al.*, 2021). Além disso, estudos mostram resultados promissores ao empregar ORF como aditivo alternativo em pavimentações asfálticas (Singh-

Ackbarali *et al.*, 2017), na obtenção de bio-asfaltos com propriedades melhoradas (Wan Azahar *et al.*, 2016) e bloco de construção civil (Adebayo *et al.*, 2018). O desenvolvimento de novas fontes de energia aliado a proteção ambiental tem alavancado pesquisas em todo o mundo (Chen *et al.*, 2021). Tais práticas científicas versam sobre propostas que visam a coexistência e a harmonia entre os três pilares da sustentabilidade, ditos como social, econômico e ambiental.

A sustentabilidade é um termo que expressa a preocupação com a qualidade de um sistema, no que diz respeito à integração indissociável (ambiental e humana), abrangendo aspectos ambientais, sociais e econômicos (Feil e Schreiber, 2017; Roy *et al.*, 2021; Zahoor *et al.*, 2021). Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar a caracterização do óleo residual de fritura coletado durante seis meses em distintos pontos da região do Cruzeiro do Oeste – Paraná. A obtenção destes dados visa a posterior proposição de estratégias que permitam a reutilização deste resíduo sólido gerado pelos moradores e comerciantes locais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Amostras de óleo residual de fritura (~150 mL) foram coletadas em dois pontos de coleta do município de Cruzeiro do Oeste (Paraná, Brasil): Associação de Recicladores de Cruzeiro do Oeste (ARCO) e Central de Atendimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). A coleta ocorreu durante 6 (seis) meses, entre os meses de novembro de 2020 a abril de 2021. As amostras coletadas no ponto localizado na ARCO foram codificadas como A1 a A6, de acordo com o mês da coleta. O mesmo procedimento foi adotado para as amostras coletadas na SANEPAR, as quais foram codificadas de S1 a S6. Para efeito comparativo da qualidade dos óleos, foram adquiridas no comércio local duas amostras de óleo de soja (de marcas diferentes), as quais foram codificadas como C1 e C2.

Os reagentes utilizados nas análises de caracterização do ORF em relação ao teor de acidez foram etanol (Anidrol, 95%), éter etílico (Synth, 98% PA), hidróxido de sódio (Anidrol, 97%) e fenolftaleína (Anidrol). Para a derivatização foram utilizados ácido sulfúrico (Anidrol, 98%), metanol (Panreac, 99,9 %), hidróxido de potássio (Synth, 85%, PA) e hexano (anidro 98,8%).

### 2.2 Caracterização do ORF

As amostras do óleo residual de fritura foram previamente filtradas para remoção de sedimentos e armazenadas em frasco opaco, em local com baixa luminosidade, a temperatura ambiente. O teor de umidade das amostras foi determinado em estufa de circulação mantida a 105 °C (Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet, 2008). A determinação do teor de ácidos graxos livres foi realizada com base no método Ca 5a-40 (AOCS, 1998), baseado na titulação ácido-base.

A determinação da cor foi realizada em colorímetro CHROMA METER CR-400, previamente calibrado com fundo branco padrão. O ORF foi transferido para uma placa de petri e realizada a leitura dos parâmetros do CIE-Lab ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), que representa cada cor por meio de três parâmetros escalares ou coordenada cartesiana:  $L^*$ , luminosidade, que varia de 0 (absoluto preto) a 100 (branco absoluto);  $a^*$ , associado a mudanças vermelho-esverdeado ( $+a^*$  é vermelho e  $-a^*$  é verde); e  $b^*$ , associado a mudanças amarelo-azulado ( $+b^*$  é amarelo e  $-b^*$  é azul). A partir do espaço CIE-Lab,  $a^*$  e  $b^*$  podem ser convertidos na coordenada polar  $C^*_{ab}$  (Chroma), conforme a Equação 1.

$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

A estabilidade oxidativa foi determinada usando o equipamento Professional Rancimat Biodiesel (Metrohm, modelo 823, Herisau, Suíça). Foram analisadas aproximadamente 2,5 g de amostra, a 120° C e fluxo de ar de 20 L h<sup>-1</sup>. O tempo de indução consiste no tempo antes da oxidação acelerada, sendo determinado automaticamente.

A composição de ácidos graxos foi determinada a partir da derivatização do óleo, conforme versão adaptada da metodologia descrita anteriormente (Santos Júnior *et al.*, 2014), seguida da análise cromatográfica (Abdala *et al.*, 2014). Foram pesadas aproximadamente 60 mg da amostra, sendo derivatizada, primeiramente, por uma reação de catálise básica permitida pela adição de 2 mL de solução metanólica de KOH/metanol 2 mol L<sup>-1</sup> e agitação por 5 min em vortex. Posteriormente, as amostras foram mantidas em banho termostaticado (Nova Ética, modelo 314/8, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 100 °C durante 5 min. Em seguida, após o equilíbrio térmico entre as amostras e o ambiente, procedeu-se a catálise ácida pela adição de 5 mL de solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/metanol (60 mL de metanol em 3 mL de ácido sulfúrico), retornando ao banho termostaticado a 100 °C por 15 min. Logo após, na temperatura ambiente, os sistemas receberam 2 mL de hexano e foram mantidos em repouso por 24 horas. As análises foram realizadas em cromatógrafo a gás (GC-MS Shimadzu, QP2010 SE) com injetor automático, equipado com espectrofotômetro de massa. A identificação dos compostos foi realizada a partir

da pesquisa do banco de dados da biblioteca de espectros NIST Mass Spectral Library (versão 2014).

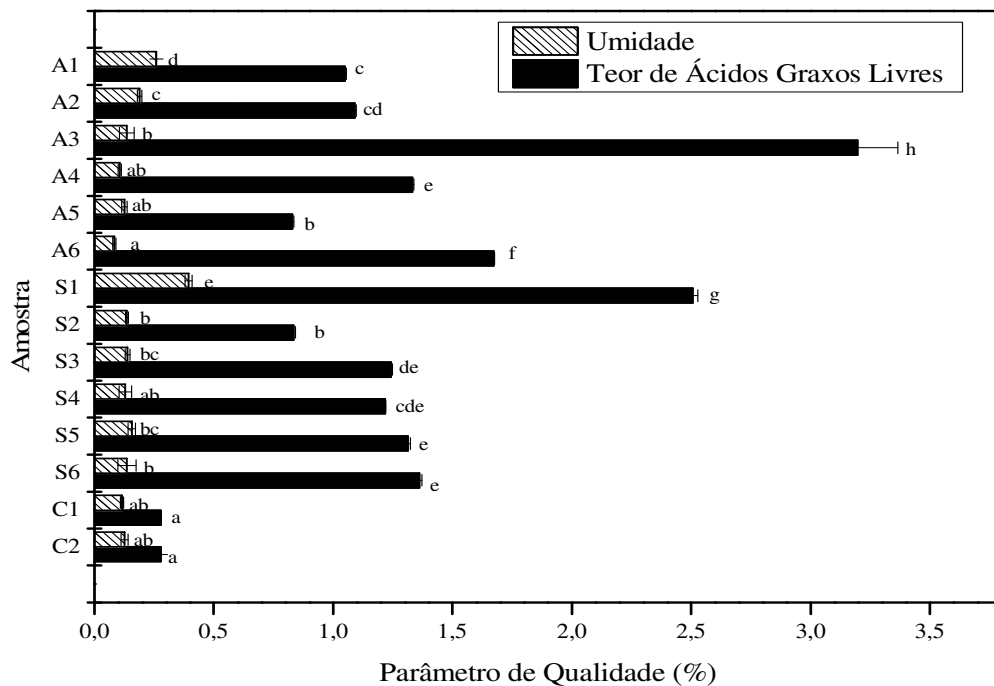
### 2.3 Análise estatística

Os resultados obtidos (média das análises realizadas em triplicata) foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey, a fim de verificar a significância estatística da diferença das médias, ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). O processamento dos dados foi realizado utilizando software específico (STATISTICA 8,0).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta teores de umidade entre 0,083% e 0,189%, os quais foram similares aos obtidos para os óleos comerciais, havendo variação significativa ( $p < 0,05$ ) para as amostras A1 e S1. Os resultados foram inferiores aos descritos para o óleo de soja comercial preconizados no trabalho de Almeida (2013) (Almeida *et al.*, 2013). Óleos com maiores teores de umidade favorecem o ataque de lipases, resultando em um aumento da acidez e rancidez oxidativa (Almeida *et al.*, 2013). Segundo Kaijser (2000), a umidade é um dos parâmetros de controle mais importantes para os óleos, sendo que a sua estabilidade diminui com o aumento do teor de umidade (Kaijser, 2000).

Figura 1 – Parâmetro de umidade e teor de ácidos graxos livres. Letras iguais nas colunas indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey.

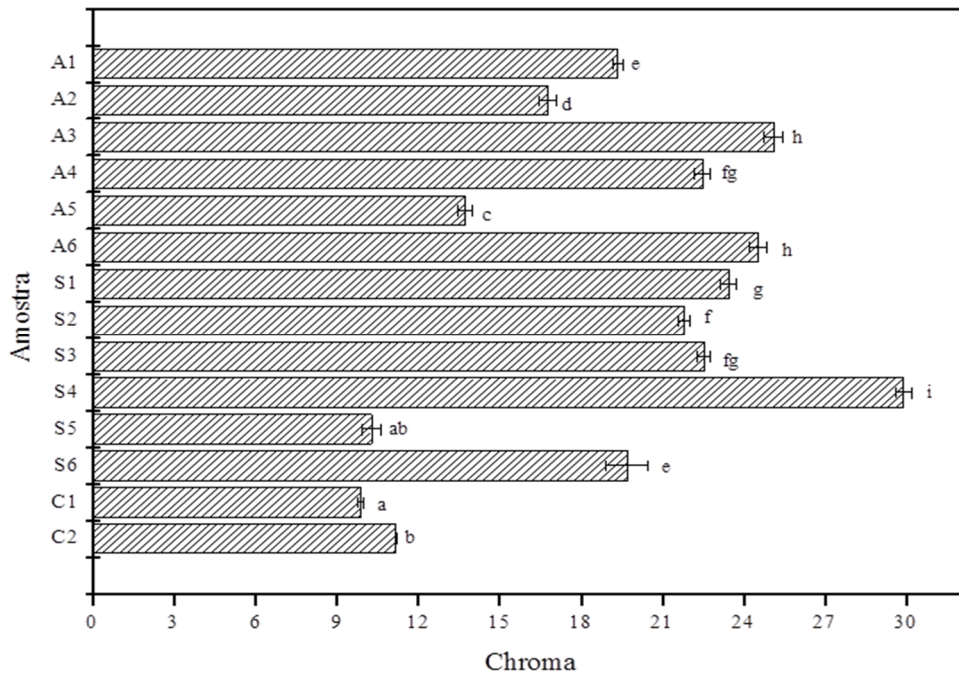


Fonte: Autores (2021)

Tratando-se da Figura 1 pode-se verificar índices mais elevados (0,829% a 3,196%) de ácidos graxos livres quando comparados ao óleo de soja comercial, sendo que as amostras S1 e A3 apresentaram diferença em relação às demais ( $p < 0,05$ ). Os maiores teores de ácidos graxos foram relacionados a etapa de fritura, em que a água contida nos alimentos é submetida às altas temperaturas. Nesse processo, a hidrólise dos triglicerídeos ocorre e ácidos graxos, glicerina, mono e diglicerídeos são liberados (Choe e Min, 2009; Senanayake, 2018). Além disso, óleos e gorduras submetidos a períodos de aquecimento e armazenamento prolongado sofrem processos de hidrólise. Esses fatores podem explicar as diferenças encontradas entre os óleos residuais de fritura, sobretudo para as amostras A3 e S1, as quais sugerem elevadas taxas de degradação, inclusive acima do limite máximo para o descarte de acordo com a ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária), que é de 0,9% (Anvisa, 2005). A literatura aborda teores de acidez que variam entre 0,1 a 2,9 para óleo de soja residual de fritura (Cella *et al.*, 2002; Fernandes, 2017; Gonçalves *et al.*, 2021; Rios *et al.*, 2013). Portanto, os valores apresentados na Figura 1 estiveram dentro do esperado considerando sua especificidade.

As amostras de ORF foram submetidas a análises de cor pelo teste de Chroma, como mostrado Figura 2.

Figura 2 – Avaliação da cor pelo teste de Chroma. Letras iguais nas colunas indicam que não há diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

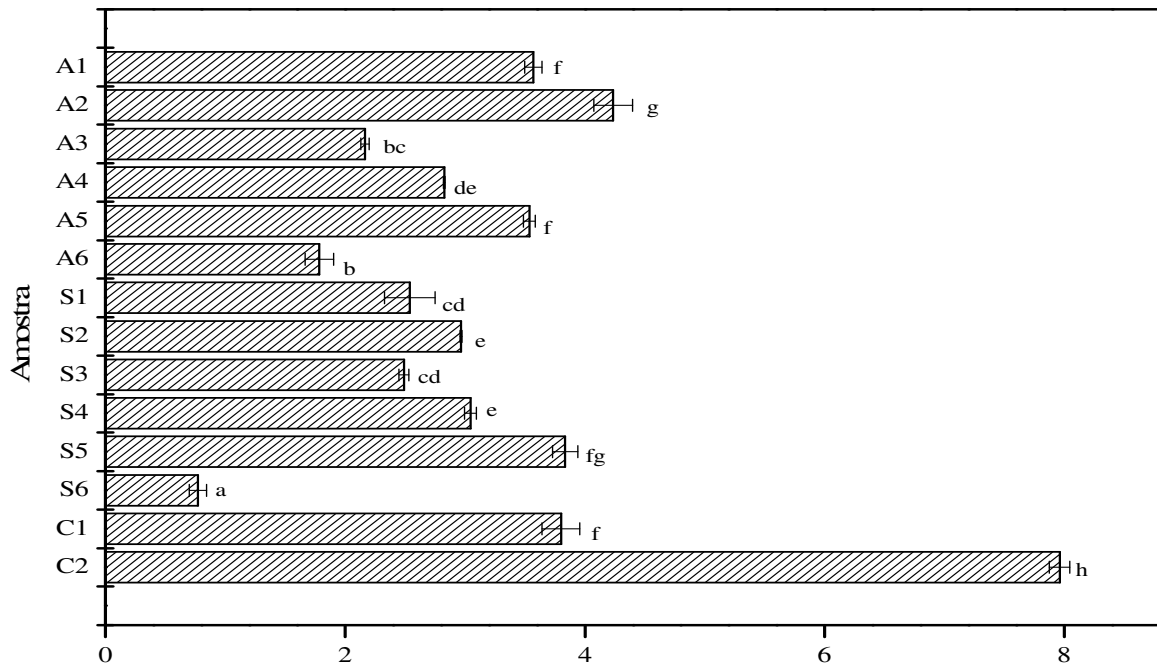


Fonte: Autores (2021).

A Figura 2 mostra maior variação de cor para S4. A maioria dos ORF mostraram variações significativas comparado aos óleos comerciais C1 e C2 ( $p < 0,05$ ), exceto o óleo S5 que foi estatisticamente equivalente ( $p > 0,05$ ). A comparação entre os óleos A4, S2 e S3, assim como as amostras A4, S1, S3 ou A1, S6 mostraram equivalência estatística ( $p > 0,05$ ). De uma forma geral, essas variações podem ser associadas as condições de utilização do óleo pelos moradores ou comerciantes locais. Além disso, alterações na coloração podem ser ocasionadas por armazenamento prolongado. Tais modificações ópticas indicam processos de degradação ou presença de impurezas, como pigmentos hidrofóbicos adsorvidos nos alimentos e que são particionados para os óleos em processos de fritura por imersão. Além disso, o tempo de utilização do óleo bem como as temperaturas atingidas podem torna-lo escuro (Nascimento, Marcelo Rodrigues; Nóbrega, Vitória de Oliveira ; de Souza, 2018). Portanto, as variações de coloração dos óleos residuais de fritura nos distintos pontos de coleta são resultado de hábitos alimentares e aos diferentes tipos de alimentos preparados (Cella *et al.*, 2002).

Além das propriedades ópticas, a avaliação da estabilidade oxidativa das amostras também é importante (Figura 3). A redução da estabilidade oxidativa ocorre devido as reações

que levam a degradação dos lipídios, as quais podem ser catalisadas pela luz. Tais processos ocorrem devido ao contato entre o oxigênio (atmosférico ou dissolvido no óleo) e os ácidos graxos insaturados presentes. Os mecanismos das reações de oxidação são complexos e têm por característica a formação de produtos que afetam as propriedades organolépticas dos óleos. Figura 3 – Parâmetros de estabilidade oxidativa. Letras iguais nas colunas indicam que não há diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



Tempo de Indução (h)

Fonte: Autores (2021)

A Figura 3 mostra dados do tempo de oxidação que variaram entre 0,77h e 3,84h para as amostras de ORF e entre 3,80h e 7,96h para o óleo de soja comercial. Além disso, diferenças ( $p < 0,05$ ) foram verificadas entre os óleos comerciais C1 e C2. O óleo C1 foi semelhante ( $p > 0,05$ ) aos óleos S5, A5 e A1. Tais informações são relevantes, uma vez que o processo de oxidação diminui as qualidades nutricionais e organolépticas dos óleos comestíveis (Gim *et al.*, 2017).

De uma forma geral, os dados mostrados na Figura 3 podem ser explicados pela composição dos ORF. Nesse aspecto, uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados leva a menor estabilidade oxidativa (Pinto, Ellen Porto Borges, Caroline Dellingshausen Teixeira, Andréa Miranda Zambiasi, 2003). Óleos compostos por ácidos graxos com cadeias saturadas



oferecem maiores parâmetros, como já reportado para o óleo de palma, girassol e milho (Rios *et al.*, 2013).

Adicionalmente, ressalta-se que este parâmetro para óleos residuais é normalmente reduzido ao longo dos ciclos de uso. Ou seja, o tempo de aquecimento e sua qualidade é um fator determinante para a concentração de compostos oxidados. Aquecimentos contínuos são típicos de empresas que produzem *snacks* ou massas pré-fritas. Já aquecimentos descontínuos descrevem situações caseiras, restaurantes e redes *fast-food*. Um dos motivos reside na maior tendência de oxidação restrita a interface óleo/ar em condições de maiores temperaturas em aquecimentos ininterruptos. No entanto, em condições de resfriamento, a solubilidade do ar/oxigênio aumenta na massa oleosa e a formação de espécies radiculares torna-se favorecida nos aquecimentos posteriores. Estudos mostram que óleos submetidos a ciclos de utilização oferecem qualidade inferior àqueles obtidos por aquecimento ininterrupto (Corsini e Jorge, 2006; Mehta e Swinburn, 2001; Stevenson *et al.*, 1984).

Ademais, além dos processos de oxidação supracitados, reações de polimerização e hidrólise com formação de ácidos graxos livres foram relatadas anteriormente. Nessa situação, compostos voláteis são liberados (responsáveis pelo cheiro desagradável no ambiente), além de substâncias apolares que causam o aumento da viscosidade, formação de espuma e escurecimento do óleo (Freire *et al.*, 2013). Em face ao exposto, as variações reportadas nas Figuras 2 e 3 refletem a heterogeneidade dos métodos de preparo, das misturas de tipos de óleos (girassol, soja, canola, entre outros, os quais têm suas particularidades nutricionais) e da natureza predominante do descarte, se residencial, empresarial ou comercial (Corsini e Jorge, 2006; Freire *et al.*, 2013; Iriani, Rodrigues *et al.*, 2019).

Os resultados das composições em ácidos graxos (%) são apresentados na Tabela 1. Os ácidos graxos mirístico, palmitoleico, margárico, vacênico, araquídico e behênico não foram encontrados nas amostras de óleos comerciais.

Tabela 1- Composições em ácidos graxos (%) para amostras de óleos comerciais e óleos residuais de fritura.

A.G.	Mirístico	Palmítico	Palmitoleico	Margárico	Estearico	Oleico	Vacênico	Linoleico	Linolênico	Araquídico	Behênico	Desc.
A1	2,35 <sup>h</sup> ±0,03	33,04 <sup>gh</sup> ±0,20	1,49 <sup>h</sup> ±0,04	0,61 <sup>g</sup> ±0,02	13,57 <sup>g</sup> ±0,13	21,77 <sup>d</sup> ±0,07	1,23 <sup>ef</sup> ±0,00	22,08 <sup>a</sup> ±0,11	2,49 <sup>a</sup> ±0,02	0,52 <sup>c</sup> ±0,01	0,36 <sup>c</sup> ±0,01	0,51 <sup>a</sup> ±0,50
A2	0,96 <sup>c</sup> ±0,01	32,73 <sup>g</sup> ±0,04	0,70 <sup>b</sup> ±0,00	0,28 <sup>b</sup> ±0,0	11,30 <sup>d</sup> ±0,10	20,42 <sup>ab</sup> ±0,01	0,89 <sup>b</sup> ±0,01	27,25 <sup>de</sup> ±0,11	3,44 <sup>de</sup> ±0,06	0,90 <sup>g</sup> ±0,01	0,73 <sup>j</sup> ±0,02	0,41 <sup>a</sup> ±0,01
A3	1,88 <sup>f</sup> ±0,02	33,96 <sup>f</sup> ±0,09	0,70 <sup>b</sup> ±0,03	0,50 <sup>de</sup> ±0,00	12,20 <sup>ef</sup> ±0,04	21,20 <sup>cd</sup> ±0,08	0,82 <sup>b</sup> ±0,01	24,70 <sup>c</sup> ±0,02	2,76 <sup>bc</sup> ±0,03	0,53 <sup>c</sup> ±0,00	0,35 <sup>c</sup> ±0,01	0,41 <sup>a</sup> ±0,01
A4	3,36 <sup>i</sup> ±0,03	33,36 <sup>h</sup> ±0,09	0,93 <sup>de</sup> ±0,01	0,60 <sup>fg</sup> ±0,01	12,72 <sup>f</sup> ±0,11	20,03 <sup>a</sup> ±0,04	0,97 <sup>bcd</sup> ±0,03	23,48 <sup>b</sup> ±0,03	2,89 <sup>c</sup> ±0,05	0,68 <sup>ef</sup> ±0,01	0,59 <sup>hi</sup> ±0,01	0,39 <sup>a</sup> ±0,00
A5	1,19 <sup>d</sup> ±0,00	31,59 <sup>f</sup> ±0,05	0,93 <sup>de</sup> ±0,02	0,43 <sup>cd</sup> ±0,00	12,15 <sup>e</sup> ±0,10	20,27 <sup>a</sup> ±0,02	0,89 <sup>b</sup> ±0,02	27,70 <sup>ef</sup> ±0,06	3,22 <sup>d</sup> ±0,02	0,72 <sup>f</sup> ±0,03	0,54 <sup>gh</sup> ±0,01	0,36 <sup>a</sup> ±0,01
A6	1,87 <sup>f</sup> ±0,03	31,04 <sup>de</sup> ±0,10	0,89 <sup>cde</sup> ±0,05	0,53 <sup>efg</sup> ±0,01	11,72 <sup>de</sup> ±0,03	21,12 <sup>bcd</sup> ±0,21	1,38 <sup>f</sup> ±0,02	26,53 <sup>d</sup> ±0,20	3,56 <sup>e</sup> ±0,12	0,55 <sup>c</sup> ±0,00	0,45 <sup>de</sup> ±0,01	0,34 <sup>a</sup> ±0,01
S1	2,20 <sup>g</sup> ±0,03	31,38 <sup>ef</sup> ±0,12	1,01 <sup>ef</sup> ±0,03	0,65 <sup>g</sup> ±0,02	14,69 <sup>h</sup> ±0,13	20,18 <sup>a</sup> ±0,15	1,17 <sup>de</sup> ±0,04	24,19 <sup>bc</sup> ±0,15	2,85 <sup>c</sup> ±0,01	0,70 <sup>ef</sup> ±0,01	0,61 <sup>e</sup> ±0,00	0,36 <sup>a</sup> ±0,01
S2	1,92 <sup>f</sup> ±0,00	31,71 <sup>f</sup> ±0,00	0,84 <sup>cd</sup> ±0,05	0,62 <sup>g</sup> ±0,05	13,90 <sup>g</sup> ±0,24	20,44 <sup>abc</sup> ±0,16	1,10 <sup>cde</sup> ±0,04	24,91 <sup>c</sup> ±0,48	2,98 <sup>c</sup> ±0,02	0,62 <sup>d</sup> ±0,01	0,48 <sup>ef</sup> ±0,02	0,47 <sup>a</sup> ±0,01
S3	0,78 <sup>b</sup> ±0,02	30,14 <sup>c</sup> ±0,04	1,30 <sup>g</sup> ±0,00	0,26 <sup>b</sup> ±0,05	9,14 <sup>c</sup> ±0,11	20,34 <sup>a</sup> ±0,01	1,14 <sup>cde</sup> ±0,01	31,13 <sup>g</sup> ±0,14	4,45 <sup>f</sup> ±0,01	0,44 <sup>b</sup> ±0,01	0,40 <sup>d</sup> ±0,02	0,47 <sup>a</sup> ±0,01
S4	1,59 <sup>e</sup> ±0,01	32,94 <sup>gh</sup> ±0,02	1,06 <sup>f</sup> ±0,05	0,57 <sup>efg</sup> ±0,03	15,27 <sup>i</sup> ±0,02	21,52 <sup>d</sup> ±0,01	0,95 <sup>bc</sup> ±0,18	22,01 <sup>a</sup> ±0,04	2,58 <sup>ab</sup> ±0,00	0,67 <sup>e</sup> ±0,01	0,53 <sup>fg</sup> ±0,00	0,30 <sup>a</sup> ±0,04
S5	1,07 <sup>cd</sup> ±0,01	30,84 <sup>d</sup> ±0,07	0,78 <sup>bc</sup> ±0,02	0,39 <sup>c</sup> ±0,01	11,25 <sup>d</sup> ±0,06	21,74 <sup>d</sup> ±0,11	1,10 <sup>cde</sup> ±0,01	28,19 <sup>f</sup> ±0,02	3,33 <sup>d</sup> ±0,03	0,62 <sup>d</sup> ±0,01	0,43 <sup>d</sup> ±0,00	0,25 <sup>a</sup> ±0,00
S6	1,17 <sup>d</sup> ±0,05	29,86 <sup>c</sup> ±0,06	0,79 <sup>bc</sup> ±0,01	0,26 <sup>b</sup> ±0,00	9,57 <sup>c</sup> ±0,13	20,31 <sup>a</sup> ±0,14	1,17 <sup>de</sup> ±0,04	31,35 <sup>g</sup> ±0,08	4,53 <sup>f</sup> ±0,04	0,40 <sup>b</sup> ±0,00	0,26 <sup>b</sup> ±0,01	0,33 <sup>a</sup> ±0,00
C1	n.d.	16,34 <sup>b</sup> ±0,25	n.d.	n.d.	4,52 <sup>b</sup> ±0,14	23,02 <sup>e</sup> ±0,04	n.d.	50,57 <sup>h</sup> ±0,20	5,54 <sup>h</sup> ±0,13	n.d.	n.d.	n.d.
C2	n.d.	13,21 <sup>a</sup> ±0,26	n.d.	n.d.	2,68 <sup>a</sup> ±0,31	28,02 <sup>f</sup> ±0,63	n.d.	50,99 <sup>h</sup> ±0,61	5,11 <sup>g</sup> ±0,03	n.d.	n.d.	n.d.

Letras iguais nas colunas indicam que não há diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey. **A.G.** corresponde a ácidos graxos, **Desc.** a compostos com cadeias desconhecidas e **n.d.** não detectado. Fonte: Autores (2021)

A Tabela 1 mostra que os óleos avaliados são predominantemente constituídos por uma mistura de ésteres derivados do glicerol (triacilgliceróis ou triglicerídios). Observa-se ainda que o óleo de soja comercial é composto majoritariamente por ácidos graxos insaturados, mais especificamente ácido linoleico (poli-insaturado) e ácido oleico (monoinsaturado). Tais resultados estiveram de acordo com os estudos reportados na literatura, os quais abordam composições de ácidos graxos para o óleo de soja comercial entre 46 e 59 % para o ácido linoleico e intervalos entre 17 e 35% para o ácido oleico (Amrutha Kala, 2012; Costa *et al.*, 2011; Manic *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2019).

Os ORF mostraram uma diminuição no percentual dos ácidos graxos insaturados, como o ácido linoleico e oleico, além do aumento no percentual do ácido graxo saturado, como o esteárico e palmítico. Enquanto as amostras C1 e C2 mostraram ausência do ácido mirístico, os ORF mostraram valores entre 0,78% e 3,36%. No que tange ao ácido esteárico, os teores obtidos variaram de 9,14% e 15,27% para ORF e 2,68% a 4,52% para o óleo de soja comercial. Tais variações podem ser resultados da liberação de ácidos graxos dos alimentos durante a fritura. Segundo Oliveira (2021), alimentos que contenham frango ou carne bovina em sua composição podem levar ao aumento do teor dos ácidos oleico, linoleico, palmítico e esteárico no óleo de fritura (Oliveira *et al.*, 2021). Além disso, as estações de coleta contêm uma mistura de óleos residuais de diferentes origens vegetais, o que justifica as disparidades verificadas (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010). Estudos mostram que os óleos vegetais provenientes do algodão refinado, girassol e palma apresentam até 48% de ácidos, diferente dos óleos de soja C1 e C2 avaliados (Corsini e Jorge, 2006).

O conhecimento das propriedades dos óleos e gorduras vegetais residuais, aliado a projetos efetivos de coleta seletiva e reciclagem dos materiais podem permitir a formação de novas matérias-primas ou melhoramento de produtos, os quais podem representar maior valor comercial. No entanto, embora este seja um tema relevante, poucos esforços ainda são despendidos na exploração da oleoquímica de reciclagem (Martins *et al.*, 2016). Além disso, a existência de práticas articuladas para a coleta, incentivo para participação efetiva da sociedade e busca por parcerias públicas e/ou privadas, que viabilizem a reciclagem do óleo vegetal, são desafios que também se destacam no cenário brasileiro. Por mais desafiante que seja o tema, iniciativas precisam ser tomadas para que a população reconheça o valor comercial e ambiental que este resíduo sólido pode representar, seja na confecção de itens para complemento de renda familiar ou nos benefícios ambientais do descarte seletivo (Centro de Gestão e Estudos

Estratégicos, 2010; SABESP, 2000). Por fim, ressalta-se que a divulgação da qualidade do óleo residual de fritura do município de Cruzeiro do Oeste é o primeiro passo para a elaboração de estratégias (Jaquinto, 2018). As propriedades verificadas para os ORF estiveram de acordo com diversos trabalhos que propõem o uso dos óleos residuais como matéria-prima alternativa. A produção biodiesel (Costa Neto *et al.*, 2000; Harabi *et al.*, 2019), aglutinante em bloco de construção ou pavimentação asfáltica (Adebayo *et al.*, 2018; Singh-Ackbarali *et al.*, 2017), sabonetes caseiros (Antonic *et al.*, 2021) e velas ecológicas (Aguiar Salzedas e Ferraro Calderaro, 2019) são alguns dos produtos com potencial para reciclagem dos óleos. Com isso, fica identificado um destino mais adequado a este resíduo agroindustrial, que muitas das vezes são descartados de maneira inadequada.

#### 4. CONCLUSÕES

As amostras de óleos provenientes de coletas seletivas no município de Cruzeiro do Oeste, Paraná, apresentaram baixos teores de umidade, ácidos graxos livres, além de pequenas variações na cor. A estabilidade oxidativa da maior parte dos óleos residuais de fritura mostraram-se semelhantes a amostra comercial C1. Em relação à composição dos ácidos graxos, os ácidos palmítico, oleico e linoleico foram predominantes. As variações obtidas para os óleos residuais, comparado as amostras comerciais, foram vinculadas a ocorrência de degradação e reações químicas, as quais reduzem a qualidade do produto para fins alimentícios. No entanto, as propriedades verificadas para este resíduo sólido mostram qualidades suficientes para que o mesmo atue como matéria-prima na elaboração de novos produtos. Certamente, estudos desta natureza abrem caminhos para novos projetos que atuem no fortalecimento do agronegócio regional e na preservação do meio ambiente.

#### Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual de Maringá - Campus de Umuarama/PR.

#### REFERÊNCIAS

Abdala, A. C. D. A., Colonelli, T. A. D. S., Trentini, C. P., Oliveira, J. V., Cardozo-Filho, L., Silva, E. A. da, e Silva, C. Da. (2014) Effect of Additives in the Reaction Medium on Noncatalytic Ester Production from Used Frying Oil with Supercritical Ethanol. *Energy & Fuels*, 28(5), 3122–3128. doi:10.1021/ef402253e

Abiove. (2021) Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. *Projeções anuais do*

*complexo soja*. Obtido de <https://abiove.org.br/estatisticas/>

Adebayo, J. O., Napiah, M., Ibrahim, K., e Raduan Kabit, M. (2018) Evaluation of Waste Cooking Oil as Sustainable Binder for Building Blocks. *E3S Web of Conferences*, 65, 05003. doi:10.1051/e3sconf/20186505003

Aguiar Salzedas, B., e Ferraro Calderaro, F. (2019) A reciclagem de óleo de fritura na fabricação de sabão e velas ecológicas como instrumentos de educação ambiental e resgate social. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2(6), 1879-1890. Obtido de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/25737>

Almeida, K. M. De, Medeiros, E. P. De, Gomes, J. P., e De, E. P. (2013) Caracterização físico-química de misturas de óleos vegetais para fins alimentares. *Revista Verde*, 8(1), 218–222.

Amrutha Kala, A. L. (2012) cis-, trans- and Saturated Fatty Acids in Selected Hydrogenated and Refined Vegetable Oils in the Indian Market. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(10), 1813–1821. doi:10.1007/s11746-012-2086-y

Antonic, B., Dordevic, D., Jancikova, S., Tremlova, B., Nejezchlebova, M., Goldová, K., e Treml, J. (2021) Reused Plant Fried Oil: A Case Study with Home-Made Soaps. *Processes*, 9(3), 529. doi:10.3390/pr9030529

Anvisa. (2005) *Resolução nº 270, de 22 de setembro de 2005*.

Brasil. CONAMA. (2011) Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. *Diário Oficial da União*, 01–08. Obtido de <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>

Cella, R. C. F., Regitano-D'Arce, M. A. B., e Spoto, M. H. F. (2002) Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(2). doi:10.1590/S0101-20612002000200002

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2010) *Química verde no Brasil: 2010 - 2030*. (Edição rev.).

Chen, C., Chitose, A., Kusadokoro, M., Nie, H., Xu, W., Yang, F., e Yang, S. (2021) Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil: An advanced bibliometric analysis. *Energy Reports*, 7, 4022–4034. doi:10.1016/j.egy.2021.06.084

Choe, E., e Min, D. B. (2009) Mechanisms of Antioxidants in the Oxidation of Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 345–358. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x

Corsini, M. D. S., e Jorge, N. (2006) Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 26(1), 27–32. doi:10.1590/S0101-20612006000100005

Costa, J., Amaral, J. S., Mafra, I., e Oliveira, M. B. P. P. (2011) Refining of Roundup Ready® soya bean oil: Effect on the fatty acid, phytosterol and tocopherol profiles. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(4), 528–535. doi:10.1002/ejlt.201000385

Costa Neto, P. R., Rossi, L. F. S., Zagonel, G. F., e Ramos, L. P. (2000) Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, 23(4), 531–537. doi:10.1590/S0100-40422000000400017

Feil, A. A., e Schreiber, D. (2017) Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. *Cadernos EBAP/BR*, 15(3),

667–681. doi:10.1590/1679-395157473

Fernandes, P. F. D. J. C. B. (2017) Como estimar a acidez de óleo de soja usado no comércio? Relação entre acidez e absorção de radiação eletromagnética. *69ª Reunião Anual da SBPC - UFMG - Belo Horizonte/MG*, 2–4.

Fernando, W. (2018) Óleo de cozinha como agente poluente do meio ambiente: Uma avaliação dos seus impactos por meio dos moradores de Paulista-PE. *Revista Vivências em Ensino de Ciências*, 2(1987), 220–228.

Freire, P. C. M., Mancini-Filho, J., e Ferreira, T. A. P. de C. (2013) Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: Regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de Nutricao*, 26(3), 353–358. doi:10.1590/S1415-52732013000300010

Gim, S. Y., Hong, S., Kim, J., Kwon, Y., Kim, M.-J., Kim, G., e Lee, J. (2017) Enhancing oxidative stability in heated oils using core/shell structures of collagen and  $\alpha$ -tocopherol complex. *Food Chemistry*, 235, 160–166. doi:10.1016/j.foodchem.2017.05.057

Gonçalves, R. P., Zanetti, V. C., Feltes, M. M. C., e Gonzalez, S. L. (2021) Comportamento do óleo de soja durante estresse térmico / Soybean oil behavior during thermal stress. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 38867–38882. doi:10.34117/bjdv7n4-377

Harabi, M., Neji, S., Marrakchi, F., Chrysikou, L., Bezergianni, S., e Bouaziz, M. (2019) Biodiesel and Crude Glycerol from Waste Frying Oil: Production, Characterization and Evaluation of Biodiesel Oxidative Stability with Diesel Blends. *Sustainability*, 11(7), 1937. doi:10.3390/su11071937

Iaquinto, B. O. (2018) A sustentabilidade e suas dimensões. *Revista da ESMESC*, 25(31), 157–178. doi:10.14295/revistadaesmesc.v25i31.p157

Iriani, Rodrigues, M., Lozada, Maria Isabel, O., Oliveira, L. de L. de, e Amaro, G. B. (2019) Estabilidade oxidativa de óleos de sementes de cucurbitáceas. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - 185 - EMBRAPA*.

Kaijser, A. (2000) Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*, 71(1), 67–70. doi:10.1016/S0308-8146(00)00132-1

Kunkel, P. T. R. N. (2010) Quantificação do óleo residual de fritura gerado no município de Santa Maria - RS. *Ciências Naturais e Tecnológicas*, 50–63.

Li, H. L., e Yu, P. H. (2015) Conversion of waste cooking oils into environmentally friendly biodiesel. *SpringerPlus*, 4(S2), P7. doi:10.1186/2193-1801-4-S2-P7

Manic, M. S., Najdanovic-Visak, V., da Ponte, M. N., e Visak, Z. P. (2011) Extraction of free fatty acids from soybean oil using ionic liquids or poly(ethyleneglycol)s. *AIChE Journal*, 57(5), 1344–1355. doi:10.1002/aic.12349

Martins, A. B., Lopes, C. V., e Avelino, M. C. G. S. (2016) Reciclagem de óleos residuais de fritura: Rotas para a reutilização. *Revista Conexão Eletrônica*, 13(1), 2–9.

Mehta, U., e Swinburn, B. (2001) A Review of Factors Affecting Fat Absorption in Hot Chips. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(2), 133–154. doi:10.1080/20014091091788

Ministério do Meio Ambiente. (2012) Plano Nacional de Resíduos Sólidos. *Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS*, 103.

Nascimento, Marcelo Rodrigues; Nóbrega, Vitória de Oliveira; de Souza, A. O. (2018) Purificação e caracterização de óleos residuais de frituras domésticas visando reaproveitamento. *Conadis*.

Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet, P. T. (2008) Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de Alimentos*, (1ª Edição Digital), 1020.

Oliveira, D. C. da S., Sousa, G. C. M., e Cavalcanti, L. A. P. (2021) Estudo da melhoria de propriedades de escoamento a frio e estabilidade oxidativa do biodiesel a partir da mistura de óleo vegetal e gordura animal. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 63226–63240. doi:10.34117/bjdv7n6-616

Passos, B. N., e Castro, R. C. de. (2015) Estudo de caso: Implantação da coleta de óleo de cozinha usado em unidades básicas de saúde/ ESF do sistrito do Capão Redondo, Zona Sul, São Paulo. *Revista acadêmica Oswaldo Cruz, Edição 06*.

Pinto, Ellen Porto Borges, Caroline Dellinghausen Teixeira, Andréa Miranda Zambiasi, R. C. (2003) Características da batata frita em óleos com diferentes graus de insaturação. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 21(2). doi:10.5380/cep.v21i2.1166

Rangel, N. V. P., da Silva, L. P., Pinheiro, V. S., Figueredo, I. M., Campos, O. S., Costa, S. N., Luna, F. M. T., Cavalcante Jr., C. L., Marinho, E. S., de Lima-Neto, P., e Rios, M. A. S. (2021) Effect of additives on the oxidative stability and corrosivity of biodiesel samples derived from babassu oil and residual frying oil: An experimental and theoretical assessment. *Fuel*, 289, 119939. doi:10.1016/j.fuel.2020.119939

Rios, H. C. S., Pereira, I. R. O., e Abreu, E. S. de. (2013) Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. *Ciência & Saúde*, 6(2), 118. doi:10.15448/1983-652X.2013.2.13143

Roy, T., Ágarwal, A. K., e Sharma, Y. C. (2021) A cleaner route of biodiesel production from waste frying oil using novel potassium tin oxide catalyst: A smart liquid-waste management. *Waste Management*, 135, 243–255. doi:10.1016/j.wasman.2021.08.046

SABESP. (2000) Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura da Sabesp. (p. 16). Obtido de [http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/programa\\_reciclagem\\_oleo\\_completo.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf)

Santos Júnior, O. O., Montanher, P. F., Bonafé, E. G., Prado, I. N. do, Maruyama, S. A., Matsushita, M., e Visentainer, J. V. (2014) A Simple, Fast and Efficient Method for Transesterification of Fatty Acids in Foods Assisted by Ultrasound Energy. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25(9), 1712–1719. doi:10.5935/0103-5053.20140166

Senanayake, N. (2018) Enhancing oxidative stability and shelf life of frying oils with antioxidants. *INFORM International News on Fats, Oils, and Related Materials*, 29(8), 6–13. doi:10.21748/inform.09.2018.06

Singh-Ackbarali, D., Maharaj, R., Mohamed, N., e Ramjattan-Harry, V. (2017) Potential of used frying oil in paving material: solution to environmental pollution problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(13), 12220–12226. doi:10.1007/s11356-017-8793-z

Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M., e Eskin, N. A. M. (1984) Quality control in the use of deep frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 61(6), 1102–1108. doi:10.1007/BF02636232

Wan Azahar, W. N. A., Bujang, M., Jaya, R. P., Hainin, M. R., Mohamed, A., Ngad, N., e Jayanti, D. S. (2016) The potential of waste cooking oil as bio-asphalt for alternative binder – An overview. *Jurnal Teknologi*, 78(4), 111–116. doi:10.11113/jt.v78.8007

Yang, A., Qi, M., Wang, X., Wang, S., Sun, L., Qi, D., Zhu, L., Duan, Y., Gao, X., Ali Rajput, S., e Zhang, N. (2019) Refined cottonseed oil as a replacement for soybean oil in broiler diet. *Food Science & Nutrition*, 7(3), 1027–1034. doi:10.1002/fsn3.933

Yusuff, A. S., Bhonsle, A. K., Bangwal, D. P., e Atray, N. (2021) Development of a barium-modified zeolite catalyst for biodiesel production from waste frying oil: Process optimization by design of experiment. *Renewable Energy*, 177, 1253–1264. doi:10.1016/j.renene.2021.06.039

Zahoor, M., Nizamuddin, S., Madapusi, S., e Giustozzi, F. (2021) Sustainable asphalt rejuvenation using waste cooking oil: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123304. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123304