



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ISADORA GUILHERME BRANCO

**LEVANTAMENTO DE DADOS RELACIONADOS AO  
VOLUME DE ÓLEO DE FRITURA GERADO EM LONDRINA  
E AVALIAÇÃO PARA USO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

ISADORA GUILHERME BRANCO

**LEVANTAMENTO DE DADOS RELACIONADOS AO  
VOLUME DE ÓLEO DE FRITURA GERADO EM LONDRINA  
E AVALIAÇÃO PARA USO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós Graduação em Bioenergia, com área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção de título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Carmen Luisa Barbosa Guedes.

Londrina  
2018

### **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

B816 Branco, Isadora Guilherme.  
Levantamento de dados relacionados ao volume de óleo de fritura gerado em Londrina e avaliação do potencial para uso na produção de biodiesel / Isadora Guilherme Branco. - Londrina, 2018.  
68 f.: il.

Orientador: Carmen Luisa Barbosa Guedes.  
Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2018.  
Inclui bibliografia.

1. Biocombustíveis - Teses. 2. Óleo vegetal - Resíduos - Teses. 3. Resíduos como combustível - Teses. I. Guedes, Carmen Luisa Barbosa. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. III. Título.

CDU 620.97

ISADORA GUILHERME BRANCO

**LEVANTAMENTO DE DADOS RELACIONADOS AO VOLUME DE  
ÓLEO DE FRITURA GERADO EM LONDRINA E AVALIAÇÃO PARA  
USO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós Graduação em Bioenergia, com área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção de título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carmen Luisa Barbosa  
Guedes  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Milena Martins Andrade  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

---

Prof. Dr. João Carlos Alves  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 04 de maio de 2018.

Dedico este trabalho à todos que torceram pela conclusão de mais essa etapa da minha vida acadêmica e me deram suporte para que ela transcorresse da melhor maneira possível.

## AGRADECIMENTOS

As poucas palavras que deixarei nos agradecimentos, certamente não serão suficientes para alcançar todas as pessoas que fizeram parte dessa longa caminhada percorrida durante esta fase tão importante da minha vida. Aqueles que não estiverem entre essas poucas palavras, peço desculpas, mas saibam que fizeram parte desse grande momento, estão em minhas lembranças e possuem toda a minha gratidão.

Como não poderia ser diferente, começo agradecendo aos meus amados pais: Ciro Cesar Zanini Branco e Ivanise Guilherme Branco. Pais estes que estiveram ao meu lado durante essa trajetória, que dividiram todo esse período de pós graduação em cada ligação no final de tarde, em cada conversa amiga e em cada incentivo nos momentos de fraqueza. Eles nunca deixaram de acreditar em mim, me deram todo o suporte emocional e financeiro e, por vezes, técnico; sou imensamente grata à vocês por todo amor, carinho e companheirismo desprendido nessa jornada. Vocês são meus grandes exemplos de profissionais dentro da academia e tenho orgulho de dizer que sou filha de vocês.

À minha irmã, Maria Júlia Guilherme Branco, que sempre foi uma grande companheira, me dando todo o amparo e suporte da sua forma e, certamente, estava sempre na torcida para que tudo transcorresse como o planejado. O objetivo em ser exemplo para a caçula sempre foi um grande incentivo pessoal.

Ao meu avô, Walter Vicente Branco (*in memoriam*): apesar da dor em função da ausência física, existe a certeza de que ele sempre esteve e está ao meu lado em todos os momentos e torceu (da sua forma) para que o desfecho da pós graduação ocorresse da melhor maneira possível.

Às minhas queridas avós, Maria José Zanini Branco e Lurdes Nair Rizzo Guilherme e ao meu avô Evan Guilherme, por todo afago dado nos momentos de tensão, as orações realizadas durante momentos decisivos, às velas acesas e toda a boa energia depositada durante o percurso.

Aos meus tios e tias, que sempre estiveram por perto, proporcionado um “brainstorming” de ideias nos almoços de domingo ou em ligações despreziosas, para que novos horizontes pudessem ser enxergados.

Aos meus queridos primos, em especial ao Glauco Guilherme Simili e Pedro Guilherme Antico que me escutaram, por vezes, em mesas de bares, almoços e jantares

e tentavam, de alguma forma, transformar minhas angústias e confusões em ideias e soluções.

À minha orientadora Carmen Luisa Barbosa Guedes, meus mais sinceros agradecimentos. Ela que acreditou no meu potencial e compartilhou seu vasto conhecimento técnico com muita paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento desse trabalho. Obrigada pela grande disposição em ensinar (independente do horário e dia da semana) e pelas conversas que foram de grande valia durante esse período.

Às minhas professoras de vida e academia: Lisandra Ferreira de Lima e Tatiane Cristina Dal Bosco. Elas que iniciaram minha admiração pelo “ser professora” durante minha graduação, me mostraram a beleza de estar do “outro lado da sala” e sempre foram/são/serão minhas grandes referências profissionais.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Bioenergia, pelos conhecimentos transmitidos ao longo das disciplinas; à Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de ser discente dessa grande instituição; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

E, por fim, o agradecimento mais importante: à Deus, por ter colocado em minha vida todas as pessoas acima mencionadas, que me deram todo o amparo para que pós-graduação transcorresse da melhor maneira possível.

*“Todos os seus sonhos podem se tornar realidade se  
você tiver coragem para persegui-los”*

Walt Disney

BRANCO, Isadora Guilherme. **Levantamento de dados relacionados ao volume de óleo de fritura gerado em Londrina e avaliação do potencial para uso na produção de biodiesel**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

Óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos das plantas na atualidade. Aproximadamente dois terços do volume total produzido nas refinarias são utilizados para a cocção de alimentos, tornando-os parte ativa da dieta humana. Metade do volume de óleo vegetal utilizado para a fritura por imersão de alimentos é convertido em óleo residual de fritura e, se descartado de forma inadequada, acarreta graves danos ambientais. O objetivo do presente trabalho foi realizar o levantamento de dados junto aos moradores da área urbana da cidade e calcular o volume mensal de óleo residual de fritura gerado pelos estabelecimentos comerciais, industriais e pela população londrinense; assim como, estimar o percentual relativo e do resíduo gerado em cada zona urbana da cidade. A coleta de dados sobre o volume de óleo de fritura gerado pelos empreendimentos comerciais e industriais foi feita a partir da consulta aos 128 Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) devidamente cadastrados e aprovados na Secretaria do Meio Ambiente de Londrina (SEMA/Londrina). No restaurante universitário (RU) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) a coleta de dados foi realizada a partir de uma entrevista com a nutricionista responsável pela manutenção e gestão do estabelecimento. O levantamento do volume de óleo residual de fritura gerado pela população londrinense foi realizado a partir de entrevista às 533 residências distribuídas ao longo dos cinco zoneamentos da cidade. Contabilizou-se um volume mensal de 13.900 L de óleo residual de fritura gerado pelos estabelecimentos comerciais da cidade; 300 L pelo restaurante universitário da Universidade Estadual de Londrina e 360 L pela população londrinense entrevistada nos cinco zoneamentos. Verificouse um volume total de 323.788 L/mês de óleo residual de fritura gerado na cidade de Londrina. Com o estudo foi identificado que a principal zona urbana de Londrina que contribui para a geração de óleo residual de fritura é a zona norte (29%) e a que menos contribui é a zona central (16%). Verificou-se diferenças de perfil socioeconômico entre as populações dos diferentes zoneamentos da cidade e constatou-se que a geração de resíduo por residência entrevistada na zona norte é de 0,71 L/mês, enquanto na zona central esse volume equivale a 0,61 L/mês. Pôde-se concluir que a população com menor poder aquisitivo é aquela que mais consome óleo vegetal para cocção por imersão de alimentos e, conseqüentemente, é a maior geradora de óleo residual de fritura. Sabendo que a demanda nacional anual de óleo residual de fritura para a produção de biodiesel é de 0,04 bilhões de litros e que Londrina gera 323.788 L/mês pela sua população, o volume seria suficiente para atender 10% da demanda nacional atual de óleo residual de fritura na matriz energética para a produção de biodiesel.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis. Legislação ambiental. Óleo vegetal. Pequeno gerador. Grande gerador.

B RANCO, Isadora Guilherme. **Data survey related to fry oil volume generated in Londrina and evaluation for the use in biodiesel production.** 2018. 68 p. Dissertation (Master's Degree in Bioenergy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

### ABSCTRACT

Vegetable oils represent one of the main products extracted from plants today. Approximately two-thirds of the total volume produced at refineries is used for cooking food, making them an active part of the human diet. Half the volume of vegetable oil used for frying by immersing food is converted into frying residual oil and, if discarded improperly, causes severe environmental damage. The objective of the present study was to collect data from the residents of the urban area of the city and to calculate the monthly volume of residual frying oil generated by commercial, industrial and Londrina residents; as well as estimating the relative and per capita percentage of the waste generated in each urban area of the city. The collection of data on the volume of frying oil generated by the commercial and industrial enterprises was made after consulting the 128 Solid Waste Management Plans (PGRS) duly registered and approved by the Secretariat of the Environment of Londrina (SEMA/Londrina). In the university restaurant (RU) of the State University of Londrina (UEL) the data collection was done from an interview with the nutritionist responsible for the maintenance and management of the establishment. The survey of the volume of residual frying oil generated by the Londrina population was carried out from the interview with the 533 residences distributed throughout the five zoning of the city. A monthly volume of 13.900 liters of residual frying oil generated by the commercial establishments of the city was recorded; 300 L by the university restaurant of the State University of Londrina and 360 L by the London population interviewed in the five zonings. There was a total volume of 323,788 liters of residual waste in the city of Londrina. It was found that the main urban area of Londrina that contributes to the generation of residual frying oil is the northern zone (29%) and the one that contributes the least is the central zone (16%). It can be concluded that the population with the lowest purchasing power is the one that consumes the most vegetable oil for cooking by immersion of food and, consequently, is the largest generator of residual frying oil. Knowing that the annual national demand for frying residual oil for biodiesel production is 0.04 billion liters and that Londrina generates 323,788 liters/month by its population, the volume would be sufficient to meet 10% of the current national demand for oil of frying in the energy matrix for the production of biodiesel.

**Keywords:** Biofuels. Environmental legislation. Vegetable oil. Small generator. Great generator.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                  |                                                                                                                                                                      |    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b>  | – Descarte correto do óleo residual de fritura .....                                                                                                                 | 24 |
| <b>Figura 2</b>  | – Alcoólise de óleos vegetais .....                                                                                                                                  | 26 |
| <b>Figura 3</b>  | – Mecanismo de transesterificação alcalina de óleos vegetais.....                                                                                                    | 27 |
| <b>Figura 4</b>  | – Mecanismo de transesterificação ácida de óleos vegetais.....                                                                                                       | 28 |
| <b>Figura 5</b>  | – Mecanismo de esterificação de ácidos graxos.....                                                                                                                   | 28 |
| <b>Figura 6</b>  | – Fontes de biomassa .....                                                                                                                                           | 30 |
| <b>Figura 7</b>  | – Possíveis cenários para a matriz energética de biodiesel até o ano de<br>2030.....                                                                                 | 31 |
| <b>Figura 8</b>  | – Matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil .....                                                                                            | 32 |
| <b>Figura 9</b>  | – Localização da cidade de Londrina.....                                                                                                                             | 34 |
| <b>Figura 10</b> | – Distribuição espacial das empresas com PGRS cadastrados e aprovados<br>na cidade de Londrina .....                                                                 | 35 |
| <b>Figura 11</b> | – Exemplo do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)<br>cadastrado e aprovado junto à Secretaria do Meio Ambiente da cidade<br>de Londrina .....           | 36 |
| <b>Figura 12</b> | – Densidade demográfica dos zoneamentos da cidade de Londrina.....                                                                                                   | 38 |
| <b>Figura 13</b> | – Questionário aplicado nas unidades residenciais da cidade de Londrina.....                                                                                         | 39 |
| <b>Figura 14</b> | – Volume de óleo residual de fritura gerado por ramo de atividade dos<br>estabelecimentos cadastrados e aprovados na Secretaria do Meio<br>Ambiente de Londrina..... | 41 |
| <b>Figura 15</b> | – Local de acondicionamento do óleo vegetal a ser utilizado em cocções<br>posteriores: fritadeiras industriais de 10 L com 2 cestos .....                            | 42 |
| <b>Figura 16</b> | – Local de acondicionamento do óleo residual de fritura a ser descartado:<br>tambores de 100 L.....                                                                  | 42 |
| <b>Figura 17</b> | – Volume de óleo residual de fritura gerado mensalmente por área de<br>zoneamento de Londrina .....                                                                  | 44 |
| <b>Figura 18</b> | – Síntese de variáveis sociais, econômicas e ambientais .....                                                                                                        | 46 |
| <b>Figura 19</b> | – Frequência que é realizada a fritura por imersão nas residências de<br>Londrina .....                                                                              | 47 |
| <b>Figura 20</b> | – Zoneamentos de Londrina e renda familiar.....                                                                                                                      | 49 |
| <b>Figura 21</b> | – Formas de descarte do óleo residual de fritura nos zoneamentos de<br>Londrina e volume descartado do resíduo (L/mês).....                                          | 49 |

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 22</b> – Representatividade (%) dos diferentes locais onde é realizado o descarte do óleo de fritura pela população londrinense ..... | 51 |
| <b>Figura 23</b> – Quantidade de vezes que é utilizado e/ou reutilizado o óleo de soja (L/mês) .....                                            | 52 |
| <b>Figura 24</b> – Volume de óleo residual de fritura descartado em função do uso de óleo vegetal .....                                         | 53 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> – Composição química de ácidos graxos em diversos tipos de óleos vegetais (%).....                                                                                                   | 22 |
| <b>Tabela 2</b> – Rotas para a produção, tipo de álcool, óleo e a conversão em ésteres etílicos/metílicos .....                                                                                      | 29 |
| <b>Tabela 3</b> – Estabelecimentos geradores de óleo residual de fritura na cidade de Londrina .....                                                                                                 | 40 |
| <b>Tabela 4</b> – Relação entre o zoneamento de Londrina e o volume de óleo residual de fritura gerado mensalmente.....                                                                              | 44 |
| <b>Tabela 5</b> – Prevalência alimentar e consumo alimentar médio per capita, por classes de rendimento total e variação patrimonial familiar per capita, segundo os alimentos .....                 | 45 |
| <b>Tabela 6</b> – Frequência que é realizada a fritura por imersão nas residências nos diferentes zoneamentos de Londrina.....                                                                       | 47 |
| <b>Tabela 7</b> Possíveis formas de descarte do óleo de fritura realizado pela população londrinense (L/mês) .....                                                                                   | 50 |
| <b>Tabela 8</b> – Utilização e reutilização do óleo residual de fritura e volume descartado (L/mês).....                                                                                             | 52 |
| <b>Tabela 9</b> – Projeção do volume total de óleo residual de fritura a ser coletado no cidade de Londrina de acordo com as características de cada zoneamento e a sua densidade populacional ..... | 54 |

## SUMÁRIO

|            |                                                                                                                                       |           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                               | <b>13</b> |
| <b>1.1</b> | <b>LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA</b> .....                                                                                          | <b>15</b> |
| <b>1.2</b> | <b>LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....                                                                                | <b>17</b> |
| <b>1.3</b> | <b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....                                                                                                         | <b>19</b> |
| <b>1.4</b> | <b>ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA</b> .....                                                                                                 | <b>21</b> |
| <b>1.5</b> | <b>RECICLAGEM DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA</b> .....                                                                                   | <b>24</b> |
| <b>1.6</b> | <b>TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL</b> .....                                                                                  | <b>26</b> |
| <b>1.7</b> | <b>MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL</b> .....                                                                                               | <b>30</b> |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVOS</b> .....                                                                                                                | <b>33</b> |
| <b>2.1</b> | <b>OBJETIVO GERAL</b> .....                                                                                                           | <b>33</b> |
| <b>2.2</b> | <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....                                                                                                    | <b>33</b> |
| <b>3</b>   | <b>METODOLOGIA</b> .....                                                                                                              | <b>34</b> |
| <b>3.1</b> | <b>VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA DESCARTADO PELOS<br/>EMPREENHIMENTOS DE LONDRINA</b> .....                                      | <b>35</b> |
| <b>3.2</b> | <b>VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO NO RESTAURANTE<br/>UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA</b> .....          | <b>36</b> |
| <b>3.3</b> | <b>QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA<br/>DESCARTADO NAS UNIDADES FAMILIARES DA CIDADE</b> .....                     | <b>37</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                                                                                                   | <b>40</b> |
| <b>4.1</b> | <b>ESTIMATIVA DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO PELOS<br/>EMPREENHIMENTOS LONDRINENSES</b> .....                                     | <b>40</b> |
| <b>4.2</b> | <b>QUANTIFICAÇÃO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO PELO<br/>RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA</b> ..... | <b>41</b> |
| <b>4.3</b> | <b>ESTIMATIVA E PROJEÇÃO DO VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA<br/>GERADO NAS UNIDADES FAMILIARES DA CIDADE DE LONDRINA</b> .....     | <b>43</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                                                                                                     | <b>55</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                                                                                               | <b>56</b> |
|            | <b>APÊNDICE</b> .....                                                                                                                 | <b>62</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XX a percepção da sociedade em relação aos impactos ambientais resultantes dos processos industriais aumentaram e a reflexão sobre a influência da sociedade sobre a crise ambiental veio à tona. Pôde-se observar uma intensificação do número de pesquisas acadêmicas e políticas ambientais que surgiram como objetivo de procurar alternativas que preservem o meio ambiente (VAN BELLEN, 2004; POSPISCHEK et al., 2014).

Óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos das plantas na atualidade. A obtenção do óleo vegetal bruto é realizada a partir de métodos físico-químicos onde, com o auxílio de um solvente extrator e prensagem da semente, obtém-se o produto desejado: o óleo vegetal bruto (REDA e CARNEIRO, 2007).

Após sua extração, o óleo vegetal bruto contém impurezas prejudiciais à sua qualidade e estabilidade sendo necessário remover as impurezas a partir do processo de refino do óleo vegetal tornando o produto gerado apto para o consumo humano.

Os óleos vegetais são importantes fontes de vitaminas lipossolúveis e fornecem ao organismo ácidos graxos essenciais que, posteriormente, são utilizados pelo corpo humano para a formação de hormônios esteróides (REDA e CARNEIRO, 2007; SANIBAL e MANCINI FILHO, 2009).

Entretanto, a ingestão de determinados tipos de gorduras pode tornar-se perigosa pois, após serem aquecidos, os óleos vegetais e gorduras sofrem reações químicas indesejáveis como a hidrólise, oxidação e polimerização dos ácidos graxos e outros compostos, tornando necessário o descarte adequado desse resíduo (REDA e CARNEIRO, 2007).

A utilização de óleo vegetal para a cocção por imersão de alimentos é uma prática muito difundida em diversas culturas. Estimativas apontam que cada pessoa utiliza, em média, 20 L de óleo vegetal para realizar a fritura por imersão de alimentos a cada ano. Do montante utilizado, metade é convertido em resíduo que, quando descartado de maneira inadequada, ocasionam graves problemas ambientais (ECÓLEO, 2012).

Do volume total de resíduo descartado mensalmente no Brasil, mais de 200 milhões de litros tem como destino final os rios e lagos. O descarte irregular deste material resulta em grandes impactos ambientais, como por exemplo a contaminação do lençol

freático, colocando em risco a vida aquática e comprometendo o meio ambiente de hoje e do futuro (ECÓLEO, 2012).

Sabendo que ainda não foi desenvolvida uma forma eficaz e não poluidora para o descarte do óleo residual de fritura, considera-se como descarte satisfatória para o resíduo sua coleta e reciclagem. Essa ação é considerada, atualmente, a forma mais eficiente para diminuir os danos ambientais e sociais causados pela prática do descarte inadequado deste resíduo e tem como objetivo a reinserção do material em outra cadeia produtiva (MOURA et al., 2015).

Quando reutilizado em outro processo produtivo, o óleo de fritura usado retorna à produção como matéria prima, afasta os riscos relacionados a degradação do meio ambiente e os possíveis custos socioeconômicos relacionados a pratica indevida do seu descarte; além de cumprir o papel ambiental, são poupados gastos desnecessários de recursos naturais, humanos, financeiros e econômico que seria utilizado para a produção de uma nova matéria prima (PITTA JUNIOR et al., 2009; SOUZA et al., 2013).

Segundo Pitta Junior et al (2009), as principais formas de reutilizar o óleo de fritura usado são: produção de glicerina para industrias de cosmético e farmacêutica, padronização para a composição de tintas, produção de massa de vidraceiro, produção de farinha básica para ração animal, geração de energia elétrica através da sua queima em caldeiras e, por fim, a opção tecnológica que vem apresentando um grande investimento no país, que é a produção de biodiesel a partir da matéria prima citada, tendo a glicerina como subproduto do processo produtivo.

Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, podendo ser produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais. Substitui parcial ou totalmente o óleo diesel em motores automotivos ou estacionários, podendo ser utilizado puro ou misturado ao óleo diesel em diversas proporções. Atualmente a mistura do biodiesel ao óleo diesel é de 10%, sendo denominado de B10 e a meta nacional é substituir integralmente o óleo diesel pelo biodiesel, o B100 (GONZALEZ et al., 2008).

Sabendo que nos próximos anos a produção de biodiesel irá dobrar sua demanda até 2030 (de 3,8 bilhões de litros/ano passará a necessitar de 7,7 bilhões de litros/ano), torna-se necessário identificar matérias primas alternativas para compor a produção do biocombustível (EPE, 2016).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral obter dados acerca do volume de óleo residual gerado a partir da cocção por imersão de alimentos, a qual é realizada em estabelecimentos comerciais, industriais e residenciais localizados na

cidade de Londrina buscando identificar o volume disponível do resíduo e sua viabilidade na matriz energética do biocombustível em âmbito nacional.

### **1.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA**

O direito ambiental é o resultado de um conjunto de princípios e regras atribuídos pelo Poder Público, competente e regulamentador, que busca controlar as atividades e conscientizar as atividades relacionadas com o uso dos recursos naturais, visando promover e proteger os bens culturais buscando defender o patrimônio ambiental do presente, visando a sua manutenção para o futuro (ALVEZ et al., 2008).

A legislação ambiental é a principal fonte do direito ambiental, sendo parte da organização jurídica aplicada à matéria (meio ambiente) e consiste em discriminar normas disciplinadoras voltada à vertente ambiental a partir de leis complementares ou ordinárias (BORGES et al., 2009).

Conforme explica Borges et al (2009), as leis dirigem-se, sem exceção, a todos os membros da coletividade. São normativas obrigatórias, pois visa ordenar ações, sem que ninguém subtraia seu tom imperativo, o seu campo de ação e seu poder coativo.

Dentro da hierarquia das normas jurídicas, a legislação mais importante é a Constituição Federal, onde estão dispostos todos os princípios que presidem a organização do Estado. Em seguida encontram-se as Leis Complementares, que abordam assuntos específicos da Constituição Federal (CF) e/ou do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias (ADCT) e que por ela foram previstas, complementando a Carta Magna (WINTHER, 2001).

Em seguida encontram-se as Leis Ordinárias. Elas podem criar obrigações para os participantes e/ou poder público, sendo sempre norteado pelo princípio contido no artigo 5º/inciso II da Constituição Federal, que diz: “ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer, alguma coisa, senão em virtude da lei”.

Para que ocorra a regulamentação e aplicação de leis, existem os Decretos. Entretanto, o Decreto a ser elaborado não pode exceder o que foi definido e delimitado pelas leis que se referem ao objeto, criando comandos normativos genéricos e obrigatórios sendo para a administração pública ou particular e nenhuma nova obrigação poderá ser instituída a partir deste documento (WINTHER, 2001).

Na continuidade da hierarquia estão as Resoluções onde o escopo deve ser similar ao dos Decretos, referindo-se aos parâmetros e índices necessários. Se foi previsto

Poder Normativo ao órgão que venha a promulga-las, as Resoluções terão força de lei, como é o caso das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) que foi instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente. As Resoluções emitidas pelo CONAMA definem as atividades que dependerão da elaboração de impacto ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) pelas empresas consideradas efetivas e potencialmente poluidoras, bem como aquelas que são capazes de causar degradação ambiental (KROMBAUER et al., 2010).

E por último na hierarquia legislativa encontram-se as portarias, que chegam até o universo interno da administração pública, ordenando-o. Winther (2001) nos mostra que, elas podem ser utilizadas como referência pelos particulares quando seu conteúdo alcançar o interesse da coletividade.

Em 1981 foi promulgada a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6938) e, em seguida, foi implementada a Lei da Ação Civil Pública (Lei nº 7347). Juntas, elas impulsionaram a produção da Constituição Federal de 1988 que está vigente até a atualidade (AGNES et al., 2009).

A Política Nacional do Meio Ambiente tem, por objetivo, a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental proporcionada à vida, visando respaldar ao país as condições do desenvolvimento socioeconômico, interesses da segurança nacional e proteção da dignidade da vida humana. Nesse momento, o legislador passou a tratar a matéria (meio ambiente) como um sistema integrado, tendo que organizar sua proteção e defesa, definir padrões, conceitos e demais previsões (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010).

A partir da Política Nacional do Meio Ambiente também foi criado o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que é composto pelos órgãos ambientais da União, dos Estados e Municípios, sendo eles encarregados de emitir regulamentos sobre as questões ambientais e aplicar legislações regionais sobre o objeto. Essa perspectiva faz com que exista uma enorme quantidade de normas ambientais regulando diversos assuntos em diferentes esferas (BORGES et al., 2009).

Dentro da Constituição Federal de 1988, o principal artigo que faz menção ao meio ambiente é o 225, onde temos o seguinte apontamento: “todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para o presente e para futuras gerações” (KROMBAUER et al., 2010).

Desde então, a vertente ambiental começou a ter seu foco aprimorado em várias legislações posteriores e até mesmo dar início a novas, como por exemplo a aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente, onde teve início uma nova fase na legislação ambiental brasileira (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010).

Mundialmente a legislação brasileira é considerada uma normativa moderna já que relaciona princípios previstos em acordos internacionais multilaterais e declarações sobre o meio ambiente. Além disso, a Constituição Federal proporciona mecanismos fundamentais para conciliar o uso da propriedade privada com o desenvolvimento de atividades econômicas atrelado à preservação do meio ambiente como um dos princípios norteadores das atividades econômicas (KROMBAUER et al., 2010).

Porém, embora moderna e abrangente, a legislação ambiental nacional, isoladamente, não é suficiente para a melhoria da qualidade ambiental no país, o que revela a discrepância entre a lei, a aplicação do direito e a necessidade de estudos técnicos-científicos sobre o tema (KROMBAUER et al., 2010).

Por fim, para aqueles que infringirem contra o meio ambiente e as legislações vigentes sobre a matéria serão enquadrados a partir da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9605/1998). A referida legislação estabelece normativas e punições considerando o infrator (pessoa física e/ou jurídica) responsável pelas ações da empresa. Se a empresa e/ou o(s) responsável(s) pelas ações omitirem informações ambientais ou apresentarem indícios que as suas informações estão fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente, esses estarão cometendo um ato criminoso e serão punidos pelo incidente (KROMBAUER et al., 2010).

## **1.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Franco (2000) nos mostra que, a Política Nacional de Resíduos Sólidos provém de uma tendência mundial, iniciada na Alemanha, que aconselha a economia dos recursos naturais não renováveis e o reaproveitamento máximo dos bens já produzidos e exige das prefeituras municipais um esforço significativo na direção de planejar seus sistemas de administração de resíduos.

Em função da demanda nacional sobre normas relativas à prevenção da geração, minimização do volume, acondicionamento, coleta, reciclagem, transporte, tratamento, reaproveitamento e disposição final dos resíduos, surgiu o Projeto de Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (MILARÉ, 2013).

A Lei Federal 2.312 foi criada em 1954 e, no artigo 12, discorria sobre as normativas gerais de defesa e proteção à saúde. No mesmo artigo a legislação estabelecia que “a coleta, o transporte e o destino final do lixo deverão processar-se em condições que não tragam inconvenientes à saúde e ao bem estar público”. Porém, essa regulamentação foi baixada após sete anos (1961) e implementada como Decreto 49.975-A (Código Nacional de Saúde) (MACHADO, 2015).

Posteriormente, o Decreto 49.974-A (Código Nacional de Saúde) foi complementado pela Portaria do Ministério do Interior (nº 53) que, por sua vez, discorria sobre os problemas gerados a partir da disposição dos resíduos sólidos e estabelecia normas gerais para o território nacional, ressaltando a necessidade de projetos a serem aprovados como formas de gestão, tratamento e disposição dos resíduos sólidos e também sobre a fiscalização a ser realizada pelos órgãos estaduais de controle e poluição do material descartado (MACHADO, 2015).

A partir da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS ficou definido que o Distrito Federal e os Municípios são os órgãos responsáveis pela gestão de limpeza urbana, devendo praticar a titularidade dos serviços de forma direta ou indireta, podendo estabelecer taxas para o custeio desses serviços (MILARÉ, 2013).

A Lei 12.305 de 2010, denominada de Política Nacional de Resíduos Sólidos, propõe a segregação na fonte dos resíduos pela condição de orgânico ou inorgânico e seu devido acondicionamento de forma segura. Também enfatiza o cumprimento das regras estabelecidas para a disposição dos resíduos perigosos pelo usuário domiciliar.

Com relação as punições, fica estabelecido que os infratores estão sujeitos às penalidades previstas na Legislação Federal, Estadual, Distrital e Municipal e que a pratica de gerenciamento de resíduos sólidos e/ou dar-lhes descarte final de forma adversa à estabelecida em lei ou sem autorização/registro/licença legal exigida, provocará pena de prisão de 1 (um) à 4 (quatro) anos e multa, podendo ser agravada em 1/3 (um terço) se a infração for relacionada aos resíduos sólidos perigosos.

Por fim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, desdobra-se na direção da redução progressiva da utilização de determinados produtos que se tornam resíduos. Assim, são estabelecidas metas para a redução volume gerado como também a necessidade da participação de propostas sobre a logística reversa de produtos descartáveis, buscando sua valorização e reciclagem (TEIXEIRA, 2011).

### 1.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

O conceito sobre resíduos vem sofrendo alterações ao longo das últimas décadas. O que era considerado resíduo antigamente, atualmente, pode não ser mais levado em conta e, provavelmente, não será a mesma concepção do futuro (JACOBI E BESEN, 2011).

Para compreender as constantes mudanças no conceito sobre o que é ou não um resíduo, é necessário compreender que, em função do grande avanço social com relação às tecnologias, necessidades financeiras, conscientização ambiental e outros fatores contribuintes, o que antigamente não era mais útil para determinado fim, atualmente pode servir de matéria prima para outro processo produtivo (PEDROSA e NISHIWAKI, 2014).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma Brasileira NBR 10.004/2004 define que “resíduos sólidos são restos provenientes das atividades da comunidade de origem, sejam eles derivados de polos industriais, domésticos, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e/ou varrição no estado físico sólido, semi-sólido ou semi-líquido”.

Sabendo que os resíduos sólidos compreendem os restos gerados por diversas atividades sociais, surgiram necessidades de classifica-los para gerenciá-los adequadamente (MONTEIRO, 2001). Atualmente, a forma mais utilizada para classificar os resíduos são as classificações com relação aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e de acordo com a natureza e origem do resíduo gerado.

Para a classificação dos resíduos com relação aos riscos potenciais de contaminação ao meio ambiente e a saúde pública, a Norma Brasileira NBR 10.004/2004 os classifica em:

- 1) Classe I ou perigosos: são os resíduos que, em função das suas características físico-químicas de inflamabilidade, reatividade, toxicidade, corrosividade ou patogenicidade apresentam riscos à saúde pública ou quando manuseados inadequadamente ou dispostos de forma equivocada apresentam riscos ao meio ambiente.
- 2) Classe II ou não-inertes: aqueles que podem apresentar características de solubilidade, combustibilidade ou biodegradabilidade, com chances de acarretar riscos ao meio ambiente e à saúde pública, não sendo enquadrados nas classificações de resíduos Classe I (perigosos) ou Classe III (inertes).
- 3) Classe III ou inertes: materiais que, em função de suas características particulares, não oferecem riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Quando são amostrados segundo

a Norma Brasileira NBR 10.007, submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada e/ou deionizada, em temperatura ambiente, conforme teste de solubilidade segundo a Norma Brasileira NBR 10.006, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água descrito no Anexo H da NBR 10.004 (nº8), exceto os padrões de cor, sabor, aspecto e turbidez.

Como dito anteriormente, os resíduos ainda podem ser classificados de acordo com a sua natureza, principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos (MONTEIRO, 2001). A partir deste critério, diferentes tipos de resíduos podem ser agrupados em cinco classes distintas, conforme pode ser observado abaixo:

- 1) Resíduo doméstico ou residencial: são os resíduos provenientes das atividades diárias das residências, casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.
- 2) Resíduo comercial: são gerados em estabelecimentos comerciais e suas características dependem das atividades desenvolvidas pelo empreendimento. Vale ressaltar que o grupo de resíduos comerciais pode ser subdividido em outros dois menores, sendo eles denominados de “pequenos geradores” e “grandes geradores”.

A partir do regulamento de limpeza urbana dos municípios, pode-se se definir precisamente os volumes adotados para os subgrupos anteriormente mencionados. Para o município de Londrina adota-se que, os pequenos geradores são pessoas físicas ou jurídicas que gerem até 600 (seiscentos) litros de resíduo por semana; enquanto os grandes geradores são, também, pessoas físicas ou jurídicas que gerem resíduos de atividades excedentes à quantidade máxima de 600 litros (seiscentos) por semana (Decreto nº 769, de 23 de setembro de 2009).

- 3) Resíduo público: resíduos presentes nos logradouros públicos, geralmente resultantes da natureza (folhas, galhadas, poeira, terra e areia) e também aqueles descartados indevidamente pela população (entulhos, papéis, bens inservíveis, embalagens e alimentos).
- 4) Resíduo domiciliar especial: são os materiais provenientes de benfeitorias residenciais e pequenas obras (pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus). Os resíduos provenientes de grandes obras residenciais - comumente conhecido como resíduo da construção civil (RCC) - não estão enquadrados nessa categoria em função do elevado volume de resíduo produzido e pela importância que sua recuperação e reciclagem vem assumindo no cenário nacional.

- 5) Resíduos de fontes especiais: são materiais que, em função de suas características particulares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte e disposição final (resíduo industrial, radioativo, agrícola, serviços de saúde, portos/aeroportos e terminais rodoviários).

Monteiro (2001) apresenta em seu trabalho que pode-se classificar os resíduos sólidos de acordo com sua origem, sendo eles:

- 1) Resíduo urbano: somatória dos resíduos domiciliares (produzido nas residências), comercial (proveniente de estabelecimentos comerciais) e de varrição (resíduo público)
- 2) Resíduos industriais (tóxicos e perigosos): gerados pelos diversos tipos de indústrias e processamentos. Nessa frente, os resíduos devem ser analisados individualmente para que possa obter a melhor solução técnica e econômica para o problema
- 3) Resíduos de serviços de saúde: resíduos gerados em quaisquer estabelecimento que se preste assistência médica, sanitária ou estabelecimentos similares (farmácias, hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas veterinárias, consultórios médicos e odontológicos, laboratório de análises clínicas e patológicas, instituições de ensino e outros estabelecimentos da mesma área de atuação).
- 4) Resíduos radioativos (lixo atômico): resíduos proveniente do aproveitamento de combustíveis nucleares
- 5) Resíduos agrícolas (tóxicos e perigosos): aqueles que correspondem, principalmente, aos vasilhames descartados pelo uso de agrotóxicos.

#### **1.4 ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA**

Óleos vegetais são produtos naturais constituídos por uma mistura de éster derivados do glicerol, onde os ácidos graxos contêm cadeias de 8 à 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturação (COSTA NETO et al., 2000). Em função das diferentes matérias primas oleaginosas (Tabela 1) que são produzidos os óleos vegetais, variações na composição química do resíduo são detectadas.

**Tabela 1** - Composição química de ácidos graxos em diversos tipos de óleos vegetais (%).

| Ácido Graxo  |                | Óleo Vegetal |            |            |            |            |            |
|--------------|----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|              |                | Soja         | Milho      | Algodão    | Oliva      | Palma      | Girassol   |
| C 12:0       | Láurico        | 0,1          | -          | -          | -          | -          | -          |
| C 14:0       | Mirístico      | 0,2          | 0,2        | 0,8        | -          | 0,9        | 0,1        |
| C 16:0       | Palmítico      | 11,0         | 13,0       | 27,3       | 10,2       | 43,7       | 5,5        |
| C 16:1       | Palmitoléico   | 0,2          | -          | 0,8        | 0,7        | 0,1        | 0,1        |
| C 17:0       | Heptadecanóico | -            | -          | -          | -          | -          | -          |
| C 18:0       | Estearico      | 4,2          | 2,5        | 2,0        | 2,5        | 4,5        | 4,7        |
| C 18:1       | Oléico         | 21,8         | 30,5       | 18,3       | 78,1       | 39,8       | 19,5       |
| C 18:2       | Linoléico      | 53,3         | 52,1       | 50,5       | 7,1        | 10,5       | 68,5       |
| C 18:3       | Linolênico     | 7,5          | 1,0        | -          | 0,6        | 0,3        | 0,1        |
| C 20:0       | Araquídico     | 0,3          | 0,5        | 0,3        | 0,5        | 0,2        | 0,3        |
| C 20:1       | Gadoléico      | 0,2          | 0,2        | -          | 0,3        | -          | 0,1        |
| C 22:0       | Behênico       | 0,5          | -          | -          | -          | -          | 0,9        |
| C 22:1       | Erúcico        | 0,3          | -          | -          | -          | -          | -          |
| C 24:0       | Lignocérico    | 0,4          | -          | -          | -          | -          | 0,2        |
| <b>Total</b> |                | <b>100</b>   | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

Fonte: Adaptado Ramos et al., 2011

O processo de fritura por imersão é um método antigo e popular de preparo rápido onde se mergulha o alimento em óleo vegetal (ou gordura) atribuindo aos alimentos fritos características únicas de sabor, aroma, palatabilidade e saciedade (SAGUY e DANA, 2003). As principais características desse processo de preparo dos alimentos são as altas temperaturas e rápida transferência de calor entre o óleo e o alimento.

Residências e estabelecimentos comerciais utilizam a técnica de fritura por imersão para a produção de seus alimentos diariamente, porém, para atender as diferentes demandas são necessárias diferentes formas de fritura por imersão: o processo contínuo e descontínuo de fritura (COSTA NETO et al., 2000; OSAWA et al., 2010).

Na fritura contínua, muito utilizada no mercado industrial de *snaks* e alimentos previamente fritos antes de comercializados, ocorre o aquecimento constante do óleo vegetal em uma etapa única e o alimento está sempre presente na fritadeira (MOURA et al., 2015). Como o processo apresenta fluxo contínuo, ocorre a reposição constante de óleo

vegetal na fritadeira, uma vez que ocorre a absorção do óleo pelo produto que está sendo frito (OSAWA et al., 2010)

Já a fritura descontínua é utilizada, normalmente, no mercado institucional (redes de fast-foods, restaurantes e estabelecimentos comerciais) para a cocção de alimentos. Nesse processo o mesmo óleo é aquecido diversas vezes; ou seja, ele é aquecido, utilizado para a produção do alimento desejado durante algumas horas do dia, resfriado até temperatura ambiente e reaquecido para cocções posteriormente (MOURA et al., 2015). Essa operação intermitente é uma das principais razões da degradação do óleo vegetal em maiores proporções do que quando comparado a fritura contínua, já que curtos períodos de uso do óleo são mais destrutivos do que os longos em função do estresse oxidativo e térmico (OSAWA et al., 2010)

Durante o aquecimento do óleo no processo de fritura, uma série de reações complexas ocorrem, produzindo inúmeros compostos de degradação. Quando o alimento é submerso no óleo quente na presença de ar, o óleo vegetal é exposto a três agentes que causam mudanças em sua estrutura química (hidrólise, oxidação, decomposição) e em suas propriedades físicas (escurecimento, aumento da viscosidade, densidade, condutividade) (REDA e CARNEIRO, 2007).

Portanto, as principais formas de deterioração do óleo vegetal são: a hidrólise, a oxidação e a polimerização. No processo de hidrólise ocorre a quebra das ligações ésteres no glicerídeo resultando na formação de ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos e glicerol (REDA e CARNEIRO, 2007).

Já a oxidação, que é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio atmosférico ou dissolvido no óleo reage com os ácidos graxos insaturados, provoca alterações do sabor, aroma e textura do óleo vegetal, ocasionando perda de valor nutricional e gerando toxicidade ao alimento a ser frito (LIMA e GONÇALVES, 1995).

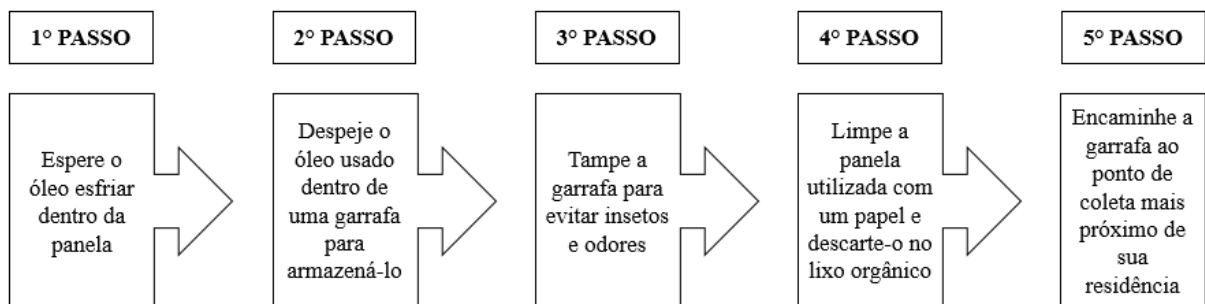
E, por fim, a polimerização. O processo ocorre quando duas ou mais moléculas de ácidos graxos juntam-se em função das alterações oxidativas do meio e as altas temperaturas do processo (REDA e CARNEIRO, 2007).

Devido a produção de substâncias resultantes da degradação dos óleos e gorduras estarem relacionadas com doenças que atingem homens e animais inviabilizando posteriores utilizações do óleo vegetal para a cocção de alimentos, o descarte e/ou reaproveitamento adequado do óleo vegetal usado torna-se o objeto de estudo de diversos trabalhos (OSAWA et al., 2010).

Anualmente, quatro bilhões de litros de óleo vegetal de fritura são descartados pela população brasileira e tem como destino final a produção de sabão, massa para vidraceiro, ração animal e produção de biocombustível. Porém, devido à falta de informação da população, dois bilhões de litros do resíduo do óleo de fritura tem como destino final as redes de esgoto ou são depositados diretamente no solo, danificando galerias por onde o efluente se desloca, chegando até os corpos hídricos e resultando em sérios problemas ambientais aos mananciais aquáticos ou até mesmo impermeabilizando o solo da área contaminada e atingindo o lençol freático que intercepta o local afetado (SILVEIRA e VIEIRA, 2014; POSPISCHEK et al., 2014; MOURA et al., 2015).

Tendo em vista que ainda não foi detectada uma forma eficaz e não poluidora para o descarte cotidiano do óleo residual de fritura, considera-se como descarte satisfatória para o material sua coleta e reciclagem. Essa ação é considerada, atualmente, a forma mais eficiente para diminuir os danos ambientais e sociais causados pela prática do descarte inadequado deste resíduo – Figura 1 (MOURA et al., 2015).

**Figura 1** - Descarte correto do óleo residual de fritura.



Fonte: Adaptado de Moura et al., 2015.

### 1.5 RECICLAGEM DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

A partir do final do século XX a percepção da sociedade em relação aos impactos ambientais resultantes da degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento se intensificou e a reflexão sobre a influência da sociedade neste processo veio à tona (VAN BELLEN, 2004).

No cenário mundial, o consumismo apresenta uma capacidade de provocar uma exploração abusiva dos recursos minerais, necessitando de altos gastos energéticos e produzindo uma grande quantidade de resíduos gerados ao longo processo produtivo. Parte deste material é encaminhado aos aterros, locais estes que, por vezes, não possui uma

estrutura adequada e acabam por contaminar solos e águas próximas a esses locais (VAN BELLEN, 2004).

A gestão ambiental é o sistema que inclui a estrutura organizacional, as atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental de um determinado empreendimento. Diante desse contexto, podemos resumir a gestão ambiental como sendo as boas práticas adotadas pela empresa/indústria/sociedade com o objetivo de reduzir os impactos causados por suas atividades ao meio ambiente, tornando-se fundamental a introdução de programas de reciclagem e medidas poupadoras com a finalidade de evitar a degradação ambiental (POSPISCHEK et al., 2014).

A Resolução nº 275 de 25 de abril de 2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), determina que a reutilização dos resíduos sociais deve ser fomentada, simplificada e desenvolvida no país, visando minimizar o consumo de matérias primas, recursos naturais não renováveis, energia e água.

Tendo em vista a ausência de recursos, o volume crescente de rejeitos produzidos pela sociedade e a necessidade de tratamento deste material, a reciclagem encontra-se como uma das alternativas mais promissoras no que se refere a degradação ecológica do material (BORTOLI, 2013).

Além da redução e economia dos recursos naturais renováveis e não renováveis a partir da reciclagem, outros pontos positivos podem ser detectados: baixos custos da matéria prima, redução de impactos ambientais, facilidade do material ser encontrado, fonte de trabalho e renda a partir da criação das cooperativas de catadores que permitiu uma expansão no processo de reciclagem e profissionalização desses profissionais (BORTOLI, 2013).

Atualmente, a reciclagem dos resíduos encontra-se, primordialmente, focada em materiais como papel, metal, plástico e vidro por já possuírem uma logística da cadeia produtiva para esses resíduos. Porém, a coleta de óleo vegetal residual de fritura vem ganhando destaque, uma vez que o material possui um elevado potencial poluidor, é um resíduo social significativo em função do seu volume gerado e suas formas de reaproveitamento vem sendo largamente estudadas (OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo Pitta Junior et al (2009), as principais formas de reutilizar o óleo de fritura usado são: produção de glicerina para indústrias de cosmético e farmacêutica, padronização para a composição de tintas, produção de massa de vidraceiro, produção de farinha básica para ração animal, geração de energia elétrica através da sua queima em

caldeiras e, por fim, a opção tecnológica que vem apresentando um grande investimento no país, que é a produção de biodiesel a partir da matéria prima citada, tendo a glicerina como subproduto do processo produtivo.

Quando reutilizado em outro processo produtivo, o óleo de fritura usado retorna à produção como matéria prima, afasta os riscos relacionados a degradação do meio ambiente e os possíveis custos socioeconômicos relacionados a pratica indevida do seu descarte; além de cumprir o papel ambiental, são poupados gastos desnecessários de recursos naturais, humanos, financeiros e econômico que seria utilizado para a produção de uma nova matéria prima (PITTA JUNIOR et al., 2009).

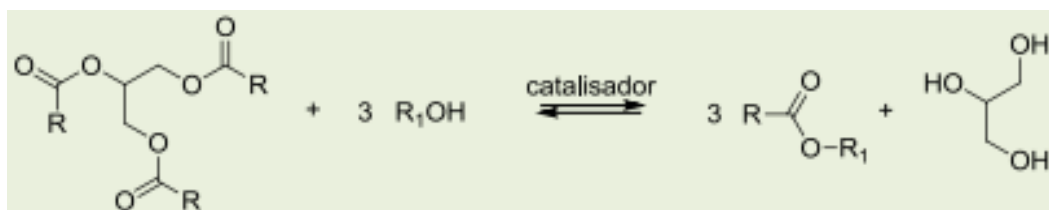
## 1.6 TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A Medida Provisória nº 214, de 13 de Setembro de 2004, define que biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, proveniente de óleos vegetais e/ou gorduras animais, para motores a combustão interna com ignição a partir da compressão, visando substituir parcialmente ou completamente o óleo diesel, que é proveniente de origem fóssil. Com relação ao aspecto químico, o biodiesel é um produto composto de ácidos graxos de cadeias longas, que encontram-se ligadas a álcoois, sendo definido como éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural.

O éster alquílico de ácido graxo ou biodiesel, formado a partir de uma reação química, é composto por átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio e seu principal método de produção é a reação de transesterificação metílica de óleo vegetais em meio alcalino homogêneo (RAMOS et al., 2011).

Na reação de transesterificação, um mol de triacilglicerol reage com três mols de álcool (metanol ou etanol), na presença de catalisador, formando o éster alquílico e glicerina (subproduto do processo) – Figura 2 (RAMOS et al., 2011).

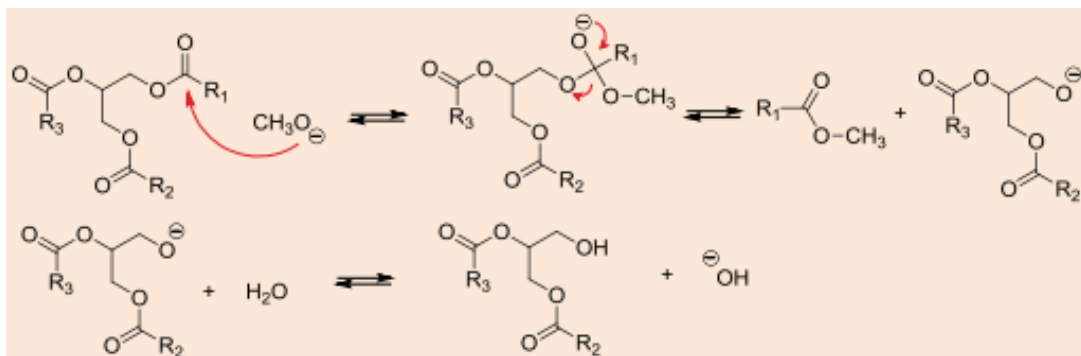
**Figura 2** - Alcoólise de óleos vegetais.



Fonte: RAMOS et al., 2011

Como dito anteriormente, a transesterificação metílica de óleos vegetais em meio alcalino homogêneo é o processo mais realizado para a obtenção do biodiesel. Os alcóxidos metálicos são os catalisadores mais utilizados na transesterificação e a razão molar estequiométrica de álcool e óleo ideal para o processo de transesterificação é 3:1 – Figura 3 (RAMOS et al., 2011).

**Figura 3** - Mecanismo de transesterificação alcalina de óleos vegetais.

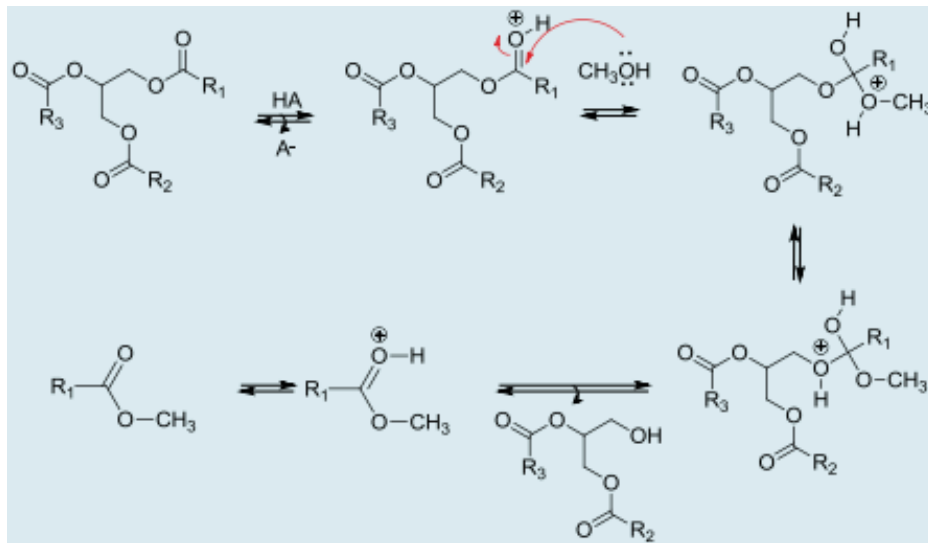


Fonte: RAMOS et al., 2011.

Em contrapartida, a álcoolise em meio alcalino é muito sensível à presença de ácidos graxos livres já que eles reagem com a base utilizada como catalisador e aumentam a formação de sabões e inibem o rendimento do processo. Parâmetros como temperatura e presença de água no meio da reação também devem ser levados em consideração para otimização do processo de álcoolise em meio alcalino (RAMOS et al., 2011).

O processo de transesterificação também pode ser realizado em meio ácido homogêneo. As reações de transesterificação ácida devem ser conduzidas em razão molar estequiométrica de álcool e óleo de 30:1 e ser realizadas em temperaturas próximas a ebulição do álcool. Os catalisadores mais comuns para a álcoolise em meio ácido são os ácidos sulfurônicos e sulfônicos (SCHUCHARDT et al., 1998).

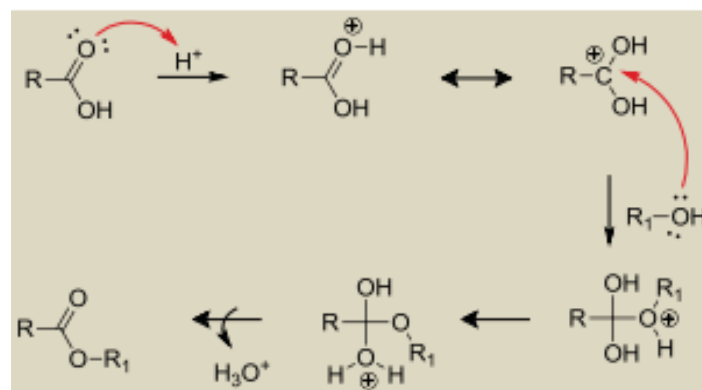
**Figura 4** - Mecanismo de transesterificação ácida de óleos vegetais.



Fonte: RAMOS et al., 2011.

Outra rota tecnológica para a produção do biodiesel a partir de matérias primas com alto índice de acidez é a esterificação. O uso de reações de esterificação está associado ao desenvolvimento de processos híbridos já que ácidos graxos representam matérias primas de alto valor agregado e, dificilmente, são utilizadas no setor de biocombustíveis. O mecanismo da esterificação mostra a protonação do grupo carbonila do ácido que leva a formação de um carbocátion que, ao produzir um intermediário tetraédrico, elimina a água e leva a formação do éster e regeneração do catalisador – Figura 5 (RAMOS et al., 2011).

**Figura 5** - Mecanismo de esterificação de ácidos graxos.



Fonte: RAMOS et al., 2011.

As diferentes rotas tecnológicas de produção do biodiesel e o tipo de álcool utilizado no processo geram diferenças no rendimento produtivo. Na Tabela 2 podemos observar a rota utilizada, o tipo de álcool, óleo e a conversão obtida na reação para a produção de ésteres etílicos/metílicos.

**Tabela 2** - Rotas para a produção, tipo de álcool, óleo e a conversão em ésteres etílicos/metílicos.

| Rota               | Álcool  | Óleo            | Conversão | Autores                    |
|--------------------|---------|-----------------|-----------|----------------------------|
| Transesterificação | Etanol  | Soja            | 95%       | Froehner et al., (2007)    |
|                    |         | Óleo de fritura | 88%       |                            |
| Transesterificação | Metanol | Soja            | 90%       | Geris et al., (2007)       |
|                    |         | Óleo de fritura | 88%       |                            |
| Esterificação      | Etanol  | Soja            | 78%       | Dantas et al., (2016)      |
|                    |         | Óleo de fritura | 72%       | Camargo et al., (2017)     |
| Esterificação      | Metanol | Soja            | 91%       | Dantas et al., (2016)      |
|                    |         | Óleo de fritura | 90%       | Vasconcelos et al., (2016) |

No Brasil a esterificação já está sendo utilizada em escala industrial em um processo desenvolvido pela Agropalma em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O processo utiliza catalisadores sólidos com acidez de Bronsted e Lewis para a obtenção de biodiesel a partir de resíduos de baixo valor (6). Entretanto, se há uma desvantagem em converter o substrato rico em ácidos graxos via rota de transesterificação em função da formação de emulsões, por outro este mesmo substrato também não é ideal para a esterificação direta pela presença dos triacilgliceróis (SUAREZ et al., 2009).

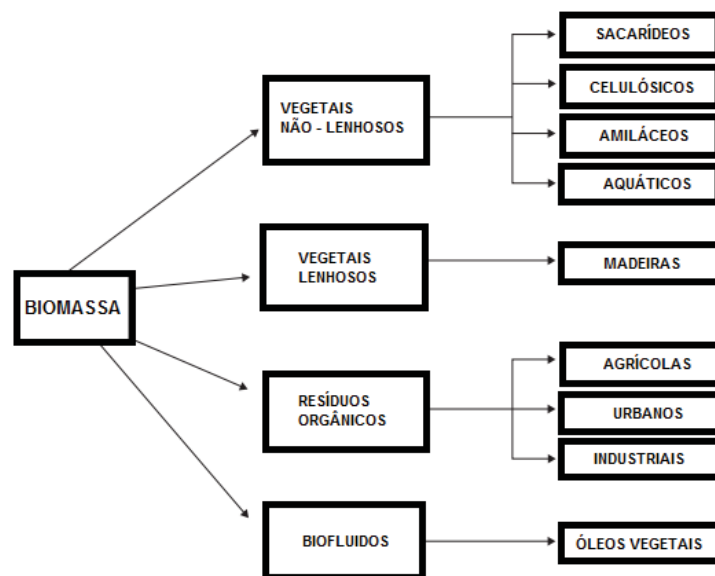
Uma alternativa para esse tipo de substrato é realizar uma prévia reação de hidrólise seguida pela esterificação dos ácidos graxos. Esse processo é denominado de hidroesterificação. A hidroesterificação favorece a utilização de matérias primas com qualquer teor de ácidos graxos e umidade; facilitando a utilização de plantas oleaginosas, resíduos gordurosos industriais, óleos de fritura e subprodutos de refino de óleo vegetais como matéria prima da cadeia produtiva do biodiesel (SUAREZ et al., 2009).

## 1.7 MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

Com o aumento acelerado da população e expansão mundial da tecnologia no mundo surge a necessidade de inovação tecnológica com o objetivo de desenvolver o setor energético. Uma alternativa para essa problemática é a utilização da biomassa como fonte energética que vem sendo amplamente utilizada e sua importância para a contribuição da diversificação da matriz energética vem ganhando destaque.

Biomassa tem como origem os resíduos sólidos urbanos (animais, vegetais, industriais e/ou florestais) e suas possíveis utilizações voltadas para formas alternativas de fontes de energia – Figura 6. Pode apresentar diferentes tecnologias para o seu processamento e transformação em diversos biocombustíveis, sendo os principais entraves da cadeia produtiva o custo da biomassa e eficiência energética do processo (CORTEZ et al., 2008).

**Figura 6** - Fontes de biomassa.



Fonte: Adaptado de Cortez et al., 2008.

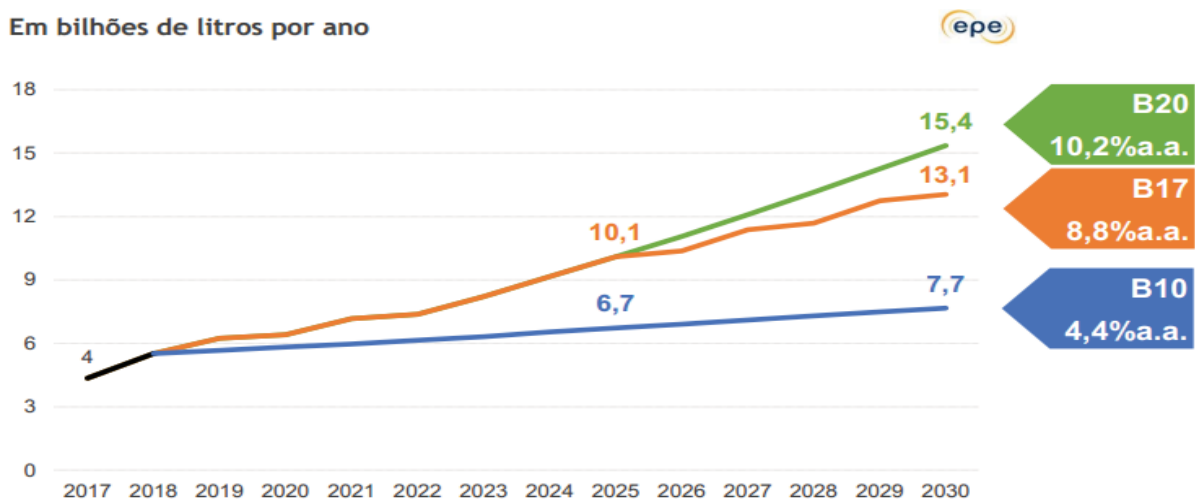
O uso da biomassa e transformação em energia retrata um novo futuro para a humanidade e formas de reutilização dos resíduos que a princípio seriam descartados, expandindo e proporcionando novas oportunidades para o setor energético. Suas principais contribuições são na forma de energia sustentável para a geração de calor, eletricidade e produção de biocombustíveis para o setor de transportes. A aplicação da bioenergia nos dias atuais pode resultar em uma substituição parcial das fontes tradicionais de energia, e apresentando relevância ambiental no cenário mundial pois auxilia na redução dos impactos

gerados pela queima de combustíveis fósseis e auxilia na redução do aquecimento global (MCKENDRY, 2002; BAUNES et al., 2009).

No ano de 2016 o Brasil promulgou a Lei nº 13.033 que dispõe sobre as metas anuais dos percentuais de adição do biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional até o ano de 2030. Inicialmente a legislação previa que até março de 2018 o percentual de biodiesel inserido no óleo diesel seria de 8%. Em contrapartida, o Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) fez uso das suas atribuições e publicou a Resolução nº 23 de 9 de novembro de 2017 alterando o percentual de adição do biodiesel ao óleo diesel de 8% para 10% a partir de março de 2018.

Estudo sobre possíveis projeções dos cenários da adição do biodiesel ao óleo diesel foi desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia e apontam que no ano de 2030 o percentual pode chegar a 20%, sendo necessário triplicar o volume produzido no ano de 2017 – Figura 7 (EPE, 2017).

**Figura 7 - Possíveis cenários para a matriz energética de biodiesel até o ano de 2030.**

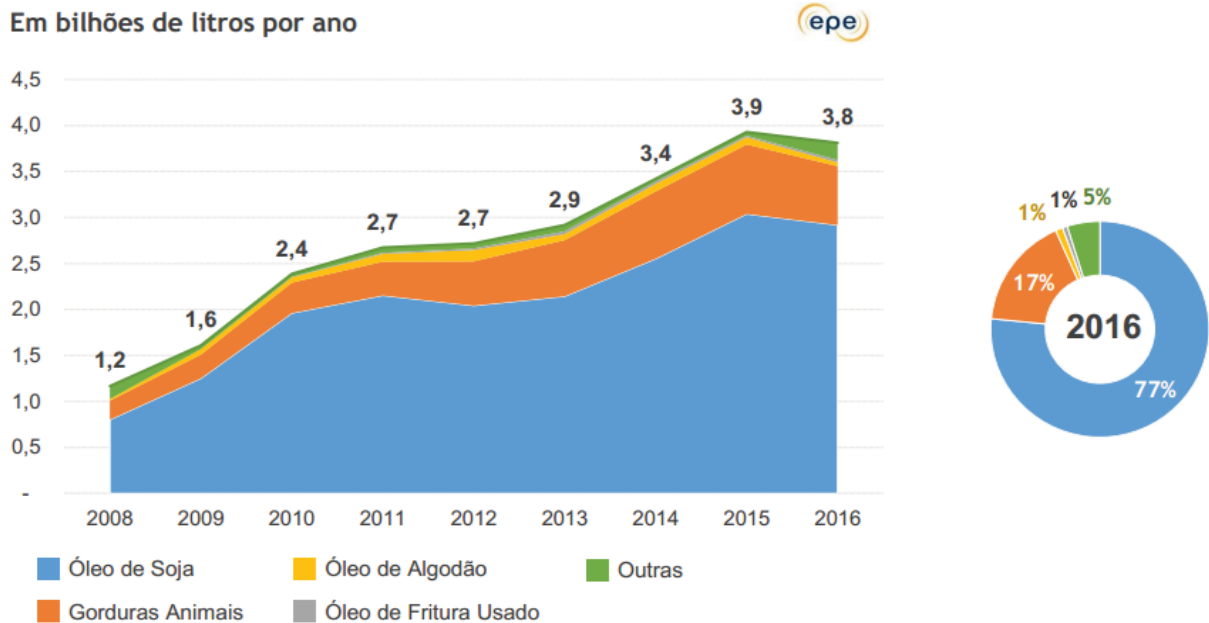


Se na atualidade o Brasil necessita de 3,8 bilhões de litros de biodiesel ao ano para suprir a demanda de 10% de biodiesel adicionado no óleo diesel, estima-se que em 2030 esse volume possa chegar a 15,4 bilhões de L/ano.

Já que um elevado volume será necessário para cumprir a demanda da legislação vigente, torna-se oportuno diversificar as matérias primas utilizadas para a produção do biodiesel buscando diversificar a matriz energética do biocombustível do país.

Até o presente momento a matriz energética do biodiesel no Brasil está baseada no óleo de soja (2,9 bilhões de L/ano), gordura animal (0,65 bilhões de L/ano), óleo de algodão (0,04 bilhões de L/ano) e óleo de fritura usado (0,04 bilhões de L/ano) – Figura 8.

**Figura 8** - Matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil.



Fonte: EPE, 2017.

Tendo em vista que a população brasileira utiliza, frequentemente, óleo vegetal para a cocção por fritura por imersão de seus alimentos, torna-se viável quantificar o volume de óleo residual de fritura que é descartado pela população com a finalidade de suprir, parcialmente, a demanda de biodiesel que será necessária nos próximos anos e diversificar a matriz energética de matérias primas para a produção do biodiesel.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Obter dados acerca do volume de óleo residual gerado a partir da cocção por imersão de alimentos realizada em estabelecimentos comerciais, industriais e residenciais localizados na cidade de Londrina.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar os empreendimentos comerciais e industriais geradores de óleo residual de fritura a partir de consultas aos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) devidamente cadastrados e aprovados na Secretaria do Meio Ambiente de Londrina (SEMA/Londrina);

Aferir o volume mensal de óleo residual de fritura gerado no Restaurante Universitário da Universidade Estadual de Londrina, bem como identificar o volume gerado a cada refeição servida no empreendimento;

Identificar a densidade populacional nas diferentes zonas residenciais da cidade de Londrina, a partir de consulta ao Mapa de Zoneamento disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL/Londrina), para realização do levantamento de dados junto aos moradores da área urbana da cidade;

Calcular o volume mensal de óleo residual de fritura gerado pelos estabelecimentos comerciais, industriais e pela população londrinense; assim como, estimar o percentual relativo do resíduo gerado em cada zona urbana da cidade.



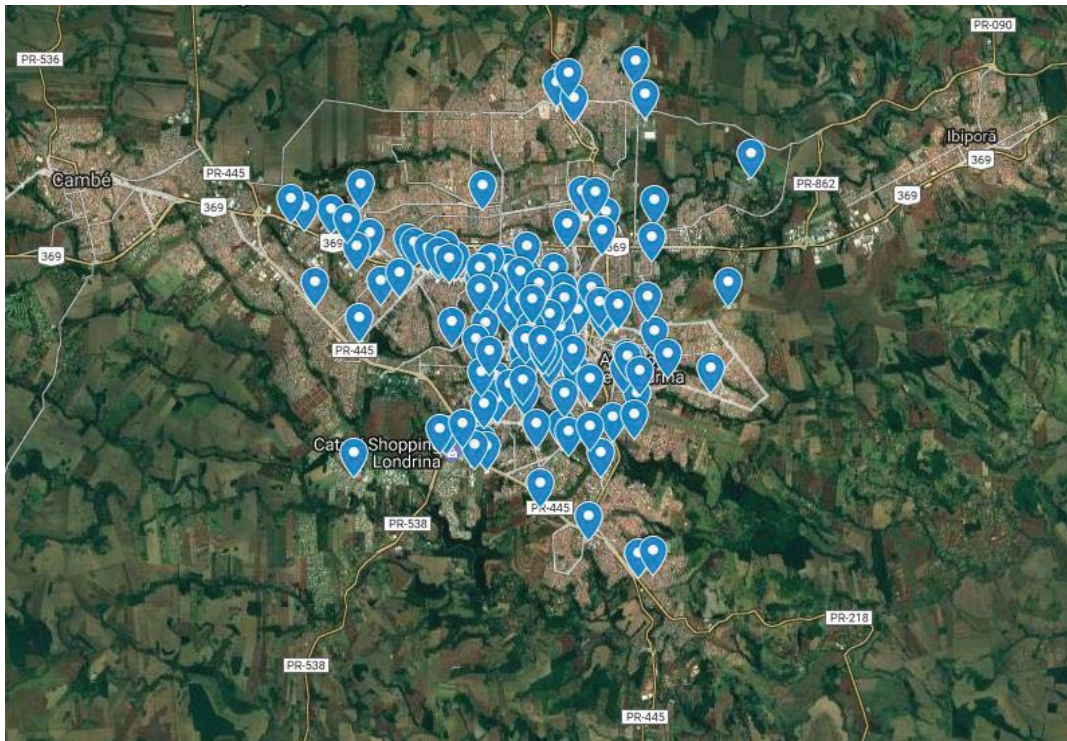
### 3.1 VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA DESCARTADO PELOS EMPREENDIMENTOS DE LONDRINA

A quantificação do volume (L) de óleo residual de fritura gerado mensalmente nos empreendimentos comerciais da cidade foi realizada a partir da consulta aos 128 Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) aprovados das empresas cadastradas junto à Secretaria do Meio Ambiente da cidade de Londrina (SEMA/Londrina) para o ano vigente de 2016.

A Secretaria do Meio Ambiente da cidade de Londrina (SEMA/Londrina), órgão ambiental responsável pelo cadastramento dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) localiza-se no interior do Parque Arthur Thomas, que está alocado na Rua Natureza, número 155, Jardim Piza, Londrina.

Na Figura 10 estão sinalizadas as localizações das empresas da cidade que estão com os PGRS's aprovados junto à Secretaria do Meio Ambiente do cidade.

**Figura 10** – Distribuição espacial das empresas com PGRS cadastrados e aprovados na cidade de Londrina.



Fonte: Próprio autor, 2017.

A consulta aos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos foi realizada fisicamente na sede da Secretaria do Meio Ambiente e foi feita uma análise particular de cada

empreendimento, sendo possível identificar a atividade que o empreendimento desenvolvia e o volume do óleo residual de fritura gerado naquele estabelecimento.

**Figura 11** - Exemplo do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) cadastrado e aprovado junto à Secretaria do Meio Ambiente da cidade de Londrina.

|                                 | Resíduo 1                                        | Resíduo 2                                        | Resíduo 3                                        | Resíduo 4                                                               | Resíduo 5                                        |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Resíduo gerado                  | Orgânico<br>Poda e grama                         | Papel                                            | Plástico                                         | Rejeito sanitário                                                       | Óleo                                             |
| Ponto de geração                | Lanchonete e<br>jardinagem                       | Empreendimento<br>em geral                       | Empreendimento<br>em geral                       | Cozinha, salão de<br>festa, varrição do<br>empreendimento,<br>banheiros | Lanchonete                                       |
| Volume                          | 500 litros/semana                                | 600 litros/semana                                | 2000 litros/semana                               | 2900 litros/semana                                                      | 5 litros/semana                                  |
| Acondicionamento                | Bombas de 200 litros<br>com tampa                | Saco plástico                                    | Saco plástico                                    | Saco Plástico                                                           | Bombas de 10<br>litros com tampa                 |
| Armazenamento                   | ATT fechada,<br>coberta e de piso<br>impermeável | ATT fechada,<br>coberta e de piso<br>impermeável | ATT fechada,<br>coberta e de piso<br>impermeável | ATT fechada,<br>coberta e de piso<br>impermeável                        | ATT fechada,<br>coberta e de piso<br>impermeável |
| Forma de<br>transporte interno  | Carrinho com roda                                | Saco plástico                                    | Saco plástico                                    | Saco plástico                                                           | Saco plástico                                    |
| Frequência de<br>coleta externa | Três vezes por<br>semana                         | Três vezes por<br>semana                         | Três vezes por<br>semana                         | Três vezes por<br>semana                                                | Uma vez por<br>semana                            |

Fonte: ZRF Assessoria e Consultoria Ambiental, 2015.

### 3.2 VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

Na segunda etapa do trabalho utilizou-se como objeto de estudo o restaurante universitário da Universidade Estadual de Londrina que encontra-se localizado no norte do estado do Paraná.

O estabelecimento funciona de segunda à sexta feira atendendo a comunidade acadêmica ao longo do ano letivo servindo refeições no almoço e jantar para os estudantes e funcionários da instituição de ensino.

A abordagem metodológica utilizada foi uma pesquisa de campo exploratória envolvendo a obtenção dos dados a partir de uma entrevista com a nutricionista responsável pelo restaurante universitário.

Além da entrevista, foi utilizado o instrumento de observação direta, com a finalidade de reconhecer o ambiente e validar as informações previamente coletadas (PERUCHIN et al., 2013).

### 3.3 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA DESCARTADO NAS UNIDADES FAMILIARES DA CIDADE

Para a realização desta etapa do trabalho foram coletados dados que permitissem estimar e avaliar o comportamento da população residente no cidade de Londrina.

Considerando que Londrina é a segunda cidade mais populosa do estado e a sua região urbana conta com, aproximadamente, 478.594 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010), os resultados encontrados na pesquisa de campo podem ser considerados relevantes.

O modelo matemático utilizado para determinar o volume populacional a ser entrevistado seguiu a metodologia de Triola (2008) para amostragem significativa de populações finitas, conforme pode ser observado na Equação 1.

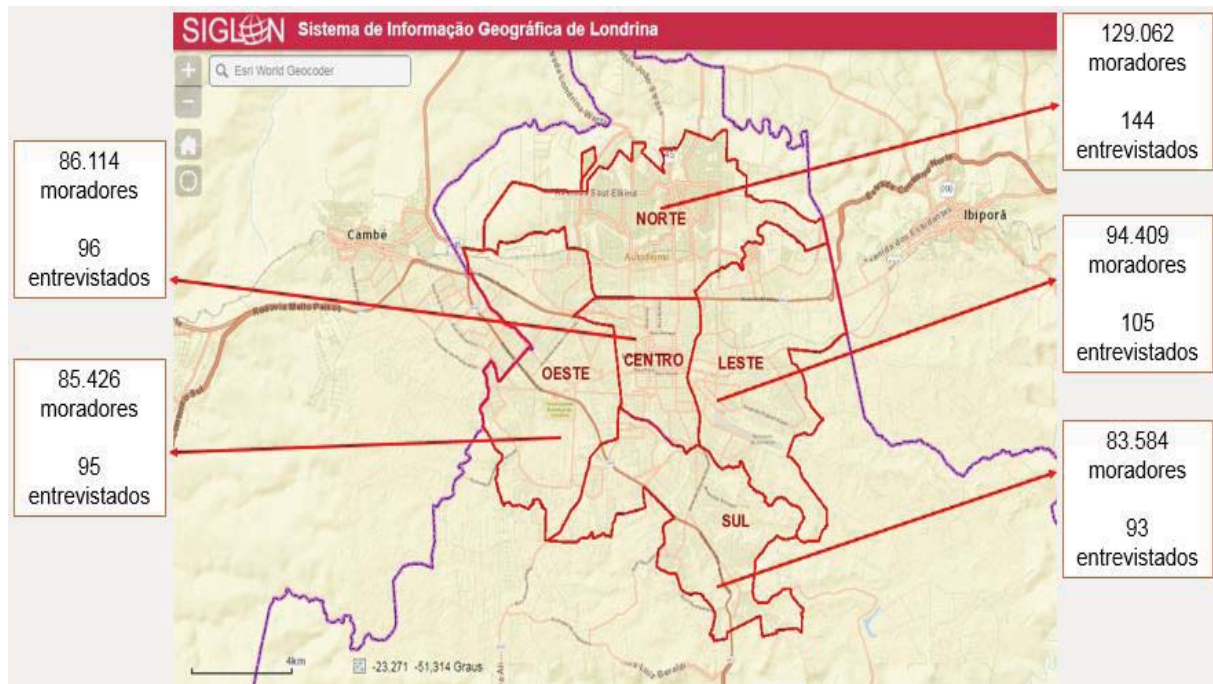
$$n = \frac{N * p * q * \left(Z \frac{\alpha}{2}\right)^2}{p * q * \left(Z \frac{\alpha}{2}\right)^2 + (N - 1) * (Erro)^2}$$

Onde: n = unidade amostral; N = tamanho da população; p = proporção de indivíduos que estamos interessados em estudar; q = proporção de indivíduos que não estamos interessados em estudar; erro = margem de erro;  $Z(\alpha/2)$  = valor crítico que corresponde ao nível de confiança desejado.

Para o desenvolvimento do trabalho foi considerado N = 478.594 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010),  $Z(\alpha/2) = 1,96$  (TRIOLA, 2008) e erro máximo = 3% (TRIOLA, 2008). Aplicando as variáveis apresentadas acima na equação 1, obteve-se um volume populacional de 533 indivíduos a serem entrevistados na cidade de Londrina.

Buscando tornar a amostra heterogênea, foi realizada uma relação de proporcionalidade entre a quantidade de indivíduo a serem entrevistados e a densidade populacional dos grandes zoneamentos da cidade (Figura 12).

**Figura 12 -** Densidade demográfica dos zoneamentos da cidade de Londrina.



Fonte: Sistema de Informação Geográfica de Londrina, 2017.

As abordagens dos problemas foram realizadas a partir de pesquisas quantitativas, que são as metodologias adequadas para apurar opiniões e atitudes citadas de forma consciente pelos entrevistados. Para essa pesquisa, utilizaram-se instrumentos padronizados: os questionários. Esse método caracteriza-se pela existência de um entrevistador que faz as perguntas necessárias ao entrevistado anotando as respostas concedidas por ele (MARCONI e LAKATOS, 2003).

A coleta de dados foi realizada nos meses de outubro à novembro de 2017. Para isso, foi elaborado um questionário contendo 4 perguntas (Figura 13), onde as mais relevantes inquiriam sobre a frequência (mensal) que os alimentos são fritos e consumidos no endereço, o volume mensal de óleo vegetal de fritura que é descartado e a forma de descarte do resíduo.

**Figura 13** - Questionário aplicado nas unidades residenciais da cidade de Londrina.



Universidade Estadual de Londrina  
Programa de Pós-Graduação em Bioenergia



Endereço do entrevistado:

QUESTIONARIO UNIDADES RESIDENCIAIS

|                                                                            |                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Com que frequência (mensal) alimentos são fritos nesse endereço?        | <input type="checkbox"/> 1 vez<br><input type="checkbox"/> 2 vez<br><input type="checkbox"/> 3 vezes<br><input type="checkbox"/> 4 ou mais vezes                                           |
| 2) Quantas vezes o mesmo óleo é utilizado?                                 | <input type="checkbox"/> 1 vez<br><input type="checkbox"/> 2 vezes<br><input type="checkbox"/> 3 ou mais vezes                                                                             |
| 3) Onde é descartado o óleo residual de fritura gerado?                    | <input type="checkbox"/> Pia<br><input type="checkbox"/> Pontos de entrega voluntária<br><input type="checkbox"/> Lixo<br><input type="checkbox"/> Solo<br><input type="checkbox"/> Outros |
| 4) Qual o volume (mensal) gerado e descartado de óleo residual de fritura? | <input type="checkbox"/> Até 0,45 litros<br><input type="checkbox"/> 0,9 litros<br><input type="checkbox"/> 1,8 litros ou mais                                                             |

Fonte: Próprio autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESTIMATIVA DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO PELOS EMPREENDIMENTOS LONDRINENSES

Foram consultados 128 Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS's) aprovados no cidade de Londrina e verificou-se que 49 deles apresentaram o óleo de fritura como um dos resíduos gerados pelo empreendimento totalizando, aproximadamente, uma geração de 13.900 L/mês a partir dos 28 mil L de óleo vegetal utilizado no empreendimento para a cocção de alimentos.

Estudos realizados confirmam que durante o processo de fritura por imersão dos alimentos, 50% do volume inicial do óleo vegetal que entra no processo é convertido em resíduo e a outra metade fica aderida ao alimento (ROCHA et al., 2017).

A partir da análise dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS's) de cada empresa foi possível identificar o ramo de atividade da unidade geradora cadastrada na Secretaria do Meio Ambiente (SEMA/Londrina) com o objetivo de verificar qual ramo de atividade mais produz óleo residual de fritura. Foi feita uma perspectiva do volume mensal a ser coletado na cidade de Londrina nesses empreendimentos (Tabela 2).

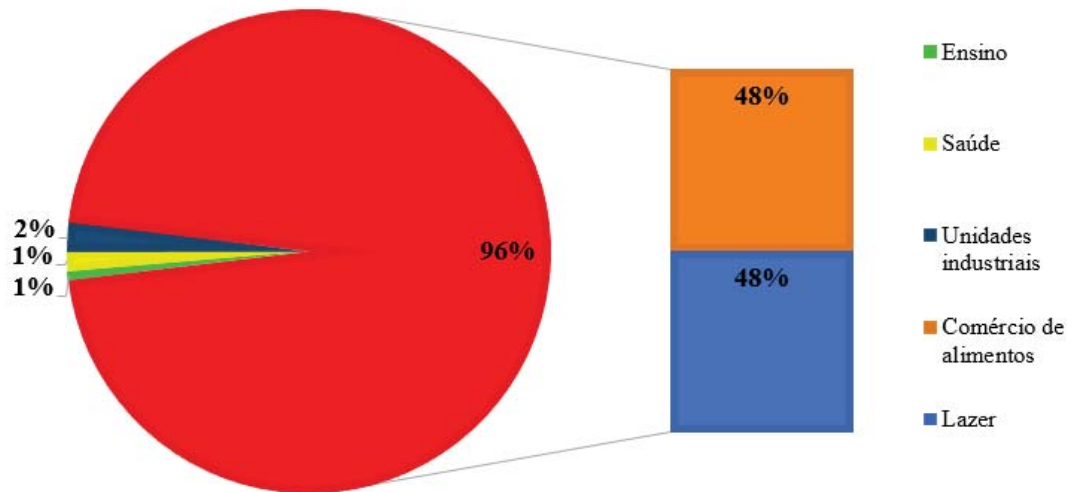
**Tabela 3** - Estabelecimentos geradores de óleo residual de fritura na cidade de Londrina.

| Ramo de atividade      | Unidades | Volume semanal descartado (L) | Volume mensal descartado (L) |
|------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------|
| Ensino                 | 5        | 20                            | 81                           |
| Saúde                  | 3        | 46                            | 182                          |
| Unidades industriais   | 4        | 67                            | 267                          |
| Comércio de alimentos  | 31       | 1.860                         | 6.721                        |
| Lazer                  | 6        | 1.662                         | 6.648                        |
| Volume total produzido |          | 3.475                         | 13.900                       |

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do cidade de Londrina.

A partir do Tabela 2 foi possível gerar o gráfico presente na Figura 14 onde verificou-se, numericamente, as principais atividades geradoras do resíduo no cidade.

**Figura 14** – Volume de óleo residual de fritura gerado por ramo de atividade dos estabelecimentos cadastrados e aprovados na Secretaria do Meio Ambiente de Londrina.



Do volume total gerado, 48% é proveniente das atividades de lazer (shoppings, clubes e salões de eventos), 48% é gerado a partir dos comércios de alimentos (restaurantes, padarias, casas de carnes e supermercados) e 4% vem dos empreendimentos vinculados a saúde, ensino e unidades industriais da cidade.

Dentro do grupo dos grandes geradores de óleo residual de fritura da cidade de Londrina encontra-se inserido o restaurante universitário da Universidade Estadual de Londrina. O empreendimento também foi objeto de estudo do presente trabalho buscando elucidar as formas de armazenamento, descarte, volume e gerenciamento dado pelos grandes empreendimentos ao resíduo oleoso gerado.

#### **4.2 QUANTIFICAÇÃO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO PELO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**

O restaurante universitário serve, a cada mês, aproximadamente 60 mil refeições à comunidade acadêmica e servidores da Universidade Estadual de Londrina. O empreendimento realiza a troca de óleo vegetal a cada 2 usos ou quando alimentos específicos são fritos para a refeição (por exemplo banana ou peixe).

Quando o óleo será utilizado em cocções posteriores, o acondicionamento é realizado em caldeirões de alumínio (Figura 15) e, quando não será mais utilizado, o óleo residual de fritura é armazenado em tambores plásticos de 100 L até que a coleta do resíduo seja feita pela empresa responsável pela descarte final do resíduo (Figura 16).

**Figura 15** - Local de acondicionamento do óleo vegetal a ser utilizado em cocções posteriores: fritadeiras industriais de 10 L com 2 cestos.



**Figura 16** - Local de acondicionamento do óleo residual de fritura a ser descartado: tambores de 100 L.



A partir dos dados informados pela nutricionista responsável pelo estabelecimento, inferiu-se que, a cada refeição servida no restaurante universitário em questão são gerados aproximadamente 5 mL de óleo residual de fritura que deverá ser descartado posteriormente.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) 10.004 de 31 de novembro de 2004, os óleos vegetais *in natura* são classificados como resíduos perigosos (Classe I), materiais que apresentam características físico-químicas de inflamabilidade, patogenicidade, toxicidade, reatividade e corrosividade.

Após utilizar o óleo vegetal para a cocção de alimentos, as características físico-químicas do material são alteradas, apresentando um aumento significativo do teor de umidade. Assim sendo, a classificação do resíduo segundo a Associação Brasileira de Normas

Técnicas (NBR) 10.004 é modificada.

Após sua reclassificação, o óleo residual de fritura passa a ser Classe II-A, que são os resíduos não inertes, que necessitam de um controle sobre o volume gerado do material e uma descarte adequada para ele.

Apesar da Legislação 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) dispor sobre os padrões de qualidade para o lançamento de efluente e nela constar os limites máximos permitidos de óleos e graxas a serem dissolvidos nos efluentes de qualquer fonte poluidora (óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L), práticas inadequadas do descarte de resíduos óleosos ainda são realizadas.

Estima-se que, no Brasil, dos quatro bilhões de litros de óleo vegetal utilizado no país, dois bilhões de litros tem como destino aterros sanitários e/ou esgotos domésticos (SILVEIRA e VIEIRA, 2014).

#### **4.3 ESTIMATIVA E PROJEÇÃO DO VOLUME DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA GERADO NAS UNIDADES FAMILIARES DA CIDADE DE LONDRINA**

Buscando estimar o volume de óleo residual de fritura descartado no cidade, foi realizado um levantamento de dados em 533 residências nos diferentes zoneamentos de Londrina.

Para a realização do estudo os entrevistados responderam ao questionário apresentado anteriormente onde foram indagados sobre as seguintes problemáticas: o volume de óleo residual de fritura gerado (mensalmente) após a cocção de alimentos; frequência com que se frita alimentos na residência; quantas vezes o mesmo óleo é reutilizado para frituras posteriores no endereço e, por fim, local onde é descartado o resíduo pela família.

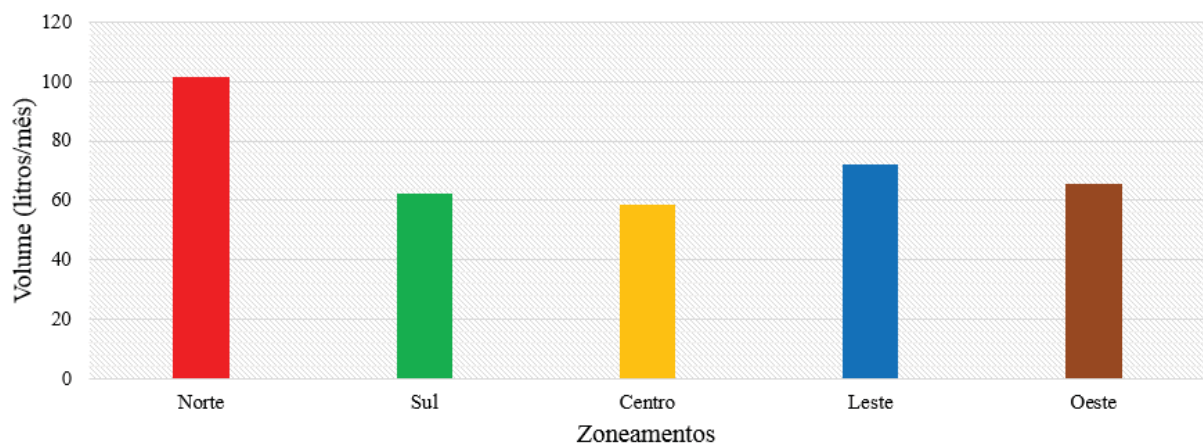
Com a coleta de dados nos domicílios foi possível verificar que, aproximadamente, 360 L de óleo residual de fritura são descartados, mensalmente, pelos 533 indivíduos entrevistados nos cinco zoneamentos de Londrina.

A região norte da cidade é o principal zoneamento gerador do resíduo descartando, mensalmente, 102 L de óleo residual de fritura. Em contrapartida, a região central é a que apresenta o menor volume descartado do material: 59 L/mês (Tabela 3 e Figura 17).

**Tabela 4** - Relação entre o zoneamento de Londrina e o volume de óleo residual de fritura gerado mensalmente.

| Região | População entrevistada<br>(indivíduos) | Volume descartado<br>(L/mês) | Consumo <i>per capita</i><br>(L/mês) | %   |
|--------|----------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----|
| Norte  | 144                                    | 102                          | 0,71                                 | 29  |
| Sul    | 93                                     | 62                           | 0,66                                 | 17  |
| Centro | 96                                     | 59                           | 0,61                                 | 16  |
| Leste  | 105                                    | 72                           | 0,69                                 | 20  |
| Oeste  | 95                                     | 66                           | 0,68                                 | 18  |
| Total  | 533                                    | 360                          | -                                    | 100 |

**Figura 17** – Volume de óleo residual de fritura gerado mensalmente por área de zoneamento de Londrina.



Essa diferença de volume de resíduo descartado em cada zoneamento pode ser explicada em função da condição socio-econômica de cada local. Segundo estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), quanto menor a condição financeira do domicílio, maior o volume de óleos e gorduras utilizados para o preparo de alimentos dos residentes do local (Tabela 4).

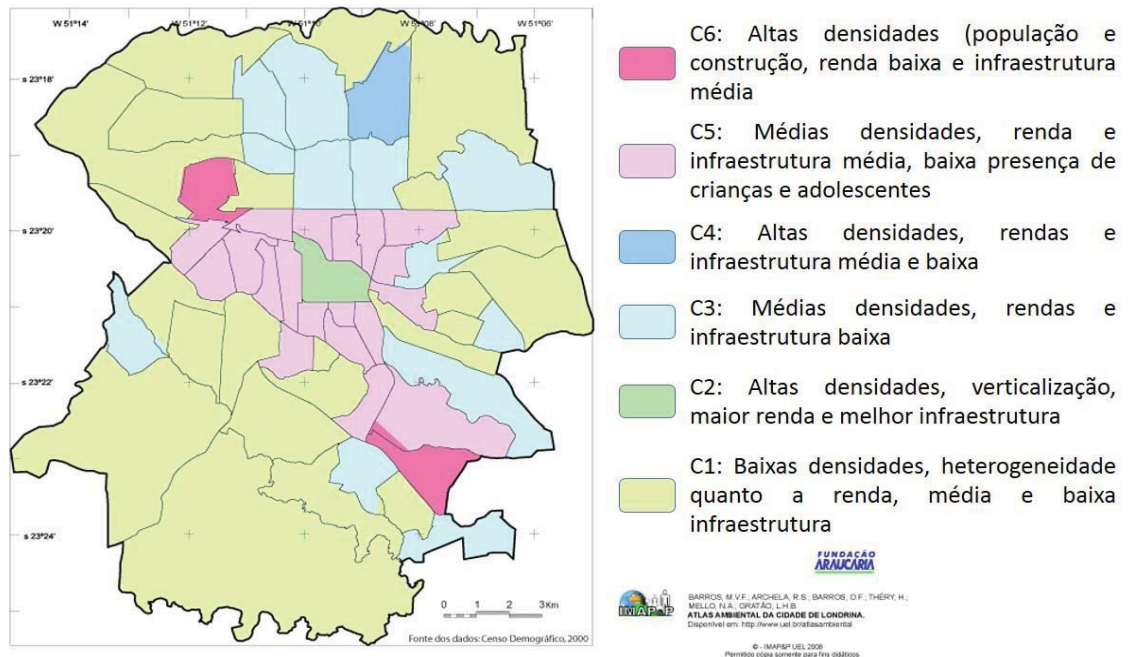
**Tabela 5** - Prevalência alimentar e consumo alimentar médio per capita, por classes de rendimento total e variação patrimonial familiar per capita, segundo os alimentos.

|                   | Prevalência alimentar (%) |                    |                     |                    | Consumo alimentar médio <i>per capita</i><br>(g/dia) |                    |                     |                    |
|-------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                   | Até<br>R\$296             | R\$296 a<br>R\$571 | R\$571 a<br>R\$1089 | Mais de<br>R\$1089 | Até<br>R\$296                                        | R\$296 a<br>R\$571 | R\$571 a<br>R\$1089 | Mais de<br>R\$1089 |
| Arroz             | 83,2                      | 86,5               | 85,9                | 79,9               | 168,1                                                | 171,7              | 165,7               | 129,7              |
| Feijão            | 72,3                      | 78                 | 76,1                | 63,3               | 195,5                                                | 207,2              | 190,3               | 127,5              |
| Óleo e<br>gordura | 33,9                      | 40,3               | 40,0                | 37,6               | 6,1                                                  | 7,2                | 6,8                 | 6,3                |
| Ovos              | 20,7                      | 18,2               | 13,9                | 10,4               | 14,9                                                 | 13,4               | 9,9                 | 7,1                |
| Aves              | 27,4                      | 26,0               | 25,5                | 29,4               | 36,2                                                 | 34,6               | 36,1                | 39,7               |
| Carne<br>bovina   | 43,0                      | 50,2               | 52,9                | 50,2               | 54,7                                                 | 66,2               | 70,9                | 63,0               |
| Massas            | 1,1                       | 1,5                | 1,7                 | 3,9                | 2,7                                                  | 3,2                | 4,4                 | 10,6               |
| Salada<br>verde   | 4,3                       | 7,5                | 11,9                | 16,3               | 1,6                                                  | 2,5                | 3,9                 | 7,2                |

Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009.

Analisando o mapa de disparidades socio-econômicas do cidade de Londrina (Figura 18) é possível observar que a região da zona norte possui indicativos de altas e médias densidades demográficas na região e índices de renda e infraestrutura média e baixa justificando, portanto, o alto consumo de óleos e gorduras para a cocção de alimentos das famílias que ali residem.

**Figura 18** - Síntese de variáveis sociais, econômicas e ambientais.



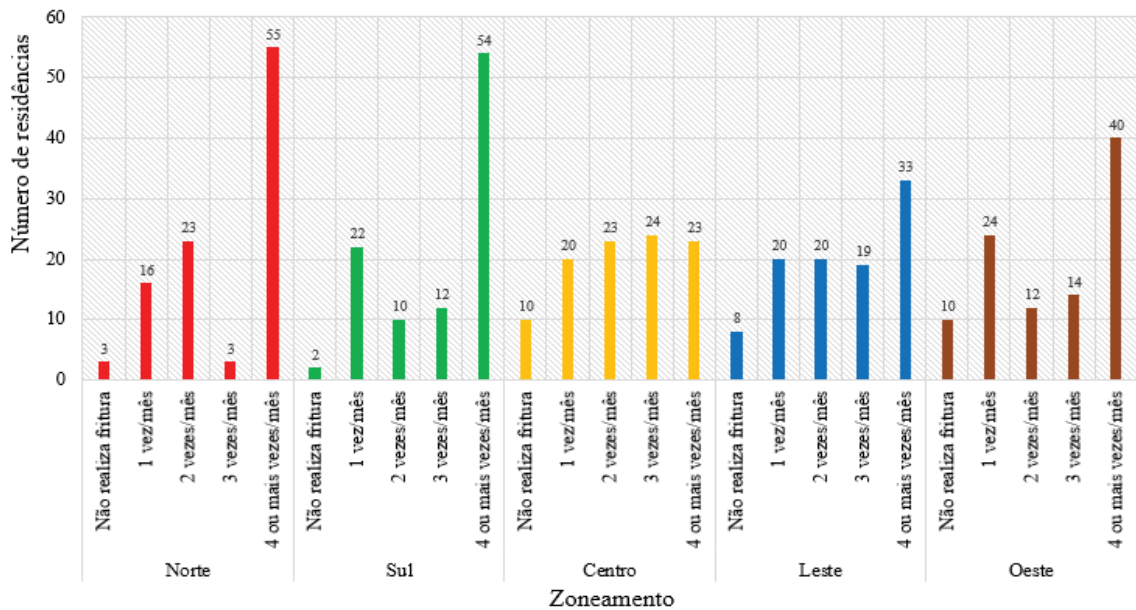
Fonte: Barros et al., 2008.

Ainda sob análise da Figura 18, a região central da cidade apresenta média densidade populacional em grande parte da região e um indicativo de alta densidade no centro histórico da cidade em função do elevado índice de verticalização no local.

A região central apresenta condições socio-econômicas mediana e elevada de renda e infraestrutura, justificando os dados encontrados pela pesquisa de campo de baixo volume utilizado de óleo vegetal para a cocção dos alimentos pela população que ali reside. Pelo estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), regiões com maior poder econômico, utilizam menores quantidades de óleos e gorduras em sua alimentação diária.

Buscando entender o perfil da população e a relação com a renda, conforme informado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), os entrevistados foram indagados sobre a frequência mensal com que eram realizadas frituras de alimentos nas residências.

Em quatro dos cinco zoneamentos entrevistados a maioria das casas realizam fritura por imersão de alimentos 4 ou mais vezes durante o mês; exceto a região central da cidade que apresenta um perfil heterogêneo em relação a quantidade de vezes que são realizadas frituras nas unidades familiares da região (Figura 19 e Tabela 5).

**Figura 19** - Frequência que é realizada a fritura por imersão nas residências de Londrina.**Tabela 6** - Frequência que é realizada a fritura por imersão nas residências nos diferentes zoneamentos de Londrina.

| Zona   | Fritura por imersão (ao mês) | Número de residências | População entrevistada (indivíduos) | %  |
|--------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----|
| Norte  | Não realiza fritura          | 4                     | 144                                 | 3  |
|        | 1 vez                        | 23                    |                                     | 16 |
|        | 2 vezes                      | 33                    |                                     | 23 |
|        | 3 vezes                      | 5                     |                                     | 3  |
|        | 4 ou mais vezes              | 79                    |                                     | 55 |
| Sul    | Não realiza fritura          | 2                     | 93                                  | 2  |
|        | 1 vez                        | 20                    |                                     | 22 |
|        | 2 vezes                      | 9                     |                                     | 10 |
|        | 3 vezes                      | 11                    |                                     | 12 |
|        | 4 ou mais vezes              | 51                    |                                     | 54 |
| Centro | Não realiza fritura          | 9                     | 96                                  | 10 |
|        | 1 vez                        | 20                    |                                     | 20 |
|        | 2 vezes                      | 22                    |                                     | 23 |
|        | 3 vezes                      | 23                    |                                     | 24 |
|        | 4 ou mais vezes              | 22                    |                                     | 23 |

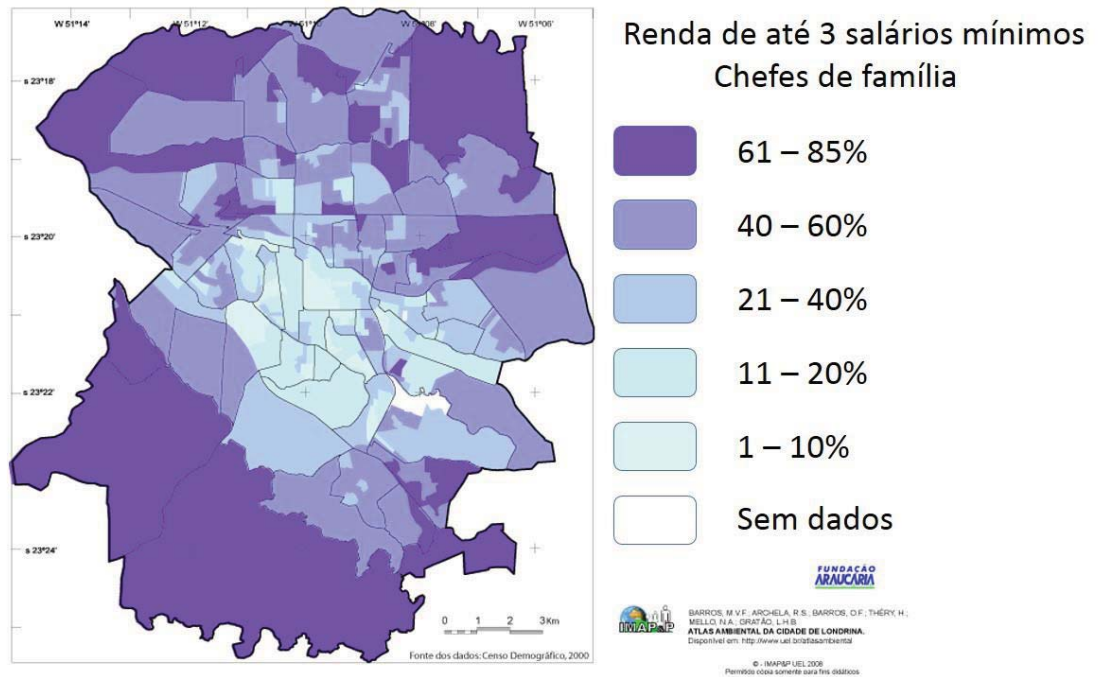
|       |                     |    |     |    |
|-------|---------------------|----|-----|----|
|       | Não realiza fritura | 8  |     | 8  |
| Leste | 1 vez               | 21 |     | 20 |
|       | 2 vezes             | 21 | 105 | 20 |
|       | 3 vezes             | 20 |     | 19 |
|       | 4 ou mais vezes     | 35 |     | 33 |
|       | Não realiza fritura | 10 |     | 10 |
| Oeste | 1 vez               | 23 |     | 24 |
|       | 2 vezes             | 12 | 95  | 12 |
|       | 3 vezes             | 13 |     | 14 |
|       | 4 ou mais vezes     | 37 |     | 40 |

Analisando o Tabela 5 foi possível verificar que a população residente na zona norte e zona sul do cidade, regiões que apresentam um desfavorecimento financeiro considerável segundo informações disponibilizadas por Barros et al (2008) são as regiões que realizam, com maior frequência, a fritura de seus alimentos.

Nos dois zoneamentos citados anteriormente (zona norte e sul) aproximadamente 55% das residências entrevistadas afirmaram realizar frituras 4 ou mais vezes durante o mês. Nas demais regiões (zoneamento central, oeste e leste) esse índice é menor; 20 - 40% das casas entrevistadas afirmaram realizar esse método de cocção de alimentos com a mesma frequência (4 ou mais vezes/mês).

Os padrões alimentares refletem as condições socio-econômicas de cada região entrevistada. Estima et al (2009) apontam que as famílias que apresentam menores níveis socioeconômicos e de escolaridade tendem a consumir mais doces e alimentos ricos em gordura em suas dietas. Na Figura 20 é possível confirmar que os zoneamentos norte e sul são os que possuem a maior porcentagem de chefes de família que recebem até três salários mínimos; enquanto a região central é a que possui a menor porcentagem para o mesmo parâmetro, validando as características sociais dos dados levantados na pesquisa de campo.

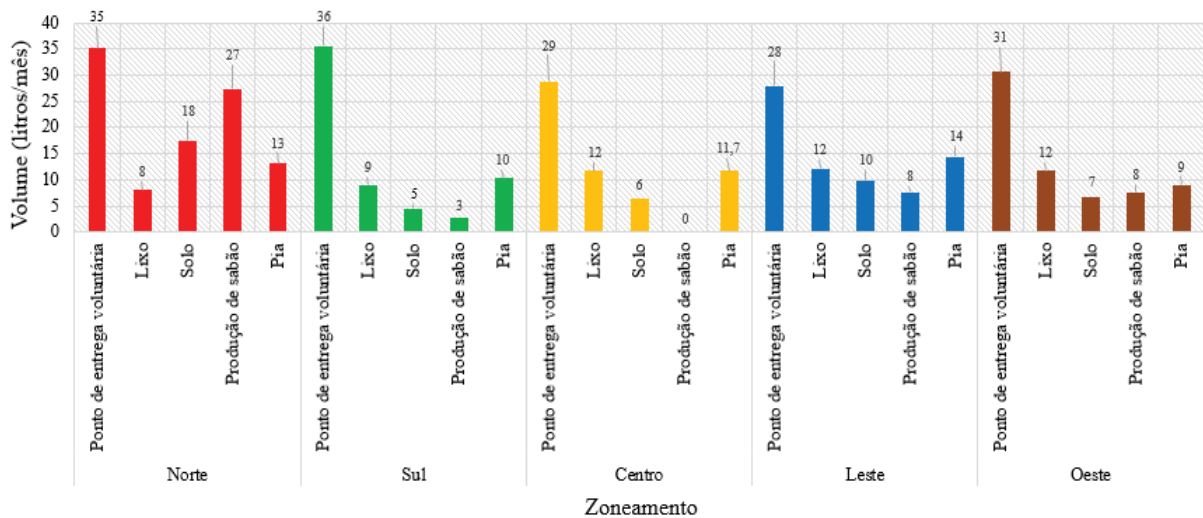
**Figura 20** - Zoneamentos de Londrina e renda familiar.



Fonte: Barros et al., 2008.

O presente trabalho também verificou que existem variações significativas sobre as diferentes formas de descarte do óleo residual de fritura nas residências em função dos zoneamentos existentes no cidade de Londrina (Figura 21).

**Figura 21** - Formas de descarte do óleo residual de fritura nos zoneamentos de Londrina e volume descartado do resíduo (L/mês).



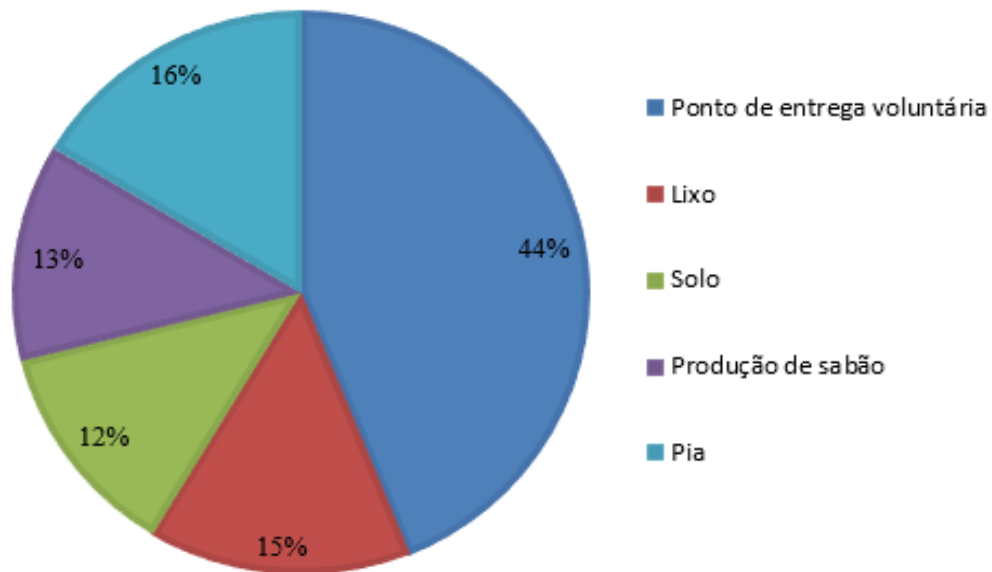
Apesar de existir um predomínio do descarte do óleo residual de fritura em pontos de entrega voluntária distribuídos pelos cinco zoneamentos do cidade também observou-se que, enquanto na zona norte existe uma produção de sabão significativa com o resíduo, na região central não se encontrou essa forma de aproveitamento do material entre a população entrevistada. Essas variações se deve as características financeiras e sociais de cada um locais.

Do volume total de óleo residual de fritura gerado e que necessita de descarte, 57% (203 L/mês) apresenta um destino sustentável para o material, sendo ele descartado em pontos de entrega voluntária do cidade ou até mesmo a produção de sabão a partir do resíduo. O volume restante, 43% (157 L/mês), são descartados junto com lixo orgânico, solo e pia das residências londrinenses (Tabela 6 e Figura 22).

**Tabela 7** – Possíveis formas de descarte do óleo de fritura realizado pela população londrinense (L/mês).

| Local                        | Volume (L/mês) | Representatividade (%) |
|------------------------------|----------------|------------------------|
| Pontos de entrega voluntária | 158            | 44                     |
| Lixo                         | 53             | 15                     |
| Solo                         | 45             | 12                     |
| Produção de sabão            | 45             | 13                     |
| Pia                          | 59             | 16                     |
| Total                        | 360            | 100                    |

**Figura 22** – Representatividade (%) dos diferentes locais onde é realizado o descarte do óleo de fritura pela população londrinense.



Em trabalho realizado por Wildner e Hilling (2012) também foi constatado que 25% da população entrevistada do cidade de Ijuí-Rio Grande do Sul lança o óleo residual de fritura diretamente na rede de esgoto, solo ou lixo e 41% guarda o resíduo para a produção de sabão.

Diante deste comparativo, pôde-se observar que a cidade de Londrina apresenta um elevado percentual descartado inadequadamente (43%) e um baixo percentual de reaproveitamento do resíduo (13%) se comparado ao estudo realizado em Ijuí-Rio Grande do Sul; tornando evidente a necessidade de políticas de educação e sensibilização ambiental no cidade.

A partir de relatos presentes na literatura sabe-se que, quando utilizado o mesmo óleo e/ou gordura em diversas frituras por imersão, em função dos diversos aquecimentos do óleo vegetal, ocorrem reações hidrolíticas e oxidativas do material, tornando-o escuro, viscoso, com elevada acidez e odor desagradável, tornando-o inapropriado para cocções posteriores (COSTA NETO et al., 2000).

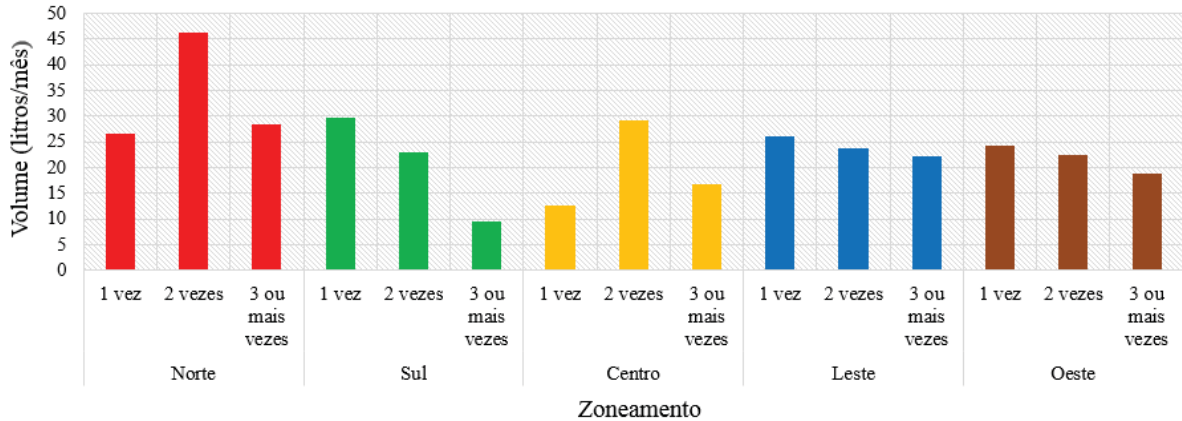
Uma alternativa viável para a utilização do resíduo seria a produção de biodiesel, onde o óleo residual de fritura seria matéria prima para o processo produtivo do biocombustível.

Porém, diversos estudos mostram que a presença de produtos da degradação em óleos e/ou gorduras, como por exemplo os ácidos graxos livres e outros compostos polares produzidos ao longo de vários aquecimentos do mesmo óleo vegetal, dificultam a reação de

alcoólise para a produção de ésteres metílicos ou etílicos (BARROS et al., 2008).

O trabalho de campo buscou aferir quantas vezes o mesmo óleo vegetal é aquecido ou reaquecido para cocções posteriores nas residências dos diferentes zoneamentos da cidade de Londrina (Figura 23 e Tabela 7).

**Figura 23** – Quantidade de vezes que é utilizado e/ou reutilizado o óleo de soja (L/mês).

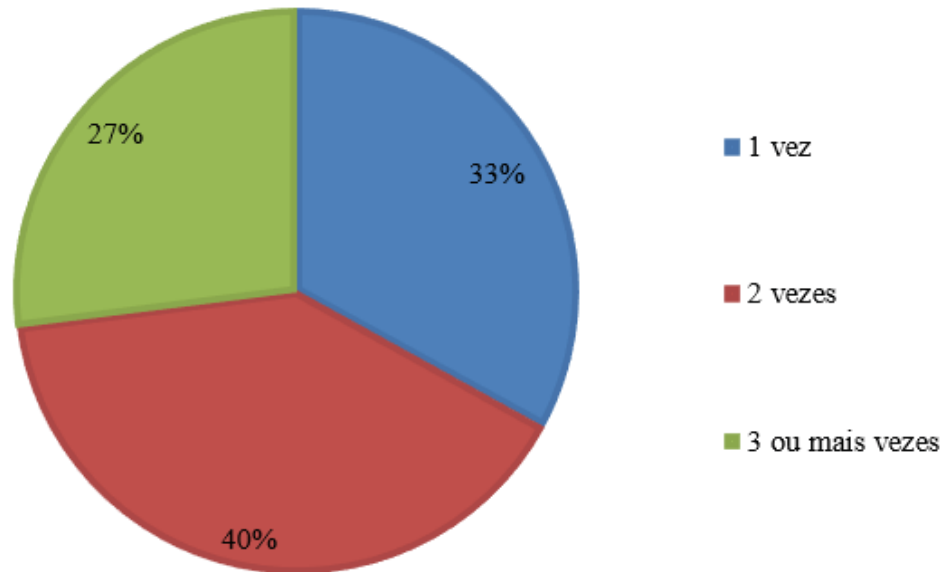


**Tabela 8** - Utilização e reutilização do óleo residual de fritura e volume descartado (L/mês).

| Utilização e reutilização do óleo vegetal | Volume (L/mês) | (%)        |
|-------------------------------------------|----------------|------------|
| 1 vez                                     | 119            | 33         |
| 2 vezes                                   | 145            | 40         |
| 3 ou mais vezes                           | 95             | 27         |
| <b>Total</b>                              | <b>360</b>     | <b>100</b> |

Verificou-se que, independente do zoneamento em que foi realizada a coleta de dados, o predomínio é o reaquecimento do mesmo óleo vegetal no máximo uma vez. Ou seja, na maioria das residências entrevistadas o óleo vegetal é retirado da embalagem que é comercializado, utilizado pela primeira vez para a fritura em imersão do alimento naquela residência, armazenado e reaquecido, no máximo, uma única vez para cocções posteriores (Figura 24).

**Figura 24** – Volume de óleo residual de fritura descartado em função do uso de óleo vegetal.



Em trabalhos realizados sobre a variação do perfil de ácidos graxos e as alterações físico-químicas dos óleos vegetais em processos de fritura descontínua observou-se que, quanto maior o número de vezes que o mesmo óleo vegetal é reaquecido maior é a formação de ácidos graxos livres e compostos carbonílicos no óleo residual de fritura, o que dificulta sua conversão em biocombustíveis (CORSINI et al., 2008).

Dessa forma, pode-se considerar favorável os resultados obtidos pela pesquisa de campo onde foi possível observar que 77% da população londrinense aquece e reaquece o óleo, no máximo, uma única vez favorecendo o reaproveitamento do resíduo para a produção de biocombustível.

Por fim, foi realizada a estimativa do volume total de óleo residual de fritura produzido pelos 478.594 habitantes residentes da zona urbana de Londrina (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Utilizando como referência a Tabela 3 foi realizada uma projeção do volume total de óleo residual de fritura descartado na cidade de Londrina em função da densidade populacional de cada um dos cinco zoneamentos da cidade e das características de geração do resíduo encontrado em cada um dos zoneamentos (Tabela 8).

**Tabela 9** - Projeção do volume total de óleo residual de fritura a ser coletado no cidade de Londrina de acordo com as características de cada zoneamento e a sua densidade populacional.

| Zoneamento | População total residente<br>(habitantes) | Geração <i>per capita</i> (L/mês) | Volume total gerado<br>(L/mês) |
|------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Norte      | 129.061                                   | 0,71                              | 91.633                         |
| Sul        | 85.584                                    | 0,66                              | 56.485                         |
| Centro     | 86.114                                    | 0,61                              | 52.529                         |
| Leste      | 94.409                                    | 0,68                              | 64.198                         |
| Oeste      | 85.426                                    | 0,69                              | 58.943                         |
| Total      | 478.594                                   | -                                 | 323.788                        |

Estima-se que, mensalmente, 323.788 L de óleo residual de fritura são gerados no cidade de Londrina a partir dos pequenos geradores. Geris *et al* (2007) apresenta em seu estudo que a reação de transesterificação apresenta uma taxa de conversão de 88% dos ácidos graxos presentes na matéria prima em ésteres etílicos, com produção de glicerina como subproduto. Assim a cidade de Londrina seria capaz de produzir aproximadamente 284.933 L de ésteres alquílicos mensalmente, volume suficiente para abastecer 2 mil tanques da frota de ônibus do cidade a cada mês.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram consultados 128 Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos cadastrados na Secretaria do Meio Ambiente e verificou-se um volume de 13.900 L de óleo residual de fritura gerado pelos estabelecimentos comerciais e industriais na cidade de Londrina.

Com a coleta de dados realizada no Restaurante Universitário da Universidade Estadual de Londrina aferiu-se que são servidas 60.135 refeições a cada mês no estabelecimento e gera-se 300 litros de óleo residual de fritura no mesmo período; resultando em uma geração de 5 mL do resíduo a cada refeição servida.

A partir das entrevistas realizadas com os moradores de 533 residências em cinco zonas residenciais urbanas de Londrina, o volume de óleo residual de fritura gerado foi de 360 L/mês.

Verificou-se um volume total de 323.788 L/mês de óleo residual de fritura gerado na cidade de Londrina que atenderia 10% da demanda nacional atual de óleo residual de fritura na matriz energética brasileira para a produção de biodiesel.

Com o presente estudo foi identificado que a principal zona urbana da cidade de Londrina que contribui para a geração de óleo residual de fritura é a zona norte (29%) e a que menos contribui é zona central (16%).

Em decorrência do perfil socioeconômico da população local foi constatado que a geração de resíduo *per capita* na zona norte é de 0,71 L/mês, enquanto na zona central este volume equivale a 0,61 L/mês.

Assim, se conclui que a população com menor poder aquisitivo é aquela que mais consome óleo vegetal para cocção por imersão de alimentos e, conseqüentemente, é a maior geradora de óleo residual de fritura.

Sabendo que uma unidade produtora de biodiesel compra o litro de óleo de soja para a produção do biocombustível a R\$ 2,43 e que Londrina gera 284.933 L do resíduo a cada mês, seria possível uma economia de R\$ 692.387,19.

Em trabalhos futuros, seria importante avaliar a qualidade do óleo residual de fritura gerado na cidade de Londrina utilizando o processo de transesterificação convencional para a produção de biodiesel, considerando que o potencial quantitativo não pode ser desconsiderado e ainda estimular o processo de coleta seletiva para aproveitamento deste resíduo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNES, C. C; CALEGARI, L; GATTO, D. A; STANGERLIN, D. M. Uma discussão sobre a descentralização da gestão ambiental. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 14, p.53-73, 2009.

ALVEZ, C. C; MAINARDI, J. C. T; POMPEO, W. A. H; ROSA, C. D. S. O direito fundamental a um meio ambiente sadio e a necessária sustentabilidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da Ufsm**, v. 3, n. 3, p.77-89, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 10006**: Procedimento para a obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 25 p.

BARROS, A. A. C; WUST, E; MEIER, H. F. Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 13, n. 3, p.255-262, 2008.

BARROS, M. V. F; ARCHELA, R. S; BARROS, O. N. F.; THÉRY, H; MELLO, N. A; GRATÃO, L. H. B. **Atlas Ambiental da Cidade de Londrina**. 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BAUEN, A.; BERNDES, G.; JUNGINGER, M.; LONDO, M.; VUILLE, F. **Bioenergy – a sustainable and reliable energy source a review of status and prospects**. 2009. Disponível em <[http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0908\\_IEA\\_Bioenergy\\_\\_Bioenergy\\_%E2%80%93\\_A\\_sustainable\\_and\\_reliable\\_energy\\_source\\_ExSum.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0908_IEA_Bioenergy__Bioenergy_%E2%80%93_A_sustainable_and_reliable_energy_source_ExSum.pdf)> Acesso em fev. de 2018.

BORGES, L. A. C; REZENDE, J. L. P; PEREIRA, J. A. A. Evolução da legislação ambiental no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p.447-466, 2009.

BORTOLI, M. A. Processos de organização de catadores de materiais recicláveis: lutas e conformações. **Katál**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p.248-258, 2013.

BRASIL. Medida Provisória nº 214, de 13 de setembro de 2004. **Altera Dispositivos das Leis Nº 9478, de 6 de Agosto de 1997, e Nº 9847, de 26 de Outubro de 1999.**

BRASIL. Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961. **Regulamenta a denominação de código nacional de saúde e a Lei Nº 2.312, de 3 de Setembro de 1954, de normas gerais sobre defesa e proteção da saúde.**

BRASIL. Lei nº 13.003, de 24 de setembro de 2014. **Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final.**

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduo Sólidos.**

CAMARGO, R. P. L.; COSTA, D. C.; SIQUEIRA, A. J. ALVES, M. I.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Produção de biodiesel etílico de óleos e gorduras de fritura residuais via esterificação ácida seguida de transesterificação alcalina. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 6, n. 3, p. 19 – 44, 2017.

COLEHO, J. M. Quanto de biodiesel o Brasil vai precisar até 2030? Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS. Resolução nº 23, de 09 de novembro de 2017. **Estabelece a adição obrigatória, em volume, de dez por cento de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001. **Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos.** Brasília, p. 553.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Estabelece as condições e padrões de efluentes.** Brasília, p. 89.

CORSINI, M. S; JORGE, N; MIGUEL, A. M. R. O. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Quim. Nova**, v. 31, n. 5, p.956-961, 2008.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E.O. **Biomassa para energia.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

COSTA NETO, P. R; ROSSI, L. F. S; ZAGONEL, G. F. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Quim. Nova**, p.531-537, 2000.

DANTAS, J.; LEAL, J.; MAPOSSA, A. B.; SILVA, A. S.; MELO COSTA, A. C. F. Síntese, caracterização e performance catalítica de nanoferritas mistas submetidas a reação de transesterificação e esterificação via rota metílica e etílica para biodiesel. **Revista Matéria**, v. 21, n. 4, p. 1080 – 1093, 2016.

ECÓLEO. Associação Brasileira para sensibilização, coleta e reciclagem de resíduos de óleos comestíveis. Disponível em <http://ecoleo.org.br/projetos/6766-2/>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

EPE, **Empresa de Pesquisa Energética.** Governo Federal. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>. Acesso em 13 mar. de 2018.

ESTIMA, C. C. P; PHILIPPI, S. T; ALVARENGA, M. Fatores determinantes de consumo alimentar: por que os indivíduos comem o que comem? **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, Porto Alegre, v. 4, n. 24, p.263-268, 2009.

FROEHNER, S.; LEITHOLD, J.; LIMA JÚNIOR, L. F. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. **Quim. Nova**, v. 20, n. 8, p. 2016 – 2019, 2007.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. p. 67 – 70, Blumenau: FURB, 2000.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B.; MAIA, I. S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de soja – Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Quim. Nova**, v. 30, n. 5, p.1369 – 1373, 2007.

GONZALEZ, W. A.; MACHADO, C. R.; BARRETO, E. J. F.; DALL’OGLIO, E. L.; CORREIA, J. C.; BORGES, L. E. P.; ALMEIDA, M. D.; PASTURA, N. M. R.; MENDONÇA, N. B.; SOUSA JÚNIOR, P. T.; NUNES, P. P.; MEDEIROS DA SILVA, R.; LOPES DE SOUZA, R. O.; RODRIGUES, V. Biocombustível a partir de óleos vegetais. **Biodiesel e óleo vegetal in natura: Soluções energéticas para a Amazônia**, Ministério de Minas e Energia, 2008. Cap. 4, p. 67 – 73.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <  
<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411370&search=parana|londrina>  
 >.

Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Prevalência de consumo alimentar e consumo alimentar médio *per capita*, por classes de rendimento total e variação patrimonial familiar *per capita*, segundo os alimentos, 2009. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <  
[ftp://ftp.ibge.gov.br/Orcamentos\\_Familiares/Pesquisa\\_de\\_Orcamentos\\_Familiares\\_2008\\_2009/Analise\\_do\\_Consumo\\_Alimentar\\_no\\_Brasil/tab1\\_7.zip](ftp://ftp.ibge.gov.br/Orcamentos_Familiares/Pesquisa_de_Orcamentos_Familiares_2008_2009/Analise_do_Consumo_Alimentar_no_Brasil/tab1_7.zip)>. Acesso em 15 de janeiro de 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano, capítulo 6, Brasília, 2010.

IPPUL. Bairros e regiões, 2013. Disponível em: <  
[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas\\_tematicos/bairros\\_regioes\\_a4.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/ippul/mapas_tematicos/bairros_regioes_a4.pdf)>. Acesso em 17 de fevereiro 2018.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, p.135-158, 2011.

KRONBAUER, C. A.; SOUZA, M. A.; RÁSIA, K. A.; JACQUES, F. V. S. Auditoria e evidência ambiental: um histórico da legislação das normas brasileiras, americanas e europeias. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, Curitiba, v. 2, n. 2, p.29-46, 2010.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, A. G. Avaliação analítica de óleos utilizados em processos de fritura. **Bol. SBCTA**, n.29, v.2, p.186 – 192, jul/dez, 1995.

LONDRINA. Decreto nº 769, de 23 de setembro de 2009. **Regulamenta A Gestão dos Resíduos Orgânicos e Rejeitos de Responsabilidade Pública e Privada no Município de Londrina e Dá Outras Providências**. Londrina.

MACHADO, P. A. L. Poluição por resíduos sólidos. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros Editores Ltda., 2015. p. 638-674.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Instrumento(s) de pesquisa. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Cap. 10. p. 226-227.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology** 83. p. 37–46. 2002.

MILARÉ, E. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco, capítulo 3, São Paulo, 2013.

MONTEIRO, J. H. P. Manual de Gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOURA, B. H. G; ARAUJO, F. S; ARAUJO, H. R. R; SANTOS, K. V; PADILHA, M. F. P; SOUZA, T. R; MACEDO, J. M; AMARAL, C. Descarte do óleo de fritura dos pequenos empreendedores que atuam no centro da cidade de Porto Velho, Rondônia. **South American Journal Of Basic Education, Technical And Technological**, v. 2, n. 2, p.34-44, 2015.

OLIVEIRA, R. B; RUIZ, M. S; GABRIEL, M. L. D. S; STRUFFALDI, A. Sustentabilidade Ambiental e Logística Reversa: Análise das Redes de Reciclagem de Óleo de Cozinha na Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Adm.Made**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p.115-132, 2014.

OSAWA, C. C; GONÇALVES, L. A. G; MENDES, F. M. Avaliação dos óleos e gorduras de estabelecimentos comerciais da cidade de Campinas/SP: As boas práticas de fritura estão sendo atendidas?. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 21, n. 1, p.47-55, 2010.

PEDROSA, D. S. F; NISHIWAKI, A. A. M. Resíduos sólidos: uma visão prospectiva a partir da análise histórica da gestão. In: EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Resíduos sólidos: Perspectiva e desafios para a gestão integrada**. Recife: Edufrpe, 2014. p. 12-19

PERUCHIN, B; GUIDONI, L. L. C; CORREA, L. B; CORREA, E. K. Gestão de resíduos sólidos em restaurante escola. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p.13-23, 2013.

PITTA JUNIOR, O. S. R; NOGUEIRA NETO, M. S; SACOMANO, J. L; LIMA, A. 2 International Workshop Advances in Cleaner Production. **Reciclagem do Óleo de Cozinha Usado: uma Contribuição para Aumentar a Produtividade do Processo**. São Paulo, 2009. 10 p

POSPISCHEK, V. S; SPINELLI, M. G. N; MATIAS, A. C. G. Avaliação de ações de sustentabilidade ambiental em restaurantes comerciais localizados no município de São Paulo. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, p.595-611, 2014.

RAMOS, P. L; SILVA, F. R; MANGRICH, A. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. **Rev. Virtual Quim**, v. 3, n. 5, p.385-405, 2011.

REDA, S. Y; CARNEIRO, P. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, v. 27, p.60-67, 2007.

ROCHA, C. T.; BRANCO, I. G.; POLANIA, O. A. G.; GUEDES, C. L. B. Levantamento sobre a geração de resíduos de madeira e oleosos com potencial para a produção de briquetes e biodiesel. **Sodebras**, v. 12, n. 141, p. 110-115, 2017.

SAGUY, I. S; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal Of Food Engineering**, p.143-152, 2003.

SANIBAL, E. A. A; MANCINI FILHO, J. Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura. **Caderno de Tecnologia de Alimentos & Bebidas**, p.48-54, 2009.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of vegetable oils: a review. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 9, n. 1, p. 199 – 210, 1998.

SIGLON. Sistema de Informação Geográfica de Londrina. Disponível em: <<http://siglon.londrina.pr.gov.br/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=825051b5b90e40739752ef474b8b67a5>>. Acesso em 17 de fevereiro 2018.

SILVEIRA, D. A.; VIEIRA, G. E. G. **Emprego do óleo residual de fritura na produção do biodiesel**. In XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, 2014, 8 p.

SOUZA, A. C.; GALÃO, O. F.; GUEDES, C. L. B. Biodiesel from used frying oil and conservation using natural antioxidants. **European International Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 6, 2013.

SUAREZ, P. A.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 768 – 775, 2009.

TEIXEIRA, I. M. V. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2011.

TRIOLA, M. F. Estimativas e Tamanhos Amostrais. **Introdução à estatística**. 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. Cap. 6.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento Sustentável: Uma Descrição das Principais Ferramentas de Avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p.67-87, 2004.

VASCONCELOS, E. V.; DANTAS, J.; PEREIRA, K. B. O.; BARROS, A. B.; MOURA, A. C.; COSTA, F. M. **Produção de biodiesel por esterificação metílica utilizando o ferroespínélio  $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$  como catalisador e óleo de fritura como matéria prima**. In: 22 Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016, Natal, p. 2590 – 2601.

WILDNER, L. B. A; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p.813-824, 2012.

WINTHER, J. C. Evolução histórica da legislação ambiental brasileira, 2001.

## APÊNDICE

## LEVANTAMENTO SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E OLEOSOS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES E BIODIESEL

### *SURVEY ON THE OIL AND WOOD RESIDUES GENERATION WITH POTENCIAL FOR BRIQUETTE AND BIODIESEL PRODUCTION*

CAROLINE TOURINHO ROCHA<sup>1</sup>; ISADORA GUILHERME BRANCO<sup>1</sup>; OSCAR ANDRÉS GOYENCHE POLANÍA<sup>1</sup>; CARMEN LUISA BARBOSA GUEDES<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

caroline05rocha@gmail.com; branco.isadora@hotmail.com; andresgpetroleo@gmail.com; carmen@uel.br

**Resumo** – Atividades agroindustriais geram diferentes resíduos que podem ser utilizados como matéria prima no mesmo ou outros processos industriais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da produção de briquetes e biodiesel utilizando resíduos de madeira e resíduos oleosos gerados na região de Londrina-PR, Brasil. A partir da consulta dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Licenças Ambientais junto aos órgãos ambientais SEMA e IAP foi evidenciada a quantidade mensal dos resíduos gerados. Os resultados indicaram que são produzidos 49,7 toneladas de resíduos da poda de árvore urbana, 6,9 mil toneladas do resíduo proveniente das indústrias moveleiras, 860 toneladas de borra oleosa oriunda da indústria do biodiesel a partir de 1,12 milhões de litros de óleo vegetal que entram no processo produtivo de duas indústrias localizadas no estado do Paraná e 14 mil litros de óleo de fritura oriundos de 28 mil litros de óleo vegetal que são utilizados para a cocção de alimentos em 49 unidades comerciais e industriais pesquisadas.

**Palavras-chave:** Resíduo oleoso. Resíduo de madeira. Biomassa energética.

**Abstract** – Agro-industrial activities generate different residues that can be used as raw material for itself or in others industrial processes. The objective of this work was to evaluate the potential production of briquettes and biodiesel using oil and wood residues generated in the Londrina/PR, Brazil. From the consult of the Solid Residues Management Program data and the Environmental Licenses with the environmental agencies SEMA and IAP, it was evidenced the quantity of residues generated per month. The results showed that it is produced and amount of 49,7 tons of urban tree pruning residues, 6.9 thousand tons of residues from furniture segments, 860 tons of soapstock, biodiesel industry, from 1.12 million liters of vegetal oil that enter in the production process of two facilities localizes in the state of Paraná and 14 thousand liters of frying oil from 28 thousand liters of vegetal oil that are used for cooking food in 49 commercial and industrial units investigated.

**Keywords:** Oil residue. Wood residue. Energetic biomass.

#### I. INTRODUÇÃO

A utilização de diversos óleos vegetais na cocção de alimentos é uma prática comum em diversas culturas. Óleos

vegetais são produtos de origem natural, constituídos por uma mistura de éster derivados do glicerol, onde os ácidos graxos contêm cadeias de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturação, ou seja, duplas ligações na cadeia de carbono. Em função das características físico-químicas da matéria prima utilizada para a produção do óleo vegetal variações são detectadas na composição química do produto final (RAMOS *et al*, 2011).

Estudos anteriores nos mostram que, cada pessoa utiliza para fritura de alimentos por imersão, em média, 20 litros de óleo por ano (ECÓLEO, 2012). Após serem aquecidos, os óleos vegetais sofrem reações físico-químicas tornando-os inutilizáveis para cocções alimentícias posteriores, gerando resíduos que, se descartados de maneira inadequada podem causar grandes impactos ambientais (SANIBAL e FILHO, 2009).

Do volume total de óleo residual de fritura que é descartado, mais de 200 milhões de litros têm, mensalmente, como destino rios e lagos, gerando grandes impactos ambientais que comprometem o ambiente de hoje e do futuro (ECÓLEO, 2012). Além dos impactos ambientais causados pela destinação inadequada do óleo de fritura, a produção do óleo de vegetal também gera outros resíduos em seu processo produtivo, como por exemplo, a borra oleosa.

A borra oleosa é um resíduo produzido nas indústrias alimentícias durante o beneficiamento do óleo de soja bruto, formado na etapa de neutralização dos ácidos graxos livres com a presença de hidróxido de sódio (PARK *et al*, 2008).

É considerada uma emulsão oleosa alcalina, composta por água, ácidos graxos saponificados, pigmentos, fosfatídeos, triglicerídeos e outros elementos em menores quantidades, conforme o Quadro 1 (FRÉ, RECH e MARCÍLIO, 2013).

Além do coproduto ser produzido na indústria alimentícia, as empresas produtoras de biodiesel são outra fonte geradora deste resíduo, já que há a necessidade de remoção dos ácidos graxos livres presentes no óleo vegetal bruto para conversão em biodiesel (PARENTE, 2003).

Quadro 1 – Caracterização físico-química da borra oleosa da neutralização do óleo de soja.

| <b>Análises</b>                          | <b>Resultado</b> |
|------------------------------------------|------------------|
| Ácidos graxos totais (%)                 | 27,6             |
| Cinzas (%)                               | 4,8              |
| Óleo neutro (%)                          | 1,5              |
| Umidade e voláteis (%)                   | 69,0             |
| Matéria insaponificada (%)               | 1,0              |
| Ácidos graxos livres em ácido oleico (%) | 15,5             |
| Ácidos graxos oxidados (%)               | 0,5              |
| Insolúveis em álcool (%)                 | 1,8              |
| Solúveis em álcool (%)                   | 28,9             |
| pH a 25°C                                | 7,4              |

Fonte: Fré, Rech e Marcílio, 2013.

Estima-se que, do volume total de óleo vegetal bruto a ser beneficiado, aproximadamente 6% é convertido em borra oleosa. Esse coproduto é produzido em grande volume durante o processo neutralização, o que o torna um grande problema ambiental se descartado de maneira inadequada; porém, valioso se eficientemente recuperado (HASS, 2005).

Outro resíduo orgânico com grande valor energético agregado é a biomassa originária da madeira, proveniente das podas de árvores urbanas, das indústrias do processamento da madeira e da construção civil. No Brasil, estima-se que são gerados, anualmente, 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira, dentre os quais, a principal fonte geradora é a indústria de madeira (91%), meio urbano (8%) e construção civil (3%) onde 70% dos resíduos de poda de árvore urbana gerados no país tem como destino os aterros, lixões e/ou lugares indefinidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

A falta de destinação adequada ou do reaproveitamento dos resíduos de madeira tem gerado problemas econômicos e ambientais para os municípios tais como o elevado custo de destinação desses resíduos, saturação das áreas de descarte, poluição do ar, da água e do solo, maiores riscos de incêndio em aterros e terrenos baldios e degradação da paisagem, além do desperdício de matéria prima com elevado potencial energético (MANI, TABIL e SOKHANSANJ, 2003).

Diversos processos físicos, químicos e/ou biológicos podem ser utilizados visando o reaproveitamento dos resíduos como fonte energética, apresentando diversas vantagens no processo, em especial, a redução de custos, diversificação da matriz energética, desenvolvimento sustentável e a redução do volume de resíduos destinados para os aterros sanitários (GRIMONI; GALVÃO e UDAETA, 2004).

Um desses processos é a compactação ou densificação da biomassa para produção de briquetes e peletes que utiliza pressão mecânica para reduzir o volume de matéria orgânica, tornando-a mais simples de manusear e armazenar, além de aumentar o seu conteúdo de energia volumétrica, reduzir custos com transporte e torna-lo disponível para várias finalidades, como por exemplo, sua combustão em caldeiras (MANI, TABIL e SOKHANSANJ, 2003).

Os resíduos oleosos também podem ser reaproveitados se inseridos na cadeia produtiva de biocombustíveis, que é uma fonte de energia renovável, ou seja, um combustível líquido para transportes provenientes da biomassa, cujas fontes podem ser óleos vegetais, gorduras animais e óleos

residuais, que devem passar pelos processos de pirólise ou transesterificação, dando origem ao bio-óleo e biodiesel, respectivamente (TEIXEIRA e TAOUIL, 2010).

Atualmente, as tecnologias para a conversão dos resíduos em biocombustíveis apresentam dificuldades, como por exemplo, a deficiência da cadeia produtiva e defasagem da quantificação de biomassa disponível para o processo produtivo, tornando-se necessário estudos relacionados ao levantamento do volume de resíduos potenciais a serem implementados em diversos processos produtivos (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise quantitativa do óleo de fritura, borra oleosa proveniente da indústria do biodiesel e resíduo de madeira urbana e industrial disponíveis na região do norte do Paraná e verificar se, em função do volume disponível, existe a possibilidade de utilizar esses resíduos na cadeia produtiva combustíveis alternativos.

## II. PROCEDIMENTOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

Para o presente trabalho utilizou-se como área de estudo municípios localizados na região norte do estado do Paraná, sendo eles a cidade de Londrina, Araongas e Rolândia.

### 2.2. Instrumento de coleta de dados

Foram consultados, fisicamente, cento e vinte e oito Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) cadastrados e aprovados na sede da Secretaria do Meio Ambiente da Cidade de Londrina (SEMA/Londrina), onde foi realizado um levantamento de dados do volume de óleo de fritura descartado semanalmente e o ramo de atividade executada pelos empreendimentos da cidade de Londrina.

O levantamento do volume de borra oleosa da indústria de biodiesel foi realizado a partir do acesso ao banco de dados online do Portal Transparência disponibilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), onde foram verificadas as licenças ambientais vigentes das indústrias produtoras de biodiesel da região norte do Paraná e o volume do coproduto gerado por elas.

Para a coleta de informações sobre os resíduos de madeira, dois órgãos ambientais distintos foram consultados, sendo eles a Secretaria do Meio Ambiente do Município de Londrina (SEMA) e o Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

A quantificação dos resíduos de poda de árvore urbana foi realizada através de consulta ao relatório de serviços executados pela Secretaria do Meio Ambiente do município de Londrina durante o ano de 2016. Também foi solicitado à Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo de Londrina (CMTU/Londrina), setor responsável pela destinação dos resíduos municipais, a quantidade (em massa) de poda de árvore urbana encaminhada para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) do município durante o mesmo período.

Por fim, o levantamento a respeito da quantidade de resíduos da indústria moveleira foi realizado através da Consulta de Processo de Licenciamento, disponível no portal online da Transparência Pública no site do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Para o estudo, contou-se com o auxílio da Central do Instituto Ambiental do Paraná, cuja sede localiza-se em Curitiba/Paraná, que disponibilizou um anexo contemplando duzentas e oitenta e oito licenças

ambientais vigentes das indústrias de atividades madeireiras registradas no Escritório Regional de Londrina (ERLON).

Os dados obtidos a partir dos levantamentos foram tabulados, organizados e analisados a partir de planilhas do Microsoft Excel e os respectivos gráficos foram plotados.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resíduos Oleosos

Dos cento e vinte e oito Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) analisados, quarenta e nove deles apresentaram o óleo de fritura como um dos resíduos gerados pelo empreendimento totalizando, mensalmente, 13,9 mil litros do resíduo a serem descartado a partir dos 27,8 mil litros de óleo vegetal usados para a cocção de alimentos pelas empresas cadastradas na Secretaria do Meio Ambiente da cidade de Londrina/Paraná (SEMA/Londrina).

Estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009) confirmam que, durante o processo de fritura por imersão dos alimentos, 50% do volume inicial de óleo vegetal que entra no processo de fritura é convertido em óleo residual.

A partir da análise dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) de cada empresa, foi possível identificar o ramo de atividade de cada unidade geradora cadastrada no órgão ambiental e identificar qual ramo de atividade mais produz o óleo de fritura como resíduo, bem como uma perspectiva do volume mensal a ser coletado do resíduo na cidade de Londrina/Paraná (Quadro 2).

Quadro 2 – Unidades geradoras de óleo vegetal residual de fritura.

| Ramo de atividade             | Unidades | Volume semanal (litros) | Volume mensal (litros) |
|-------------------------------|----------|-------------------------|------------------------|
| Ensino                        | 5        | 20                      | 81                     |
| Saúde                         | 3        | 46                      | 182                    |
| Unidades industriais          | 4        | 67                      | 267                    |
| Comércio de alimentos         | 31       | 1.680                   | 6.721                  |
| Lazer                         | 6        | 1.662                   | 6.648                  |
| <b>Volume total produzido</b> |          | <b>3.475</b>            | <b>13.900</b>          |

Fonte: Autores, 2017.

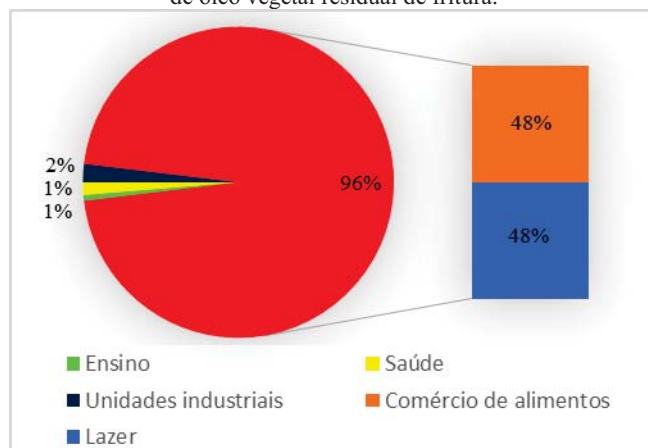
A partir do Quadro 2 foi plotado o Gráfico 1, que pôde-se verificar as principais atividades geradoras do resíduo no município onde, do total gerado, 48% do volume é proveniente de atividades de lazer (shoppings, clubes e salões de eventos) e outros 48% pelos comércios de alimentos (restaurantes, padarias, casas de carnes e supermercados).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004, óleos vegetais ou minerais *in natura* são classificados como resíduos perigosos (Classe I), que são materiais que possuam características físico-químicas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Porém, ao utilizar o óleo vegetal para a atividade de fritura de alimentos, as características físico-químicas do óleo residual são alteradas, apresentando um aumento significativo do teor de umidade no resíduo alterando, portanto, sua classificação segundo a NBR 10.004.

Após ser reclassificado o óleo de fritura enquadra-se como Classe II-A que são os resíduos não-inertes, que necessitam de um controle do volume gerado do resíduo e destinação adequada para o material.

Figura 1 – Ramo de atividade dos estabelecimentos geradores de óleo vegetal residual de fritura.



Fonte: Autores, 2017.

Apesar da Legislação 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente dispor sobre os padrões de qualidade para o lançamento de efluente e nela constar os volumes máximos permitidos de óleos e graxas a serem dissolvidos nos efluentes proveniente de qualquer fonte poluidora (óleos minerais: até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L), práticas inadequadas de descarte dos resíduos oleosos ainda são realizadas.

Estima-se que, no Brasil, dos quatro bilhões de litros de óleo vegetal utilizados no país, dois bilhões de litros tem como destino aterros sanitários e/ou esgotos domésticos (SILVEIRA e VIEIRA, 2015).

Entretanto, se o óleo de fritura for coletado e devidamente processado, pode dar origem a um outro produto: o biodiesel.

O biodiesel é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida a partir do processo de transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta. A borra oleosa, é um dos coprodutos provenientes da neutralização do óleo bruto para produção do biocombustível (TEIXEIRA e TAOUIL, 2010).

Atualmente, a borra oleosa proveniente da indústria do biodiesel é comercializado em fábricas de produtos de limpeza (FRÉ, RECH e MARCÍLIO, 2013).

Assim como o óleo de fritura, a borra oleosa da indústria do biodiesel possui em sua composição final uma quantidade representativa de água, também sendo classificada segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004 como resíduo Classe II-A, não-inerte.

Trabalhos que envolvem seu reuso, reciclagem ou emprego alternativo podem contribuir para agregar maior valor e aproveitamento a este coproduto da cadeia produtiva do biodiesel.

Diante desse contexto, foi realizado um levantamento para identificar o volume de borra oleosa da indústria do biodiesel disponível no estado do Paraná, visando propor uma aplicação alternativa para o coproduto.

Através da consulta online ao Portal Transparência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), foram identificadas três unidades produtoras de biodiesel na região com licenças ambientais vigentes. Porém, apenas duas delas estão em funcionamento, produzindo diariamente um total de 1090 m<sup>3</sup> de biodiesel e 28 toneladas de borra oleosa da indústria do biodiesel, a partir dos 1,12 mil m<sup>3</sup> de óleo vegetal que entram, diariamente, no processo produtivo (Quadro 3).

Quadro 3 – Produção diária de biodiesel e borra oleosa em Usinas no estado do Paraná.

| Unidade industrial       | Produção de biodiesel (m <sup>3</sup> ) | Produção de borra oleosa (toneladas) |
|--------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| A                        | 580                                     | 16                                   |
| B                        | 510                                     | 12                                   |
| Total de biodiesel: 1090 |                                         | Total de borra oleosa: 28            |

Fonte: Autores, 2017.

Diante dos resultados apresentados anteriormente, foi possível verificar que um volume elevado de resíduos oleosos são produzidos na região norte do estado do Paraná. Esse material, quando descartado de maneira inadequada, corresponde a grandes impactos ambientais e desperdício de resíduos energéticos que, se processados, podem ser transformados em fontes de energia e suprir, parcialmente, a matriz energética municipal.

### 3.2. Resíduos de Madeira

A partir do relatório de serviços disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente da Cidade de Londrina foi possível verificar a quantidade de árvores podadas e erradicadas no município no período de junho a dezembro de 2016 (Quadro 4).

Quadro 4 – Dados relacionados ao corte das árvores na cidade de Londrina, no período de junho a dezembro de 2016.

| Corte de árvores    | Jun  | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Árvores podadas     | 152  | 74  | 191 | 67  | 71  | 38  | 46  |
| Árvores erradicadas | 1032 | 349 | 287 | 260 | 234 | 325 | 457 |

Fonte: Autores, 2017.

Com o levantamento de dados na Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo de Londrina (CMTU/Londrina), verificou-se que foi destinado à Central de Tratamento de Resíduos do município (CTR/Londrina), durante o mesmo período de tempo, 347.890 kg de resíduos de corte de árvores urbanas.

O último relatório de diagnóstico de saneamento na cidade de Londrina, disponibilizado pela Prefeitura do Município de Londrina (2009), identificou que, com parte do resíduo de madeira destinado a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) foi realizado o tratamento biológico de compostagem, um processo natural de transformação de resíduos orgânicos que, quando compostados, dão origem aos adubos orgânicos (COOPER *et al*, 2010).

Estudo realizado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2016) identificou que, no ano de 2014, foram recebidas, pelas unidades de manejo de galhada e poda de árvore, 28 mil toneladas dos resíduos de poda urbana em municípios da região sul do Brasil que aderiram a pesquisa.

Tendo como base o estudo apresentado anteriormente, percebe-se que, mesmo não contabilizando os resíduos de madeira proveniente do corte de árvores urbanas em todos os municípios sul brasileiros, a quantidade apresentada foi expressiva, principalmente quando se trata da disposição inadequada desses resíduos.

Para a quantificação dos resíduos de madeira proveniente do polo moveleiro da região norte do Paraná, foram realizadas consultas online através do Portal da Transparência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Dos duzentos e oitenta e oito processos com licenças ambientais vigentes, apenas setenta e sete unidades industriais apresentaram descrição dos resíduos gerados pela empresa, conforme identificados no Quadro 5.

Quadro 5 - Quantificação e destinação de resíduos gerados no polo moveleiro norte paranaense.

| Atividade Industrial                                          | Resíduo de madeira (ton.dia <sup>-1</sup> ) | Resíduo de madeira (ton.mês <sup>-1</sup> ) | Destinação                                                       |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Fabricação de estruturas e móveis.                            | 188,5                                       | 5.654,2                                     | Reutilização; utilização em forno industrial; aterro industrial. |
| Beneficiamento.                                               | 3,3                                         | 99,1                                        | Reutilização; incorporação no solo agrícola; queima em caldeira. |
| Indústria, comércio e transporte; reciclagem.                 | 0,01                                        | 0,2                                         | Reutilização.                                                    |
| Produção de artefato.                                         | 0,05                                        | 1,5                                         | Reutilização.                                                    |
| Produção de chapas, placas aglomerada, prensada e compensada. | 14,0                                        | 420,0                                       | Reutilização.                                                    |
| Serraria.                                                     | 0,5                                         | 1,5                                         | Reutilização.                                                    |
| Produção de cavaco.                                           | 22,5                                        | 675,0                                       | Incorporação no solo agrícola.                                   |
| <b>Total</b>                                                  | <b>228,9</b>                                | <b>6.861,5</b>                              |                                                                  |

Fonte: Autores, 2017.

Identificou-se que, a geração diária de resíduos de madeira nas indústrias moveleiras é de, aproximadamente, 229 toneladas, chegando a quantidades próximas de 7 mil toneladas de resíduo produzido a cada mês.

Informações presentes no último Inventário de Resíduos Sólidos Industriais disponibilizados pelo Instituto Ambiental do Paraná (2009) mostrou que a quantidade de resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas gerados entre os anos de 2004 e 2009 foi de, aproximadamente, 1 milhão de toneladas (13,17% do total de resíduos gerados pelos empreendimentos).

Em função do expressivo volume de resíduo de madeira produzido pelas indústrias moveleiras localizadas na região norte do Paraná, observa-se que o material necessita de um tratamento adequado pois, se descartado de maneira irregular, pode acarretar graves problemas ambientais e sociais, além de desperdiçar um resíduo energético (BRITO e CUNHA, 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004 os resíduos de madeira (independente se o mesmo é provenientes da poda urbana ou indústria moveleira) são classificados como

Classe II-A, que são os resíduos não-inertes. Assim como os resíduos oleosos, os resíduos de madeira necessitam de um controle do volume gerado pelo municípios e indústrias e uma destinação adequada para o material.

Porém, ainda existe a falta de uma metodologia adequada para gerir os resíduos de madeira, portanto a maior parte deles tem como destino os lixões ou aterros sanitários o que inviabiliza o retorno da matéria orgânica ao processamento sustentável (ROCHA et al., 2015).

A utilização de resíduos de madeira de origem urbana, industrial, agrícola e florestal é complexa em função das suas características físico-químicas desiguais (em especial a baixa densidade aparente) e problemas de armazenamento, manuseio e transporte. Essas dificuldades podem ser superadas através do processo mecânico de compactação dos resíduos em formas regulares com alta densidade, denominado de briquetes ou peletes (BHATTACHARYA, SETT e SHRESTHA, 1989).

Atualmente, estudos tem trabalhado com a utilização de misturas de materiais nos processos de compactação com o objetivo de controlar as características físicas e químicas dos briquetes a serem produzidos e sua posterior utilização.

Em seu estudo, Raslavicius (2012) produziu briquetes a partir da mistura de resíduos de corte de madeira e glicerol bruto, buscando aumentar o poder calorífico do produto e encontrar uma forma alternativa para a destinação do glicerol.

Buscando a não dependência de um único material e melhoramento das características energéticas do produto final, a briquetagem a partir da mistura entre a borra oleosa da indústria do biodiesel e os resíduos de madeira torna-se uma alternativa para posterior aproveitamento desses resíduos.

#### IV. CONCLUSÃO

Com o estudo desenvolvido foram identificados diversos tipos de resíduos agroindustriais gerados em quantidades expressivas pela sociedade e indústrias da região norte do estado do Paraná que, se destinados e processados adequadamente, podem ser revertidos em outros produtos.

Mensalmente, são gerados 14 mil litros de óleo de fritura a partir dos 28 mil litros utilizados na cocção de alimentos em 49 unidades comerciais e industriais pesquisadas na cidade de Londrina, região norte do Paraná.

A geração mensal de borra oleosa nas indústrias de biodiesel é de 860 toneladas a partir da neutralização de 1,12 milhões de litros de óleo vegetal que entram no processo produtivo em duas indústrias de biodiesel localizadas no estado.

Foram destinados, por mês, nos últimos anos para o aterro da cidade de Londrina, Paraná, 49,7 toneladas de resíduos de poda de árvore urbana. Os resíduos gerados pelas indústrias moveleiras do norte do Paraná totalizaram 6,9 mil toneladas, mensais.

A partir da quantificação dos resíduos estudados ao longo do trabalho, verificou-se a necessidade do desenvolvimento de produções científicas voltados à caracterização e formas de processamento desses resíduos, visando aproveitá-los de uma forma ambientalmente adequada e economicamente rentável pela população londrinense.

#### V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pelas bolsas de estudo concedidas e suporte financeiro.

#### VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**, Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, nov. 2004.

BHATTACHARYA, Sasanka Chandra.; SETT, Sivasakthy.; SHRESTHA, Ram. State of the art for biomass densification. **Energy Sources**, v. 11, n. 3, p. 161-183, 1989.

BRITO, Leandro de Souza; CUNHA, Magda Elisa Turini. Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Moveleira. **Unopar Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 8, n. 1, novembro, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CORTEZ, Luiz Augusto Barbosa.; LORA, Electro Eduardo Silva.; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Editora Unicamp: Campina, p. 25-28, 2008.

COOPER, Miguel.; ZANON, André Ricardo.; REIA, Marina Yasbek.; MORATO, Ramom Weinz. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais**. Piracicaba: Editora USP/ESALQ, 2010, p. 7-9.

ECÓLEO. Associação Brasileira para sensibilização, coleta e reciclagem de resíduos de óleos comestíveis. Disponível em <<http://ecoleo.org.br/projetos/6766-2/>>. Acesso em 15 de maio de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Biodiesel: inovação para a sustentabilidade, 2009.

FRÉ, Níciéa Chiea; RECH, Rosane e MARCÍLIO, Nilson Romeu. Otimização do processo de obtenção de ácidos graxos a partir da borra do refinamento do óleo de soja, subproduto das indústrias de refino de óleo e biodiesel. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 113-238, jul./dez. 2013.

GRIMONI, José Aquiles Baesse; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro e UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo**. Virtual Ebook. São Paulo: Edusp, 2004. p. 138.

HASS, Michael. J. Improving the economics of biodiesel production through the use of low value lipids as feedstocks: vegetable oil soapstock. **Fuel Processing Technology**, v. 86, n. 10, p. 1087–1096, junho 2005.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Inventários Estadual de Resíduos Sólidos Industriais do Estado do Paraná**. Curitiba, 2009.

MANI, Sudhagar.; TABIL, Lope.; SOKHANSANJ, Shahab. An overview of compaction of biomass grinds. **Powder Handling and Processing**, v. 15, n.3, p. 160-168, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Curitiba, 2009.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. p. 10-12.

PARK, Ji-Yeon.; KIM, Deog-Keun; WANG, Zhong-Ming; LEE, Joon-Pyo; PAARK, Soon-Chul; Lee, Jin-Suk. Production of biodiesel from soapstock using an ion-exchange resin catalyst. **Korean Journal Chemistry Engineering**, v. 25, n.6, p. 1350 – 1354, nov. 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. Plano Municipal de Saneamento Básico - **Relatório de Diagnóstico da situação do saneamento e de seus impactos nas condições de vida da população conforme contrato nº. DGLC-0145/2008**. Londrina, 2009.

RAMOS, Luiz Pereira; SILVA, Fabiano Rosa; MANGRICH, Antônio Salvio; CORDEIRO, Claudiney Soares. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385 – 405, 2011.

RASLAVICIUS, Laurencas. Characterization of woody cutting waste briquettes containing absorbed glycerol. **Biomass and Bioenergy**, v. 45, p. 144-151, 2012.

ROCHA, Ana Júlia Ferreira; SOUZA, Renata Leon Paul; REDA, André Luiz de Lima; DA SILVA, Gilberto Teixeira. Destinação Sustentável do Resíduo de Poda de Árvores Urbanas. XV Safety, Health and Environment World Congress. p. 137 -141. Porto, PORTUGAL, jul. 2015.

SANIBAL, Elaine Abraão Asséf.; FILHO, Jorge Mancini. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Caderno de Tecnologia de Alimentos & Bebidas**, p. 48-54, 2009.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014**. Brasília: CIDADES, 2016.

SILVEIRA, Dyego Amaral.; VIEIRA, Glaucia Eliza Gama. **Emprego do óleo residual de fritura na produção de biodiesel**. XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2014, Florianópolis. Anais de congresso. Florianópolis: Blucher Chemical Engineering Proceedings, 2014.

TEIXEIRA, Milena Carvalho; TAOUIL, Desiely Silva Gusmão. Biodiesel: uma energia alternativa e verde. **Vértices**, Campo dos Goytacazes, v. 12, n. 3, p. 17-40, dez. 2010.

## VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.