



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE TECNOLOGIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

MAYARA RAYSA LIMA ESTEVES

**ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO E APROVEITAMENTO DAS CASCAS  
DE COCO VERDE PARA A PRODUÇÃO DE BRIQUETE EM MACEIÓ - AL**

Maceió

2014

MAYARA RAYSA LIMA ESTEVES

**ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO E APROVEITAMENTO DAS CASCAS  
DE COCO VERDE PARA A PRODUÇÃO DE BRIQUETE EM MACEIÓ - AL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Karla de Souza Abud

Co-Orientadora: Profa. Dra. Karla Miranda Barcellos

Maceió

2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha**

E79e Esteves, Mayara Raysa Lima.  
Estudo do potencial energético das cascas de coco verde para produção de briquetes em Maceió-AL / Mayara Raysa Lima Esteves. – 2014.  
79 f. : il.

Orientadora: Ana Karla de Souza Abud.  
Co-orientadora: Karla Miranda Barcellos.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 68-76.  
Anexos: f. 77-79.

1. Casca de coco verde. 2. Biomassa. 3. Potencial energético. 4. Briquetes.  
I. Título.

CDU: 620.952

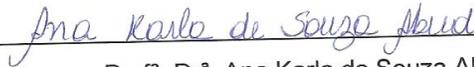
**Mayara Rayssa Lima Esteves**

**ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO E APROVEITAMENTO DAS  
CASCAS DE COCO VERDE PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETE EM  
MACEIÓ- AL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em: Maceió, 25 de fevereiro de 2014.

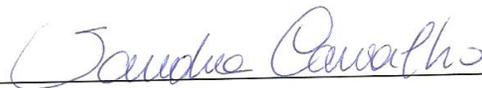
**BANCA EXAMINADORA**



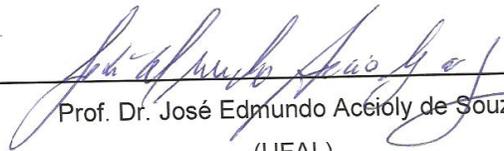
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Karla de Souza Abud  
(PPGEQ/UFAL -Orientadora)



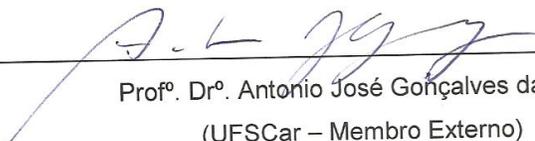
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karla Miranda Barcellos  
(UFAL - Coorientadora)



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Helena Vieira de Carvalho  
(PPGEQ/UFAL)



Prof. Dr. José Edmundo Aceioly de Souza  
(UFAL)



Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Antonio José Gonçalves da Cruz  
(UFSCar – Membro Externo)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por sempre atuar de modo tão positivo em minha vida, e a minha família, que sempre me deu incentivos e meios para continuar e chegar até aqui, em especial ao meu pai José Germano Lopes Esteves (*in memoriam*), à minha tia Gerleni Lopes Esteves e ao meu marido Felipe Costa Leite.

Às orientadoras Profa. Karla Barcellos e Profa. Ana Karla Abud e ao Prof. José Edmundo Accioly, que contribuíram com ensinamentos, dedicação, incentivos para o aprendizado, pela paciência e compartilhamento de conhecimento e experiência.

## RESUMO

Diante da necessidade da busca por novos recursos energéticos e da crescente preocupação com o meio ambiente, estudos e pesquisas vêm sendo realizados com o objetivo de propor alternativas para o uso de resíduos antes descartados, a exemplo dos resíduos de origem agrícola, que se apresentam como fortes candidatos à biomassa para geração de energia. A alta geração de biomassa residual do coco verde na cidade de Maceió -AL, originária do consumo *in natura* dos frutos vendidos por comerciantes na orla da cidade e do consumo do fruto por parte das indústrias de envase de água de coco, foi estimada em 1.430 toneladas produzidas anualmente nos pontos de estudo. O presente trabalho avaliou a utilização deste resíduo agroindustrial, sob forma de briquete, como substituto à lenha, na maioria das vezes oriunda de fonte ilegal e utilizada na obtenção de energia térmica em fornos industriais. Foi determinado o potencial energético dessa biomassa, suas características físico-químicas pré e pós-briquetagem e os processos envolvidos na produção de briquetes a partir da casca do coco verde. Após processamento, os mesmos foram classificados em briquetes de pó e de fibra, apresentando 12% de umidade e elevado poder calorífico, com 18,5 MJ/kg e 19,5 MJ/kg, respectivamente. Analisou-se, ainda, o mercado de briquetes na cidade, desde os principais fabricantes aos atuais e possíveis consumidores, identificando um grande espaço no comércio para o uso do briquete de casca de coco verde.

**Palavras-chave:** casca de coco verde, biomassa, potencial energético, briquetes.

## ABSTRACT

Due to the necessity of exploring new energy resources and growing concern about the environment is that studies and researches have been conducted on the intention to propose alternative uses for waste material, previously discarded, the example of waste of agricultural origin that are presented as strong candidates for biomass for energy generation. Considering the high generation of waste biomass of green coconut in Maceió-AL, through the consumption of the fruit by the industrial bottling coconut water and fresh consumption of fruits sold by traders the edge of Maceió, estimated at 1430 tonnes produced annually. This paper proposes the use of agro-industrial waste, in the form of briquettes, substituted firewood, mostly originating from illegal source, and used to obtain thermal energy in industrial furnaces. We evaluated the energy potential of biomass, their physicochemical characteristics pre and post briquetting, the processes involved in the production of briquettes from the bark of the coconut, which after processing can be classified powder and fiber, with 12% moisture showed a high calorific of 18,5 MJ/kg and 19,5 MJ/kg respectively. Furthermore, we evaluated the market for briquettes city from major manufacturers to current and potential customers, identifying a large space in trade for using the briquettes of coconut husk.

**Key words:** coconut husk, biomass, energetic potential, briquettes

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Matriz energética mundial e brasileira. ....	16
Fonte: Adaptado de BP Statistical Review of World Energy, 2013.....	16
<b>Figura 2</b> - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa. ....	18
<b>Figura 3</b> - Produção de resíduos em cada região do Brasil. ....	19
<b>Figura 4</b> - Produtos agrícolas e a sua localização no mapa do Estado de Alagoas. ....	19
<b>Figura 5</b> - Fluxos e canais de comercialização do coco no Brasil.....	23
<b>Figura 6</b> - Corte longitudinal do coco. ....	24
Fonte: Adaptado de FERREIRA et al., 1998.....	24
<b>Figura 7</b> - Fluxograma básico de produção de briquetes.....	31
<b>Figura 8</b> – Trecho avaliado na pesquisa sobre a geração da casca de coco verde na orla de Maceió-AL.....	36
<b>Figura 9</b> – Estufa de secagem. ....	39
<b>Figura 10</b> – Mufla utilizada nos experimentos.....	40
<b>Figura 11</b> – Análise de densidade do resíduo.....	42
<b>Figura 12</b> – Análise de densidade do briquete com paquímetro PA-155. ....	43
<b>Figura 13</b> – Calorímetro IKAC200.....	44
<b>Figura 14</b> – Disposição inadequada da casca de coco verde na orla de Maceió. ....	45
<b>Figura 15</b> – Resíduos de coco verde proveniente da venda de barracas da orla de Maceió....	46
<b>Figura 16</b> – Resíduos de coco verde disposto em caçamba de lixo.....	46
<b>Figura 17</b> – Diagrama da principal destinação da produção de cocos verde na cidade de Maceió– AL.....	47
<b>Figura 18</b> – Briquetes de bagaço de cana das fábricas “X” e “Y”. ....	50
<b>Figura 19</b> – Briquetes de resíduo de madeira e bambu (a); palha e casca de coco (b); bagaço e palha de cana (c). ....	50
<b>Figura 20</b> - Pátio de recepção de matéria-prima da fábrica de briquetes “X”.....	50
<b>Figura 21</b> - Triturador da fábrica de briquetes “X” .....	51
Fonte: Acervo do autor (2013) .....	51
<b>Figura 22</b> – Secador da fábrica de briquetes “X”.....	51
Fonte: Acervo do autor (2013) .....	51
<b>Figura 23</b> - Interior do secador da fábrica “X”.....	52
<b>Figura 24</b> – Biomassa de bambu triturada antes da etapa de secagem.....	52
<b>Figura 25</b> – Biomassa de bambu triturada após etapa de secagem.....	52
<b>Figura 26</b> – Briquetadeiras da fábrica de briquetes “X”.....	53
<b>Figura 27</b> – Avaliação do tipo de combustível utilizado em padarias na cidade de Maceió...	54
<b>Figura 28</b> – Razão para a escolha do briquete como combustível em padarias na cidade de Maceió. ....	55
<b>Figura 29</b> – Motivo da escolha da lenha como combustível por padarias na cidade de Maceió. ....	55
<b>Figura 30</b> – Pó e fibras da casca de coco verde.....	58
<b>Figura 31</b> – Briquetes de pó e de fibra da casca de coco verde.....	58
<b>Figura 32</b> – Fluxograma proposto para a fabricação de briquete de casca de coco verde. ....	62

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Produção e área colhida dos principais países produtores de coco em 2008. ....	21
<b>Tabela 2</b> - Principais estados brasileiros em área plantada, produção e produtividade de coqueiro em 2009. ....	23
<b>Tabela 3</b> – Características básicas dos briquetes de resíduos agrícolas.....	31
<b>Tabela 4</b> – Caracterização físico-química da biomassa residual da casca de coco verde <i>in natura</i> e sob a forma de briquetes. ....	59
<b>Tabela 5</b> – Densidade energética da biomassa residual da casca de coco verde <i>in natura</i> e sob a forma de briquetes. ....	60
<b>Tabela 6</b> – Relação de preço de equipamentos de uma usina de briquetagem. ....	62
<b>Tabela 7</b> – Relação de preço de equipamentos para processamento da casca de coco em uma usina de briquetagem. ....	62
<b>Tabela 8</b> – Relação de preço de equipamentos e suas respectivas potências. ....	63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
<b>2.1 Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>15</b>
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
<b>3.1 Questão energética.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Tipos de Biomassas.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Biomassas do Estado de Alagoas.....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Cana-de-açúcar.....	19
3.3.2 Mandioca.....	20
3.3.3 Milho.....	20
3.3.4 Arroz.....	20
3.3.5 Coco.....	20
<b>3.4 A cultura do coco (<i>Cocos nucifera</i>) .....</b>	<b>21</b>
3.4.1 Celulose.....	24
3.4.2 Lignina.....	25
3.4.3 Hemicelulose.....	25
<b>3.5 Problemáticas ambientais .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6 Beneficiamento da casca de coco verde .....</b>	<b>28</b>
3.6.1 Pó da casca do coco.....	28
3.6.2 Fibra.....	29
<b>3.7 Produção de Briquetes .....</b>	<b>30</b>
3.7.1 Características dos briquetes.....	31
3.7.2 Vantagens quanto ao uso de briquetes.....	32
3.7.3 Comércio de briquetes.....	32
<b>3.8 Etapas da produção de briquetes.....</b>	<b>33</b>
3.8.1 Recepção.....	33
3.8.2 Picotamento.....	33
3.8.3 Prensagem.....	33
3.8.4 Seleção.....	34
3.8.5 Secagem.....	34

3.8.6 Moagem.....	34
3.8.7 Briquetagem .....	34
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1 Quantificação de resíduos.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Mercado de briquetes.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Avaliação energética da biomassa residual do coco verde.....</b>	<b>37</b>
4.3.1. Coleta do resíduo.....	38
4.3.2 Moagem do material.....	38
4.3.3. Classificação dos resíduos moídos.....	38
4.3.4. Produção dos briquetes de teste .....	39
4.3.5 Análise imediata.....	39
4.3.5.1 Determinação do teor de umidade .....	39
4.3.5.2 Determinação do teor de materiais voláteis.....	40
4.3.5.3 Determinação do teor de cinza .....	41
4.3.5.4 Determinação do teor de carbono fixo .....	42
4.3.5.5 Densidade do resíduo .....	42
4.3.5.6 Determinação da densidade dos briquetes.....	43
4.3.5.7 Determinação da densidade energética dos briquetes .....	43
4.3.5.8 Poder calorífico.....	43
<b>4.4. Viabilidade preliminar econômica do processamento das cascas de coco verde geradas em Maceió para produção de briquetes .....</b>	<b>44</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>45</b>
5.1 Quantificação do resíduo proveniente da indústria de consumo de água de coco na cidade de Maceió .....	45
5.1.1 Levantamento da quantidade de cascas de coco verde na orla de Maceió. Trecho Jatiúca-Pajuçara.....	47
5.1.2 Levantamento da quantidade de cascas de coco verde gerada pelas fábricas de envase de água de coco em Maceió .....	48
<b>5.2 Mercado de briquetes.....</b>	<b>48</b>
5.2.1 Fabricação de briquetes no Estado de Alagoas .....	49
5.2.2 Comércio de briquetes na cidade de Maceió-AL.....	53
<b>5.3. Avaliação energética da biomassa residual do coco verde.....</b>	<b>57</b>
<b>5.4 Viabilidade preliminar técnica e econômica do processamento das cascas de coco verde geradas em Maceió para produção de briquetes.....</b>	<b>61</b>
5.4.1 Avaliação de custos com equipamentos.....	62

5.4.2 Avaliação de custos com energia .....	63
5.4.3 Avaliação de custos com coleta, disposição e transporte.....	63
6. CONCLUSÕES .....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXO I.....	77
ANEXO II .....	78
ANEXO III.....	79

## 1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da indispensável necessidade de energia, nas suas variadas formas, dos avanços tecnológicos e econômicos no mundo, há uma busca incessante de exploração de recursos energéticos disponíveis e alternativos.

A exaustão de fontes não renováveis que, no mundo e no Brasil é a principal fonte responsável pela maior parte da energia produzida (EPE, 2011), leva a uma busca por substituintes renováveis, de modo a proporcionar a diminuição dos impactos ambientais acarretados pela exploração de fontes não renováveis. Contudo, a escolha de recursos energéticos renováveis deve apresentar alguns requisitos, dentre os quais o mais importante é a viabilidade de uso como fontes de energia alternativa, no que se refere ao aspecto tecnológico e ambiental.

No Brasil, uma das fontes de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos no mercado interno e internacional é a biomassa, que traz vantagens na atenuação da dependência de combustíveis fósseis e na diversificação da matriz energética do país. Apesar de ser encontrada em maior abundância, grande parte destes recursos energéticos encontra-se em regiões pouco desenvolvidas, que têm por principal fonte de subsistência a agricultura (ANEEL, 2002).

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), o Brasil, em 2009, foi primeiro produtor mundial de laranja, de cana-de-açúcar e de café, o segundo na produção de soja e o terceiro na produção de milho, o que levou o país a ser o terceiro maior produtor agrícola no ranking mundial.

Devido a uma ampla extensão territorial, condições climáticas favoráveis e diversidades de culturas, tornam-se infinitas as possibilidades de produção, processamento, transformação e geração de resíduos provenientes de diferentes setores do país. Os resíduos do setor agroindustrial se apresentam como fortes candidatos à biomassa para produção de bioenergia (ANEEL, 2011).

São muitas as culturas exploradas pelo setor agroindustrial brasileiro, destacando-se soja, arroz, milho, cana-de-açúcar e outros, nos quais, através do processamento dos resíduos, obtém-se a biomassa. No caso da cana-de-açúcar, pode-se tratar como matéria-prima para obtenção de energéticos o bagaço, a palha e a vinhaça. No milho, é possível utilizar o sabugo, o colmo, a folha e a palha. Os resíduos de campo, chamados de palha, que provêm do processamento do arroz e da soja, podem, também, ser utilizados como matéria-prima. Outra cultura que chama atenção pela expressiva presença no país e pelo alto potencial como

residual energético é a de coco (*Cocos nucifera*), com grande cadeia produtiva e elevado consumo, acabando por acarretar em uma preocupante geração de resíduo, pouco reaproveitada.

Uma das alternativas visadas que propõe o aproveitamento de biomassas é a sua utilização para conversão em energia térmica, que pode ocorrer por meio de diferentes processos tais como a gaseificação, a fermentação, o processo de digestão anaeróbica e a combustão, que pode ser direta ou sob a forma de briquetes (FILHO, 2003). A transformação da biomassa em briquete lhes confere características apreciáveis, tais como a redução de gases poluentes emitidos durante o processo de queima, o aumento da densidade e a concentração de seu teor energético, de modo que o potencial de queima é melhorado (SOUZA, 2011). Desse modo, o aproveitamento de biomassa residual sob a forma de briquetes apresenta-se como uma alternativa de redução dos impactos ambientais, tanto causados pelos descartes inadequados e pela falta de utilização dos resíduos, quanto pela exploração de uma fonte de energia renovável que é largamente utilizada por indústrias, estabelecimentos comerciais e até mesmo residências.

Diante do exposto, este trabalho propõe uma caracterização da biomassa proveniente dos resíduos da casca do coco verde a fim de conhecer suas propriedades e, assim, avaliar seu potencial energético sobre a forma de briquete, como substituinte à lenha, na maioria das vezes oriunda de fonte ilegal, e utilizada na obtenção de energia térmica em fornos industriais. Realizar, paralelamente, uma avaliação do mercado de briquetes da cidade, desde os principais fabricantes aos atuais e possíveis consumidores, bem como os processos envolvidos na produção a partir desta biomassa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Avaliar o potencial energético da biomassa residual proveniente do consumo de coco verde de modo a propor uma alternativa de aproveitamento deste resíduo sob a forma de briquetes.

### **2.2 Específicos**

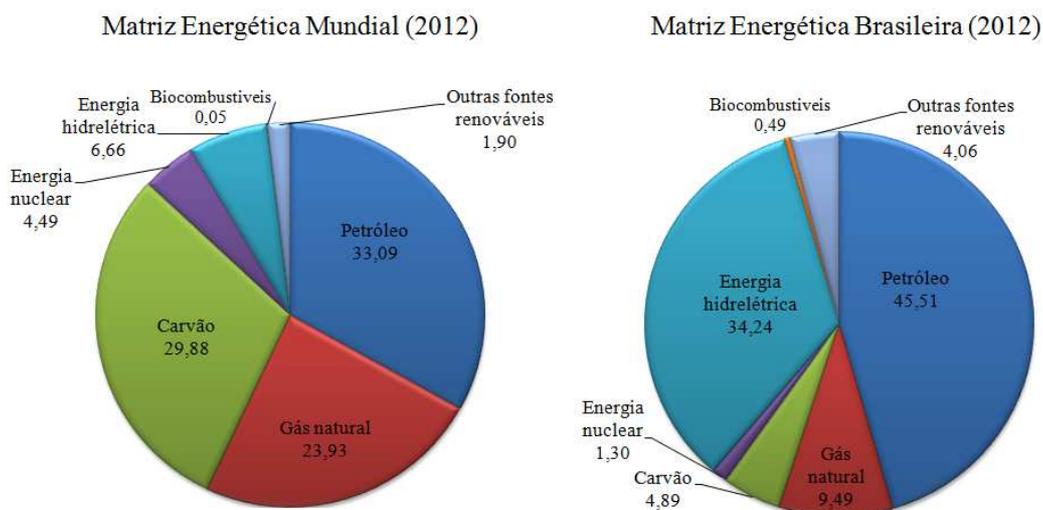
- Quantificar o volume da casca de coco verde gerado na cidade de Maceió;
- Estudar o mercado consumidor de briquetes na cidade de Maceió;
- Avaliar as características físico-químicas e energéticas dos resíduos da biomassa de coco, antes e após compactação (briquetagem);
- Estudar a viabilidade técnica e econômica preliminar com base no aproveitamento dos resíduos de casca de coco verde.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Questão energética

Proveniente de diferentes fontes, a energia é um dos recursos indispensáveis para a sobrevivência humana e sua evolução. Nas matrizes energéticas, mundial e brasileira, pode-se constatar uma diversidade de fontes de energia, assim como o desempenho de cada uma. Algumas dessas fontes de energia possuem, ainda, caráter predominante, enquanto outras ganham ou perdem cada vez mais espaço na situação energética do país e do mundo, a exemplo da energia hidrelétrica que, conforme apresentado na Figura 1, é responsável por 6,66% da produção de energia elétrica no mundo e seu uso vem sendo gradualmente reduzido, visto que, em 2002, segundo a ANEEL, as usinas hidrelétricas foram responsáveis por aproximadamente 18% desta produção.

**Figura 1 - Matriz energética mundial e brasileira.**



Fonte: Adaptado de BP Statistical Review of World Energy, 2013

A energia hidrelétrica é a obtenção de energia elétrica por meio do aproveitamento da energia potencial gravitacional da água, sendo necessária a construção de usinas em rios que operem com elevados volumes de água e apresentem desníveis em seu curso. Apresenta vantagens por ser uma fonte de energia renovável, não emitir poluentes, possuir simplicidade de aproveitamento e disponibilidade (PRATES, 2011). No Brasil, esta fonte energética vem sendo substituída por biocombustíveis e outras fontes renováveis.

Matéria-prima da indústria petrolífera e petroquímica, o petróleo é um composto de origem fóssil formado em rochas sedimentares. Classificado como fonte de energia não-renovável, a geração de energia elétrica ocorre a partir da queima de seus derivados (ALVES,

2003). Observa-se, na Figura 1, que, no Brasil e no mundo, seu uso ainda é bastante expressivo, representando 45,51 e 33,09 % da matriz energética, respectivamente.

No mundo, o gás natural ocupa a terceira posição como fonte de energia mais utilizada. Trata-se de uma fonte de energia limpa, que pode ser usada como substituinte de combustíveis que emitem mais poluentes, como é o caso da lenha e do carvão. O gás natural produzido no Brasil é predominantemente de origem associada ao petróleo e possui representação de cerca de 9,5% na matriz energética brasileira (EPE, 2011).

Extraído por mineração, o carvão mineral é um combustível fóssil natural, que, atualmente, tem como principal finalidade a geração de eletricidade por meio da combustão direta. Dentre os combustíveis de origem fóssil, acredita-se que o carvão mineral é o mais abundante, estando logo atrás do petróleo na matriz energética mundial (ABCM, 2012). No Brasil, esta fonte não é tão significativa quanto as demais de origem fóssil, enquanto no mundo é responsável por cerca de 30% da matriz energética.

Outros variados tipos de fontes apresentam pequenas participações no âmbito energético. Todavia, diante dos dados apresentados na Figura 1, o Brasil se destaca pelo uso de fontes renováveis, representando 38,8% do total ofertado no país (energia hidrelétrica, biodiesel e outras fontes renováveis, como biomassa, solar, eólica e geotérmica), enquanto que, no mundo, este uso representa pouco mais de 8,6% do total de energia. O uso de biomassa como uma das fontes para produção de energia se apresenta com o maior potencial de crescimento nos próximos anos (VIOLANTE, 2012).

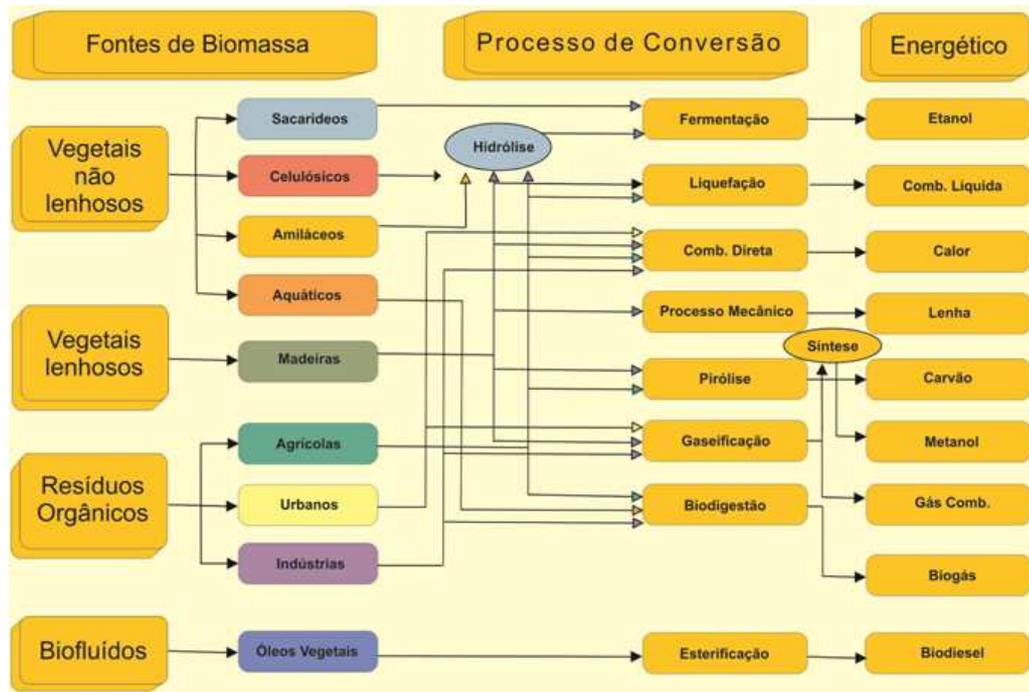
### **3.2 Tipos de Biomassas**

A biomassa pode ser classificada como qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. Quanto à procedência, esta pode ser florestal (madeira), agrícola (soja, arroz, cana-de-açúcar, entre outras), de rejeitos urbanos e industriais (lixo), entre outros (VIOLANTE, 2012). A Figura 2 traz a classificação da biomassa, bem como os possíveis meios de conversão e produto final obtido. Os diversos tipos de biomassas podem ser classificados em grupos como os provenientes de vegetais lenhosos (madeira), de vegetais não lenhosos (compostos celulósicos, amiláceos, aquáticos e sacarídeos), de biomassas obtidas de resíduos orgânicos, sejam eles agrícolas, urbanos e industriais e de biofluidos obtidos de óleos vegetais.

Conforme a Figura 2 é possível notar, também, que existem diferentes métodos de processamento dessas biomassas, os quais podem ser realizados a partir da queima direta, com

ou sem processos físicos de secagem, compressão, corte/quebra etc., e de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou biológicos (digestão anaeróbia e fermentação) (CENBIO, 2011).

**Figura 2 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa.**



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2011

O potencial do energético obtido varia de acordo com características particulares da matéria-prima e da tecnologia de processamento. Os óleos vegetais, por exemplo, sofrem um único processo químico de transformação em biodiesel, que é a esterificação. Os vegetais, lenhosos e não lenhosos, e os resíduos orgânicos podem ser transformados em diferentes biocombustíveis, por rotas simplificadas ou por processos tecnológicos avançados.

Uma característica comum das regiões que obtêm grande parte da energia térmica e elétrica proveniente de biomassa, principalmente do subgrupo madeira e dos resíduos agrícolas, é o fato de possuírem sua economia fortemente dependente da agricultura (FILHO, 2003).

Na Figura 3 é possível observar a produção de resíduos, em sua maioria, de origem agrícola presente em todas as regiões do país.

Observa-se que a região sul, diferente das demais, não é caracterizada pela produção agrícola, de lenha e de óleos vegetais, enquanto que a cultura da cana-de-açúcar não se faz presente nas regiões norte e centro-oeste do país.

**Figura 3 - Produção de resíduos em cada região do Brasil.**

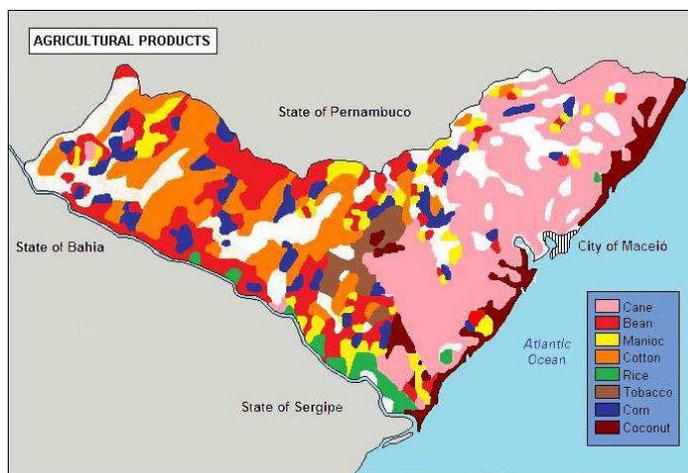


Fonte: Torres, 2009

### 3.3 Biomassas do Estado de Alagoas

O Estado de Alagoas possui uma produção agrícola diversa e significativa, como indica a Figura 4. Dentre as principais culturas estão a cana-de-açúcar, a mandioca, o milho, o arroz e o coco.

**Figura 4- Produtos agrícolas e a sua localização no mapa do Estado de Alagoas.**



Fonte: Frigoletto, 2006. Adaptado do Censo de produção agrícola IBGE.

#### 3.3.1 Cana-de-açúcar

Da cultura agrícola, a cana-de-açúcar demanda a maior produção, estando presente em praticamente metade da área significativa de Alagoas, com 23 usinas atuantes (SINDAÇÚCAR AL, 2013). Isto significa, também, uma grande geração de biomassa residual, que tem seu aproveitamento facilitado pela centralização dos processos de produção.

O resíduo produzido dependerá do teor de fibra da cana processada, apresentando, em média, uma proporção de 280 quilos de bagaço por tonelada de cana (EMBRAPA, 2011).

### 3.3.2 Mandioca

Em Alagoas, a mandioca está presente em todo o Estado, destacando-se na região do Agreste, com 71,5% da quantidade produzida, 59% da área plantada e 73,8% do valor da produção total. A mandioca é uma raiz bastante valorizada no Brasil e no Nordeste, devido a sua rica cadeia produtiva. Além do consumo de mandioca *in natura*, outra parcela significativa é utilizada na fabricação de farinha e de fécula de mandioca, onde desse processamento ocorre a geração de resíduos como folhas, cascas e manipueira (APL MANDIOCA, 2007).

### 3.3.3 Milho

O Brasil configura como terceiro produtor mundial de milho, segundo o Ministério da Agricultura (2012). No Estado de Alagoas, o plantio dessa cultura encontra-se na região do Agreste, praticamente em todos os municípios. O Ministério da Agricultura considera a espiga composta por 70% de grãos, sendo os 30% restantes resíduos.

### 3.3.4 Arroz

Logo atrás do trigo, a cultura do arroz ocupa o segundo lugar em área plantada no mundo e está entre os cereais mais consumidos, segundo o Ministério da Agricultura (2012). Ainda segundo o Ministério da Agricultura, o Brasil ocupa o nono lugar na produção mundial, com colheita na safra 2009/2010 em torno de 11,26 milhões de toneladas. Em Alagoas, apenas 14 municípios fazem o cultivo do arroz. Os resíduos gerados do processamento desta cultura são a palha e a casca do grão, que representam cerca de 20% do seu peso. A produção mundial deste resíduo chega a 80 milhões de toneladas anuais (FOLETTTO et al., 2005).

### 3.3.5 Coco

O Brasil está entre os líderes mundiais na produção mundial de coco verde (*Cocos nucifera*), com uma área equivalente a 57 mil hectares plantados. Em 2007, cerca de 2,77 bilhões de toneladas de cocos foram produzidas, em uma área cultivada de 273.459 hectares.

Trata-se de uma cultura que vem sendo alvo de estudos devido ao crescente aumento na produção e da porcentagem de resíduo gerada, apresentando 60% de biomassa residual (CENBIO, 2008).

### 3.4 A cultura do coco (*Cocos nucifera*)

Introduzida no Brasil em 1553, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma palmeira perene, originária do Sudeste Asiático, trazida pelos portugueses. Esta cultura pode ser classificada como uma das árvores mais importantes mundialmente, provocando grande movimentação econômica. Sua exploração comercial se restringe aproximadamente a 90 países, que apresentam condições climáticas favoráveis de cultivo, como solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação (PURSEGLOVE, 1975).

Cerca de 80% da área mundial plantada com coqueiro situa-se na Ásia (Índia, Filipinas, Indonésia, Sri Lanka e Tailândia), estando os 20% restantes distribuída entre África, América Latina, Oceania e Caribe (FONTES; WANDERLEY, 2010).

Aproximadamente 90% da produção de coco do mundo advém de pequenos agricultores, com áreas de até 5 hectares, sendo que esta produção é praticamente consumida internamente nos países produtores (SIQUEIRA et al., 2002; ARAGÃO et al., 2010).

Em 1990, o Brasil ocupava o décimo lugar como produtor mundial, com uma produção por volta de 477 mil toneladas de coco.

De acordo com a Tabela 1, em cerca de dezoito anos a produção brasileira sofreu um notável avanço, registrando a marca de aproximadamente 2,8 milhões de toneladas, subindo para o quarto lugar no ranking mundial de países produtores de coco (FAO, 2011).

**Tabela 1** - Produção e área colhida dos principais países produtores de coco em 2008.

<b>País</b>	<b>Área colhida (ha)</b>	<b>Produção (1.000 t)</b>
Indonésia	2.950.000	19.5000.000
Filipinas	3.379.740	15.319.500
Índia	1.940.000	10.894.000
Brasil	287.016	2.759.044
Sri Lanka	394.840	2.210.800
Tailândia	245.725	1.483.927
México	178.500	1.246.400
Vietnã	138.300	1.086.000
Papua Nova Guiné	203.000	677.000
Malásia	174.000	455.408
Outros	1.339.505	5.081.057
<b>Mundo</b>	<b>11.230.626</b>	<b>60.713.136</b>

Fonte: FAO (2011)

O Brasil possui cerca de 70% da exploração de coqueiro em propriedades de até 10 ha (SIQUEIRA et al., 2002; ARAGÃO et al., 2010). Segundo dados do Sindicato dos Produtores de Coco (SINDCOCO) sobre o total de coco produzido no país, 35% destinam-se à agroindústria, que tem como principais produtos o coco ralado e o leite de coco, atendendo a grandes empresas de produtos alimentícios. Outros 35% destinam-se aos mercados Sudeste/Sul, para atender às pequenas indústrias, dos quais cerca de 90% são constituídos de frutos verdes. Permanecem no mercado nordestino apenas os 30% restantes, para atender ao consumo *in natura*, tanto de coco seco como de coco verde. Segundo a Embrapa (2007), estima-se que 80% do consumo nordestino sejam de coco seco e os 20% restantes na forma de coco verde.

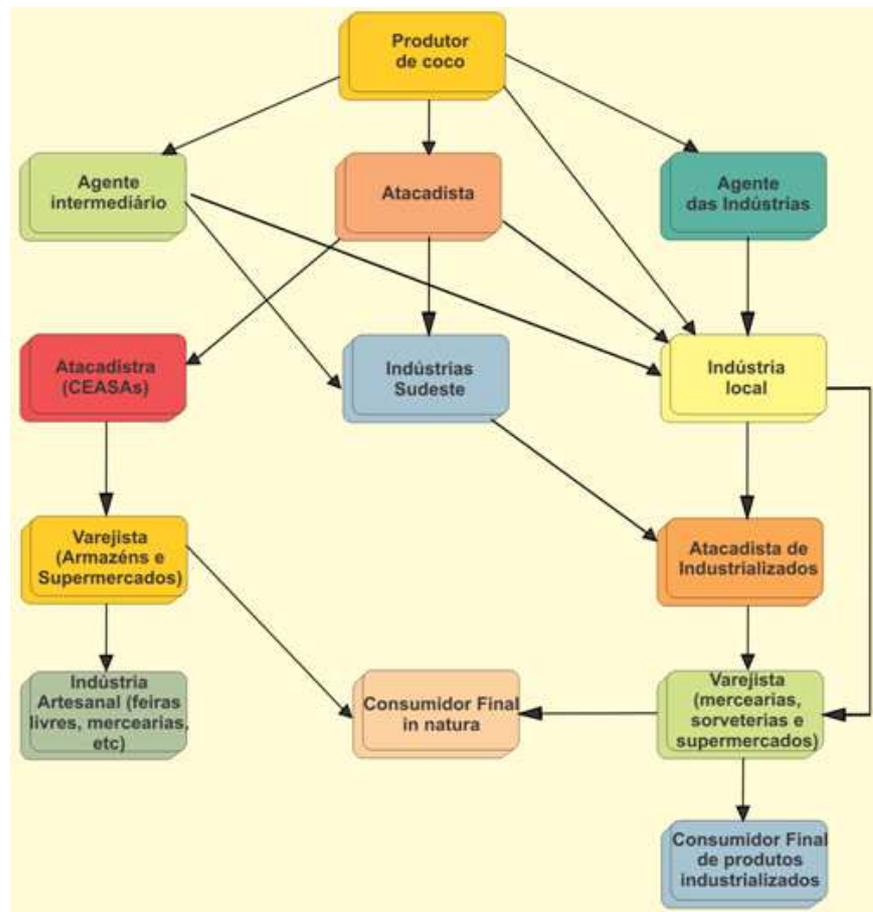
A comercialização interna, em comparação a outras frutas tropicais, apresenta vantagem devido à baixa perecibilidade do fruto, que facilita o transporte de grandes quantidades por grandes distâncias, sem acondicionamento. Os processos de comercialização do coco *in natura* no Nordeste, secos ou verdes, seguem os canais e fluxos da produção mostrados na Figura 5, onde o produtor fornece para a indústria e o atacado. Os frutos são então distribuídos para venda no varejo, *in natura* e industrialização.

A cultura de cocos é responsável pela geração de emprego e renda em vários países, de modo que seus frutos podem ser consumidos *in natura* ou industrializados, na forma de mais de 100 produtos e subprodutos, além do emprego paisagístico que a planta possui e da utilização de outras partes como a raiz, estipe, inflorescência, folhas e palmito na confecção de diversos subprodutos ou derivados de interesse econômico (EMBRAPA, 2007).

A produção brasileira de coco, apresentada na Tabela 2, concentra-se na região litorânea do Nordeste, podendo ser cultivado de modo extensivo e/ou semi-extensivo, sendo o fruto comercializado tanto para venda *in natura* quanto para industrialização de alimentos, produzindo derivados como o leite de coco e/ou coco ralado, bem como o envase da água do coco (MAPA, 2002).

No Estado de Alagoas a produção se concentra, principalmente, no Agreste e no leste do Estado, contando com Coruripe, Piaçabuçu, Marechal Deodoro, São Sebastião e Maragogi como os municípios majoritários na produção. Alagoas conta com cerca de cinco mil produtores familiares de coco, em torno de 12 mil hectares cultivados (PROCOCO, 2011). Segundo o IBGE (2009), a produção de coco no Estado foi de 53.083 mil frutos no ano de 2009.

**Figura 5 - Fluxos e canais de comercialização do coco no Brasil.**



Fonte: Adaptado de Embrapa, 2007

**Tabela 2** - Principais estados brasileiros em área plantada, produção e produtividade de coqueiro em 2009.

Regiões do Brasil	Produção (mil frutos)	Área plantada (ha)	Produtividade (mil frutos/ha)
Bahia	467.080	79.596	5,81
Sergipe	279.203	42.000	6,64
Ceará	259.368	43.448	5,97
Pará	248.188	24.663	10,10
Espírito Santo	157.590	10.625	14,83
Pernambuco	129.822	14.237	9,11
Rio de Janeiro	78.419	4.843	16,19
Paraíba	63.765	11.556	5,52
Rio Grande do Norte	61.004	21.923	2,78
Alagoas	53.083	12.524	4,24

Fonte: IBGE Produção Agrícola Municipal – 2009. Aracaju/SE, 2011

Junto ao o aumento da produção e consumo, principalmente da água de coco, encontra-se, também, uma expressiva geração de resíduo, acarretando em um problema ambiental.

Em 2010, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os brasileiros geraram cerca de 60,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, crescimento de 6,8% sobre o ano de 2009. Portanto, as cascas deste fruto, que têm destinação inadequada ao serem encaminhadas para lixões e/ou áreas impróprias, acabam por acrescentar significativos números a essas estatísticas (BARROSO, 2004).

A casca do coco é constituída por fibras e pó, que se encontram agregados entre si, os quais representam 60% de sua biomassa residual (CENBIO, 2008). Este pó é considerado resíduo do processamento da casca (KAMPF; FIRMINO, 2000).

Diante deste excesso de biomassa residual, este resíduo pode ser notado como fonte energética alternativa e, assim a importância de se conhecer melhor suas propriedades físicas, características e composição.

Segundo Ferreira et al. (1998), o coco é constituído pelo epicarpo, epiderme externa lisa que envolve o mesocarpo, região onde se encontra uma espessa camada de fibras, com 3 a 5 cm de espessura, que por sua vez envolve o endocarpo, camada pétrea que envolve a parte comestível do fruto, ilustrados na Figura 6.

**Figura 6 - Corte longitudinal do coco.**



Fonte: Adaptado de FERREIRA et al., 1998

A composição química da casca de coco varia conforme a fonte, a época do ano e a quantidade de chuvas (ROSA et al., 2001). Segundo Silva (2003), as fibras vegetais, de um modo geral, são compostas principalmente por celulose, hemicelulose e lignina.

### 3.4.1 Celulose

A celulose é um polissacarídeo formado por monômeros de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), na forma de cadeias lineares longas e com alto grau de polimerização (formação de polímeros), insolúvel em água e intimamente ligada à lignina e à hemicelulose, dificultando, assim, seu

isolamento (ROWELL *et al.*, 2005). Está presente em todas as fibras vegetais, conferindo-lhes resistência mecânica (SILVA, 2003; PASSOS, 2005).

#### 3.4.2 Lignina

Trata-se de um polímero complexo, composto por componentes aromáticos e alifáticos de estrutura amorfa. Na formação da parede celular dos vegetais, está associada à celulose e à hemicelulose, conferindo rigidez a mesma, de modo que suas propriedades, estrutura e morfologia, serão influenciadas pela concentração de lignina presente (BRAUSS, 1952; PASSOS, 2005).

#### 3.4.3 Hemicelulose

A hemicelulose é constituída por uma mistura de polissacarídeos de baixo peso molecular e baixo grau de polimerização, cerca de 10 a 100 vezes menor que o da celulose (KOLLMAN; CÔTÉ, 1968). A união da hemicelulose com a celulose dá origem à holocelulose. A hemicelulose encontra-se mais associada à lignina do que a outros polissacarídeos, quando se trata de células maduras (REDVET, 2007).

As fibras da casca de coco apresentam menor percentual de celulose quando comparada a outras fibras vegetais. No entanto, a quantidade de lignina chega a ser duas a quatro vezes superior, atribuindo dureza e durabilidade (SILVA, 2006). Na fibra de coco, o baixo teor de hemicelulose, componente mais suscetível ao ataque de microrganismos, apresenta-se como uma vantagem ao seu uso. Segundo Corradini *et al.* (2009), a fibra da casca do coco verde é constituída por cerca de 40% de lignina e 35% de celulose.

### 3.5 Problemáticas ambientais

A principal fonte de energia nos primórdios da humanidade foi a lenha, até a descoberta de outras possibilidades como combustível. Todavia, este recurso ainda possui presença marcante nas residências e em alguns setores industriais como fonte de energia. O uso indiscriminado da lenha pode resultar em perdas irrecuperáveis da cobertura florestal e da diversidade de espécies. Com participação em quase 10% da matriz energética brasileira, a lenha pode ser de origem nativa ou de reflorestamento (GENOVESE, 2006).

Segundo Melo (2008), devido à extensão dos danos causados pela exploração à mata nativa ao longo dos anos, a substituição da lenha de mata nativa por lenha de reflorestamento vem crescendo a cada ano, sendo o eucalipto a principal árvore cultivada para este fim.

Juntamente com o avanço tecnológico e o crescimento da população, o consumo de material lenhoso para fins energéticos aumentou consideravelmente, principalmente em países em desenvolvimento, chegando a representar até 95% da fonte de energia. Já em países industrializados, a contribuição da lenha não ultrapassa 4% (MELO, 2008).

No Brasil, cerca de 40% da lenha produzida é transformada em carvão vegetal. O setor residencial é o que mais consome lenha, algo por volta de 29%, geralmente destinada à cocção dos alimentos nas regiões rurais, seguido do setor industrial, em torno de 23% do consumo. As principais indústrias consumidoras de lenha no país são as de alimentos e bebidas, de cerâmicas e de papel (FAO, 1988).

A lenha para fins energéticos deve proceder de origem conhecida e legalizada, seja ela adquirida de madeiras, sob a forma de resíduos florestais, seja ela de exploração vegetal. Resíduos florestais são partes rejeitadas no corte de uma árvore para a produção de lenha, tais como troncos e galhos finos. Já nas indústrias que usam a madeira para fins não energéticos, como as serrarias e as indústrias de móveis, os resíduos industriais produzidos são as pontas de toras, costaneiras e serragem em diferentes tamanhos de partículas e densidade, que podem ter aproveitamentos energéticos (WIECHETECK, 2009).

Os aspectos legais para as empresas que utilizam resíduos florestais como fonte de energia são definidos pelo Artigo 10º *caput* do Decreto Federal nº 1.282/94 (BRASIL, 1994), que trata da utilização de matéria-prima florestal e definem que “as pessoas físicas ou jurídicas que, comprovadamente, venham a se prover dos resíduos ou de matéria-prima florestais, ficam isentas da reposição florestal relativa a esse suprimento, dentre elas a matéria-prima proveniente de floresta plantada (com recursos próprios e daquela não vinculada ao Ibama), resíduos provenientes de atividade industrial (costaneiras, aparas, cavacos e similares) e resíduos oriundos de exploração florestal em áreas de reflorestamento.” De acordo com o parágrafo único do Artigo 10º, a isenção não desobriga o interessado da comprovação junto à autoridade competente da origem da matéria-prima florestal ou dos resíduos.

A problemática com o fornecimento de lenha no Nordeste é que a principal fonte é a floresta nativa, sendo a caatinga sua principal fornecedora, fazendo com que seu consumo acabe por provocar devastações nestes biomas.

A vegetação derrubada, no Nordeste, é basicamente para produzir lenha e carvão (ALENCASTRO, 2010). Este tipo de exploração, em qualquer tipo de utilização na indústria, seja madeireira, de carvão ou outros, é proibido por parte da legislação ambiental. O artigo 9º *caput* do Decreto Federal nº 1.282/94 (BRASIL, 1994) indica que “a pessoa física ou jurídica que explore, utilize, transforme ou consuma matéria-prima florestal fica obrigada à reposição florestal”. Além disto, preconiza o parágrafo único do mesmo dispositivo legal citado que a reposição florestal será efetuada no estado de origem da matéria-prima, mediante o plantio de espécies florestais adequadas, preferencialmente nativas, cuja produção seja, no mínimo, igual ao volume anual necessário à plena sustentação da atividade desenvolvida, cabendo ao Ibama estabelecer os parâmetros para esse fim.

Outra problemática em destaque é a geração de resíduos onde, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2010), apenas 89% do lixo gerado é recolhido, sendo os outros 11% restantes descartados em rios, ruas e terrenos. Destes, 89% de lixo coletado, cerca de 23 milhões de toneladas, ou seja, 42,4% do volume total têm destino inadequado em lixões ou aterros controlados que, além da geração do chorume em lixões e a contaminação de solos e lençóis freáticos, diminui a vida útil dos aterros. Muito deste lixo é composto de resíduos que podem ser reaproveitados através de seu processamento químico e/ou biológico (CENBIO, 2011).

O aumento na produção, produtividade e consumo do coco *in natura* contribui para a situação crítica dos lixões e aterros, uma vez que são geradas cerca de 6,7 milhões de toneladas de casca/ano (BARROSO, 2004), com a casca do coco correspondendo a cerca de 60 % da massa total do mesmo (CENBIO, 2008). Quando descartadas nestes locais sem nenhum tipo de tratamento, levam, em média, de 10 a 15 anos para serem decompostas, acabando por se transformar em um sério problema ambiental, de modo a favorecer a proliferação de insetos e roedores (BITENCOURT, 2008).

Nas regiões litorâneas dos grandes centros, cerca de 70% do lixo gerado é composto por cascas de coco verde (BARROSO, 2004).

Em geral o descarte ocorre em locais inapropriados, próximos dos pontos de venda ou consumo, e quando descartados em lixeiras ocorre sem a prática da coleta seletiva. Esse descarte inapropriado, acarreta em um primeiro impacto, o visual, onde a casca passa a compor o quadro paisagístico e acaba ficando em esquecimento ou dando início a um novo ponto de descarte de resíduos, gerando o acúmulo que, por sua vez, produz gases tóxicos e mal cheirosos, proveniente da fermentação facilitada pelo alto teor de umidade do coco. A casca do coco descartada nas ruas ou praias podem ainda viabilizar a existência e

sobrevivência de insetos e roedores sob forma de alimento ou abrigo, ou até mesmo como incubadora de fungos e para o mosquito da dengue, uma vez que acumula água em seu interior. Mesmo o descarte das cascas no lixo ocasiona situações similares, com a produção de gases e chorume nos aterros e lixões, que além do risco de contaminação de lençóis freáticos, diminui a vida útil dos aterros, pois é um resíduo volumoso e seu descarte ocorre sem compactação prévia.

### **3.6 Beneficiamento da casca de coco verde**

Diante da problemática apresentada acerca do aproveitamento da casca de coco verde, muitos estudos e pesquisas vêm sendo realizados a fim de ampliar as possibilidades de uso desta biomassa residual integral ou de suas partes.

#### **3.6.1 Pó da casca do coco**

O uso de substratos agrícolas desempenha um importante suporte nutricional às plantas, podendo ser de origem natural ou sintética, mineral, orgânica e residual (ABAD; NOGUEIRA, 1998).

Na intenção de realizar um aproveitamento de resíduos agroindustriais, antes descartados, estes vêm sendo empregados como substrato agrícola, como é o caso do pó da casca de coco maduro, proveniente da extração da fibra. O controle das características do material a ser usado como substrato é de grande importância. O pó de coco, por exemplo, é um material biodegradável com alta porosidade, alto potencial de retenção de umidade e favorecimento da atividade fisiológica das raízes (ABAD et al., 2002).

Para o uso da casca de coco verde como substrato são realizadas as etapas de prensagem e lavagem, pois este apresenta 85% de umidade e um conteúdo de sais em níveis tóxicos para o cultivo de várias espécies vegetais. Através da retirada desta umidade por compressão mecânica e da etapa de lavagem, ocorre a retirada de uma grande quantidade de sais solúveis. Dentre as vantagens apresentadas pelo uso da casca de coco verde como substrato está a facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade (EMBRAPA, 2007).

### 3.6.2 Fibra

A fibra da casca de coco, além de também ser utilizada como substrato agrícola, pode servir para a fabricação de quase todos os produtos produzidos a partir da fibra da casca do coco maduro. Na indústria, esta possui várias aplicações, desde o uso da fibra como matéria-prima na confecção de bancos para automóveis à produção de mantas geotêxteis, usadas em obras de contenção de encostas, ou mesmo para projetos paisagísticos, na produção de peças de jardinagem e artesanatos. Uma variedade do chamado Tecido Não Tecido, popularmente conhecido por TNT, também é feita da mistura de fibra de coco e látex, podendo ser usada para a confecção de bolsas e peças de artesanato. A fibra já está sendo usada como substituta ao sisal na montagem de forros pelas empresas que fazem aplicação de gesso (MATTOS, 2012).

A fibra da casca de coco pode, ainda, ser utilizada como principal agente adsorvente em um processo ou na potencialização da capacidade de adsorção de outros materiais para realização da descontaminação de efluentes líquidos por metais pesados descartados pelas indústrias químicas (MAGALHÃES; NEVES, 2011).

Uma pesquisa sobre a imobilização da enzima lactase por adsorção, pela casca de coco verde, e sua posterior aplicação na degradação de corantes despejados em efluentes, por indústrias têxteis, mostrou que este é um procedimento barato e completamente viável para o objetivo proposto, já que, dentre as técnicas de imobilização de enzimas, a adsorção física baseada na bioafinidade dos materiais é um processo simples que dispensa posterior tratamento do biossorvente e, ainda, pode ser reutilizado após a dessorção da enzima desativada (CRISTOVÃO et al., 2011).

Na proporção de 30% de fibra e 70% de pó, as fibras podem ser utilizadas para preparar placas de isolamento térmico. O diferencial do uso desse material, na produção dessas placas, é que o uso de ligas sintéticas (resinas de formaldeído, por exemplo) que são prejudiciais ao ambiente e a saúde do ser humano são dispensadas, pois a biomassa é rica em lignina e grupos fenólicos que desempenham a mesma função das resinas sintéticas. (PANYAKAEW; FOTIOS, 2007).

Há, também, estudos sobre o aproveitamento das fibras da casca de coco para a obtenção de nanopartículas de celulose ou nanocristais. Os nanocristais podem ser utilizados para reforçar matrizes poliméricas, melhorando o desempenho dos polímeros (ROSA et al., 2012).

Outra finalidade empregada à casca de coco verde é a produção de briquetes, por meio de um processo de compactação a elevadas pressões. Os briquetes são pequenas toras, resultantes da compactação do resíduo. Mais densos, com formato padrão e com alto poder calorífico, seu uso tem atraído estabelecimentos que, para reduzir custos e aproveitar melhor seu espaço físico, estão aderindo a esta tecnologia. São considerados uma espécie de carvão ecológico de alta qualidade e substituem, com enormes vantagens, a queima de óleo combustível e de madeira em fornalhas, processos de gaseificação, lareiras, etc. (SOUZA, 2011).

### **3.7 Produção de Briquetes**

A transformação de resíduos agrícolas em energia ocorre de diferentes maneiras, inclusive com a queima direta deste material. Embora seja uma transformação prática e de baixo custo de operação, a queima tem sua eficiência energética diretamente relacionada a alguns parâmetros importantes, que devem receber a devida atenção, na tentativa de melhorar sua conversão e aplicabilidade do resíduo, a exemplo da presença de alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a usualmente baixa densidade da biomassa (ANEEL, 2011).

No aproveitamento de biomassa residual sem processamento, a densidade da biomassa combustível (casca, palha, resíduos etc.) interfere nas condições de transporte e armazenamento, devido aos seus baixos valores, demandando um maior espaço para armazenagem e encarecendo o transporte onde, após a coleta do material, segue inteiramente para a unidade de queima que apresentará sua eficiência energética comprometida pela umidade presente na biomassa, geralmente alta em resíduos agrícolas (SOUZA, 2011). O teor de umidade nos resíduos indica o potencial que a biomassa possui para queima, pois um valor muito elevado de umidade demanda uma maior quantidade de calor, diminuindo o potencial de queima.

Na tentativa de aumentar esta eficiência energética, são propostos alguns pré-tratamentos, que envolvem a secagem do resíduo e a densificação ou prensagem, de modo que a biomassa acaba sendo ofertada na forma de briquetes, que é o resultado do processamento de resíduos lignocelulósicos compactados, sob condições elevadas de pressão e temperatura, que detêm excelentes propriedades caloríficas (SOUZA, 2011).

Através das etapas que antecedem a briquetagem, apresentadas na Figura 7, busca-se tratar a biomassa na intenção de melhorar sua eficiência energética

**Figura 7 - Fluxograma básico de produção de briquetes.**

Fonte: Adaptado de SOUZA, 2011

Os briquetes podem ser obtidos a partir dos resíduos de madeira, como o pó de serragem, e de resíduos vegetais, como a casca de coco verde. Seu uso é empregado em empresas e/ou indústrias que tenham forno ou caldeira, na qual possa ser utilizada lenha, como as indústrias alimentícias, cerâmicas, dentre outros, os quais requerem menor espaço para armazenamento (uma tonelada de briquete ocupa 25 m<sup>3</sup>, que equivale a 90 m<sup>3</sup> de lenha), possuem maior densidade e maior poder calorífico do que a lenha, além de uma tonelada de briquete poder substituir aproximadamente 1,96 toneladas de lenha (BIOMACHINE, 2007).

A transformação da biomassa em briquete é um método eficiente de concentrar o teor energético disponível na biomassa, através do aumento de sua massa específica aparente, alcançando, em alguns casos, um valor superior de 5 a 10 vezes ao material de origem ao se levar em consideração o poder calorífico obtido após o processo. Além da melhora no desempenho da queima direta, a briquetagem proporciona uma redução na emissão de partículas e melhoria das condições de armazenamento, transporte e alimentação.

### 3.7.1 Características dos briquetes

As características básicas de briquetes proveniente de resíduos agrícolas se enquadram nas variações apresentadas na Tabela 3, à exceção dos briquetes produzidos a partir de cascas de arroz (SILVEIRA, 2008).

**Tabela 3** – Características básicas dos briquetes de resíduos agrícolas.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Umidade	10 a 12%
Carbono fixo	13,6%
Cinzas	2%
Materiais voláteis	84,4%
Poder calorífico	4.300 - 5.000 kcal/kg
Densidade	1.000 a 1300 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Autora, adaptado Biomachine, 2007.

O teor de cinzas indica a parte inerte do material, ou seja, a que não produz calor. Já em relação ao carbono fixo, tem-se que quanto maior este valor maior será o calor gerado. O

teor de materiais voláteis representa a velocidade de queima do material e quanto menor o valor mais lentamente será a queima. O poder calorífico tem por objetivo determinar a quantidade de calor liberado por grama de biomassa (no caso da lenha 2.000 a 2.500 kcal/kg). Segundo Coutos (2004), as cascas de coco possuem poder calorífico de 4.200 kcal/kg e segundo Nogueira (1998) e outros citados por Andrade (2004), o coco verde residual tem poder calorífico em torno de 5.447 kcal/kg.

### 3.7.2 Vantagens quanto ao uso de briquetes

Segundo Silveira (2008), citado por Biomachine (2007), existe uma série de vantagens técnicas e ambientais que favorecem o uso de briquetes em relação ao uso da lenha, dentre as quais destacam-se:

- Redução do impacto para retirada da lenha, principalmente sobre as florestas nativas;
- Menor índice de poluição (combustível renovável);
- Não há necessidade de regulamentação ambiental pelos órgãos Federal, Estadual e Municipal;
- Permite o aproveitamento de resíduos agrícolas, florestal e outros;
- 1 tonelada de briquete pode substituir até 1,96 toneladas de lenha;
- Sua forma facilita o transporte, a manipulação e o armazenamento;
- Maior higiene;
- Menos fumaça, cinza e fuligem;
- Menor necessidade de estoque;
- Maior densidade;
- Maior poder calorífico.

### 3.7.3 Comércio de briquetes

A produção de briquetes tem seu espaço garantido frente a pequenos negócios e prepara-se para saltos maiores. Sua utilização vai desde setores alimentícios, tais como padarias, pizzarias, churrascarias, e até mesmo residências, ao uso em indústrias cerâmicas e olarias, onde o tipo e características do briquete requerido diferem entre si (CALHEIROS, 2013).

A busca pelo briquete como fonte de energia alternativa à lenha varia desde as questões ambientais até as razões econômicas associadas a outras qualidades deste combustível. Indústrias e/ou fábricas que utilizam lenha são alvos constantes de fiscalizações dos órgãos, o que os conduz a trocarem sua matriz energética poluente pelo briquete, não potencializando o desmatamento das matas regionais (SOUZA, 2011).

### **3.8 Etapas da produção de briquetes**

#### **3.8.1 Recepção**

Logo após a coleta dos resíduos, os mesmos são destinados à recepção onde, ainda nos caminhões, devem ser pesados a fim de se obter dados do processo quanto à alimentação, produção, estocagem e os respectivos balanços de massa e energia.

Em seguida, o material deve seguir para uma esteira que alimenta a picotadeira.

#### **3.8.2 Picotamento**

Esta etapa do processo consiste na diminuição da granulometria do resíduo, para aproximadamente 10 mm, através de sua trituração utilizando uma forrageira ou um picotador. A máquina de corte utilizada pode ser composta de um rolo de facas fixas (permitem o aproveitamento de fibras longas) ou disco e facas, discos de corte alternados e moinhos universais, que são indicados para sistemas onde o aproveitamento da fibra não é requerido. Alguns resíduos requerem que, antes da realização do picotamento, a biomassa seja espalhada sobre o solo para passar por um processo de secagem natural, e posteriormente, transportado para o local de queima (SOUZA, 2011).

#### **3.8.3 Prensagem**

Esta etapa apenas é necessária para o processamento de resíduos que apresentam umidade elevada, como é o caso da casca de coco verde, que apresenta em torno de 85% de água em sua composição (ROSA et al., 2001; BEZERRA; ROSA, 2002).

Após picotado, o material é transportado para uma prensa, que extrai o excesso de líquido do produto já triturado. No processamento da casca de coco verde, a prensagem remove cerca de 60% da umidade, ou seja, consegue-se extrair a água de embebição (água que se encontra livre dentro dos elementos anatômicos do fruto), o que acarreta, também, a remoção conjunta

dos sais. A composição do líquido extraído apresenta composição rica em açúcares fermentescíveis, compostos fenólicos, cátions (cálcio, magnésio, potássio e sódio) e ânions (cloreto, bicarbonato e sulfato), além de elevados valores de DQO e DBO. Tais características indicam a necessidade de tratamento adequado para esta água residuária gerada no processo de beneficiamento da casca de coco verde (MATTOS, 2012).

#### 3.8.4 Seleção

Esta etapa apenas é necessária para o processamento de resíduos que possuam fibras em sua composição, de modo de um classificador realiza a separação das fibras e do pó através de marteletes fixos helicoidais e uma chapa perfurada.

Para o caso do processamento de casca de coco verde, após a prensagem, as fibras correspondem a 30% do produto final e são separadas do pó, equivalente a 70% (MATTOS, 2012).

#### 3.8.5 Secagem

Essa etapa do processo é realizada afim de reduzir a umidade dos resíduos até o teor ideal de briquetagem, pode ocorrer de forma natural ou artificial. A secagem natural é realizada através da luz solar, enquanto que a secagem artificial ocorre através de secador rotativo.

#### 3.8.6 Moagem

Alguns resíduos, mesmo após a etapa de picotamento, necessitam reduzir ainda mais o tamanho da partícula, pois após a etapa de secagem essas tendem a aumentar de tamanho, devido à perda de água. Então a etapa de moagem é introduzida no processamento a fim de alcançar a granulometria ideal desejada para a fabricação dos briquetes, onde o tamanho da partícula esteja entre 5 e 10 mm (CARVALHO, 2004).

#### 3.8.7 Briquetagem

As etapas podem acontecer de maneira conjugada, pois o processo de compactação da biomassa ocorre a elevadas pressões, o que provoca a elevação da temperatura do processo na ordem de 100°C. Este aumento de temperatura atua, também, como aglomerante das

partículas previamente picotadas através da plastificação da lignina, que exige um determinado teor de água presente. Para que isso ocorra há uma quantidade de água necessária, compreendida entre 8% e 12% (QUIRINO,2002).

Diante do exposto foram aplicadas diferentes metodologias para a realização do estudo em questão. Por meio de registros fotográficos, aplicação de questionários e levantamento de dados.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Quantificação de resíduos

A obtenção de dados desta pesquisa se baseou na aplicação de questionário que trata da “Geração da casca de coco verde na orla da cidade de Maceió-AL”, conforme ANEXO I, aplicada aos barraqueiros e ambulantes, buscando informações sobre a quantidade de frutos comercializados, semanal e/ou mensalmente, em períodos de baixa e alta temporada, e da destinação final dos resíduos, com o auxílio de observações feitas pelos mesmos e pelo pesquisador, além de registros fotográficos.

O limite da orla da cidade de Maceió escolhido para a realização da pesquisa foi do trecho que tem início no Posto 7 da Polícia Militar, na orla da Jatiúca, até o final da orla da Pajuçara, na Av. Dr. Antônio Gouveia, como mostra a Figura 8. A razão para a escolha do trecho foi a alta concentração de comércio específico de venda de coco verde *in natura*, uma média de 75 pontos de comercialização, dentre barracas e vendedores ambulantes, e, também, a grande movimentação turística da cidade, a concentração de hotéis nesta região e ao calçadão, que permite a prática de atividades esportivas e de lazer.

**Figura 8 – Trecho avaliado na pesquisa sobre a geração da casca de coco verde na orla de Maceió-AL.**



Fonte: Adaptado pelo autor a partir do Google maps satélite (2013).

Quanto à geração de resíduos proveniente do envase de água de coco verde por indústrias alimentícias na cidade de Maceió, a mesma foi estimada através de pesquisa realizada junto às empresas coletoras e transportadoras dos resíduos ao aterro sanitário da cidade.

A partir dos dados recolhidos com a pesquisa, o levantamento quantitativo do resíduo gerado pelo consumo *in natura* do coco verde foi estimado a partir de Equação 1, sendo considerado 0,5 kg como peso médio do coco e 0,6 o percentual de resíduo (R%) (CENBIO, 2008).

$$R = P.R\% \quad (1)$$

onde  $R$  é a quantidade de resíduo gerado (Kg);  $P$  é a produção com resíduo (Unid.) e  $R\%$  é a quantidade de resíduo de um fruto (%).

Um levantamento de dados junto ao órgão de Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), por meio da aplicação de questionário que trata da “Avaliação dos resíduos de casca de coco gerados na cidade de Maceió-AL”, apresentado conforme ANEXO II, forneceu informações quanto à classificação, quantificação e destino final do resíduo da casca do coco verde.

#### **4.2. Mercado de briquetes**

Através de uma pesquisa de campo, buscaram-se os principais responsáveis pela comercialização de briquetes na cidade de Maceió, avaliando-se o tipo de biomassa utilizada no processo de produção.

Ainda sobre o mercado de briquetes na cidade de Maceió, foi traçado o perfil do consumidor deste produto, através da aplicação de questionário em estabelecimentos alimentícios de diferentes níveis sociais, os quais foram divididos em nível A e nível B, onde o nível A configura um grupo de estabelecimentos na região de maior poder aquisitivo e os estabelecimentos que compõem o nível B na região de menor poder aquisitivo.

#### **4.3 Avaliação energética da biomassa residual do coco verde**

Foram realizadas coletas da casca de coco verde para caracterização físico-química de densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de carbono fixo, densidade

energética e poder calorífico, segundo as normas NBR 8112, de outubro de 1986 e NBR 8633, de outubro de 1984, ambas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Desse modo foi possível uma avaliação energética da possibilidade de aproveitamento destes resíduos sob a forma de briquete.

As análises físico-químicas foram conduzidas no Laboratório de Biocombustíveis e Energia (LABEN) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com uma amostra de lenha coletada de um forno de padaria e com o resíduo de casca de coco verde *in natura* e briquetado, após passar por tratamento adequado de corte, secagem, trituração e peneiramento para escolha de granulometria adequada ao estudo.

#### 4.3.1. Coleta do resíduo

Coletaram-se os cocos em sacos plásticos, na orla de Maceió, após o comércio de sua água. Em seguida, os cocos verdes foram secos por três dias ao ar livre.

#### 4.3.2 Moagem do material

Após secagem, as cascas foram trituradas em uma forrageira elétrica, intercalada com secagem em forno industrial, a uma temperatura de 100°C, por dois dias, para retirada do excesso de água ainda presente, facilitando, assim, a moagem.

#### 4.3.3. Classificação dos resíduos moídos

Com o resíduo já triturado, foi feita a retirada manual dos “novelos” de fibras mais compridas do coco e, com o restante do material, foi realizada a análise granulométrica, segundo a norma da ABNT, NBR 6923, de outubro de 1981, usando um equipamento da BERTEL/SOLOTEST, que consiste em pôr o material triturado em um jogo com 5 peneiras, de 8, 30, 50, 140 e 200 Mesh, acopladas a um sistema vibratório, para sua classificação. As peneiras de 8, 30, 50, 140, 200 ABNT/ASTM possuem abertura de 2,38 mm, 0,595 mm, 0,297 mm, 0,106 mm e 0,074 mm, respectivamente.

O pó e a fibra escolhidos para o processo de briquetagem foram classificados escolhendo-se o resíduo retido na peneira de 30 Mesh ( $0,595 \text{ mm} < G < 2,38 \text{ mm}$ ).

#### 4.3.4. Produção dos briquetes de teste

A produção de briquetes foi realizada na mini usina de adensamento de biomassa da UFAL, fazendo uso da prensa IKA-WERKE, onde foram feitos briquetes a partir da biomassa residual de casca de coco verde já triturada, selecionada, classificada e nas condições de umidade e granulometria desejadas, com cerca de 0,5 g do material, sobre pressão, por 3 minutos.

Em seguida, foram realizadas análises físico-químicas do poder calorífico, densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis e teor de carbono fixo.

#### 4.3.5 Análise imediata

Para análise imediata utilizou-se a norma NBR 8112, de outubro de 1986, que prescreve o método para análise imediata de carvão vegetal, já que não existe norma nacional para análise imediata de resíduos vegetais. Todas as análises foram feitas em triplicata.

##### 4.3.5.1 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade das partículas dos resíduos agrícolas foi aferido utilizando os seguintes materiais: estufa com temperatura de  $105\pm 2$  °C, da marca QUIMIS, balança analítica SHIMADZU, cadinhos de porcelana e dessecador.

Os cadinhos foram previamente secos, em estufa ilustrada na Figura 9, por cerca de 20 minutos e submetida à temperatura de  $105\pm 2$  °C para eliminação de todo e qualquer teor de umidade presente na porcelana.

**Figura 9 – Estufa de secagem.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

Logo após esse tempo os cadinhos foram retirados da estufa e transferidos para um dessecador para esfriarem e, em seguida, foram pesados, ainda vazios, em balança analítica. Posteriormente foi colocado cerca de 1,0 g de briquete em cada cadinho, que foi novamente levado à estufa, onde permaneceu até que os resíduos atingissem massa constante. Realizou-se a pesagem dos cadinhos com os briquetes 30 minutos após a colocação do material na estufa, 1 hora, 1 h e 30 minutos e 2 horas.

O teor de umidade foi determinado segundo a Equação 2 (NBR 8112/86).

$$TU = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

onde  $TU$  = teor de umidade (%);  $m_0$  = massa inicial da amostra (g) e  $m_1$  = massa final da amostra (g).

A norma NBR 8112/86 determina que os resultados obtidos para o teor de umidade não devem diferir um do outro em valores relativos mais que 5 %.

#### 4.3.5.2 Determinação do teor de materiais voláteis

Para essa análise foram utilizados cadinhos de porcelana, mufla FDG3P-S, balança analítica SHIMADZU e dessecador.

Seguindo as normas da ABNT NBR 8112/86, foram colocados em cadinhos de porcelana cerca de 1,0 g de briquete isento de umidade. Os cadinhos foram colocados sobre a porta da mufla, ilustrada na Figura 10, previamente aquecida a  $900 \pm 10^\circ\text{C}$ , por 3 minutos. Após esse tempo, foram colocados no interior da mufla por 7 minutos com a porta fechada.

**Figura 10 – Mufla utilizada nos experimentos.**



Fonte: Acervo do autor (2013).

Em seguida, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em um dessecador para esfriarem e, posteriormente, pesados para determinação da massa final.

O teor de materiais voláteis foi determinado segundo a Equação 3 (NBR 8112/86).

$$MV = \frac{m_2 - m_3}{m} \cdot 100 \quad (3)$$

onde  $MV$  = teor de materiais voláteis (%);  $m_2$  = massa inicial do cadinho + amostra do resíduo (g);  $m_3$  = massa final do cadinho + amostra de resíduo (g);  $m$  = massa da amostra do resíduo (g).

A norma NBR 8112/86 determina que os resultados obtidos para o teor de materiais voláteis não devem diferir um do outro em valores relativos mais que 2 %.

#### 4.3.5.3 Determinação do teor de cinza

Para essa análise foram utilizados cadinhos de porcelana, mufla FDG3P-S, balança analítica SHIMADZU e dessecador.

Os cadinhos, contendo cerca de 1,0 g de briquete isento de umidade, foram colocados na mufla previamente aquecida a  $700 \pm 10^\circ\text{C}$  e deixados lá até que se queimassem completamente.

Em seguida, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em um dessecador para resfriar, sendo posteriormente pesados para determinação da massa final.

O teor de cinzas foi determinado segundo a Equação 4 (NBR 8112/86).

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

onde  $CZ$  = teor de cinza (%);  $m_0$  = massa do cadinho (g);  $m_1$  = massa do cadinho + amostra do resíduo (g);  $m$  = massa da amostrado resíduo (g).

A norma NBR 8112/86 determina que os resultados obtidos para o teor de cinzas não devem diferir um do outro em valores relativos mais que 10%.

#### 4.3.5.4 Determinação do teor de carbono fixo

O teor de carbono fixo por ser uma medida indireta, foi determinado conforme a Equação 5 (NBR 8112/86).

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (5)$$

onde  $CF$  = Teor de carbono fixo (%);  $CZ$  = Teor de cinzas (%);  $MV$  = Teor de materiais voláteis (%).

#### 4.3.5.5 Densidade do resíduo

A densidade do resíduo segue a norma ABNT NBR 6922/81, que consiste no uso de um balão volumétrico de massa e volume conhecido, onde é colocada uma amostra de massa conhecida do resíduo, sendo adicionada água para completar o balão volumétrico, pesando-o novamente, conforme mostra Figura 11.

**Figura 11 – Análise de densidade do resíduo.**



Fonte: Acervo do autor (2013).

Obtém-se a densidade do resíduo pela relação da massa total e do volume total multiplicado pelo valor de densidade da água conforme Equação 6:

$$\rho = \frac{m_a}{V_a} \quad (6)$$

onde  $m_a$  é a massa da amostra (g);  $V_a$  é o volume de amostra (mL);  $\rho$  é a densidade (g/mL).

#### 4.3.5.6 Determinação da densidade dos briquetes

Para obtenção da densidade dos briquetes foi utilizado um paquímetro analógico metálico, 150 mm, marca Vonder, modelo PA-155 e precisão 0,05 mm, ilustrado na Figura 12.

A massa dos briquetes foi determinada com uma balança da marca Bel, modelo Mark 10.000, classe II e precisão 0,1 g. A altura e o diâmetro foram gerados pela média entre diferentes medições. Após determinação do volume do briquete, considerado um cilindro, calculou-se a densidade através da Equação 7.

**Figura 12 – Análise de densidade do briquete com paquímetro PA-155.**



Fonte: Acervo do autor (2013).

$$\rho = \frac{m_b}{V_b} \quad (7)$$

onde  $m_b$  = massa do briquete (g);  $V_b$  = volume do briquete ( $\text{cm}^3$ );  $\rho$  = densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

#### 4.3.5.7 Determinação da densidade energética dos briquetes

A densidade energética dos briquetes foi obtida a partir do produto entre a densidade média e o poder calorífico útil de cada briquete.

#### 4.3.5.8 Poder calorífico

O poder calorífico superior foi determinado utilizando o Calorímetro IKA C 200 (ASTM D-2382), como mostra a Figura 13, seguindo a norma ABNT NBR 8633/84.

**Figura 13 – Calorímetro IKAC200**



Fonte: Acervo do autor

As amostras dos resíduos foram secas em estufa até atingirem massa constante. Foram pesadas aproximadamente 1,0 g em uma balança analítica. A diferença entre o poder calorífico das amostras do mesmo resíduo não poderia ser superior a 40 cal/g. O poder calorífico superior foi determinado pela média entre as medições obtidas pelo calorímetro.

#### **4.4. Viabilidade preliminar econômica do processamento das cascas de coco verde geradas em Maceió para produção de briquetes**

Através das condições apresentadas durante o estudo, pesquisas bibliográficas foram realizadas para auxiliar na proposta do processamento de briquetagem de casca de coco verde, levando em consideração as etapas de briquetagem de resíduos agroindustriais, as características particulares da biomassa residual do coco verde e os custos adicionais envolvidos.

Avaliaram-se, ainda, através da análise dos resultados obtidos neste estudo, os gastos e danos gerados pela falta de aproveitamento deste resíduo. Assim como as vantagens agregadas a sua utilização.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Quantificação do resíduo proveniente da indústria de consumo de água de coco na cidade de Maceió

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado de Alagoas, no ano de 2013, produziu 98,8 mil toneladas de frutos. De acordo com Souza (2011), o peso médio do coco é 0,5 kg, que multiplicado pela quantidade de frutos gera o valor de  $P$  como sendo igual a 49,4 mil toneladas, com a quantidade percentual de resíduo igual  $R\%$  igual a 0,6 (CENBIO, 2008). Tem-se, então, pela Equação 1, que a quantidade de resíduo gerado pela casca de coco no Estado de Alagoas, no ano de 2013, foi em torno de 29.640 toneladas.

Através de pesquisa bibliográfica, aplicação de questionários e registros fotográficos dos locais de disposição dos resíduos gerados pelo consumo do coco verde foi possível atestar a problemática ocasionada pelo destino inadequado dessa biomassa, conforme ilustram as Figuras 14 e 15, gerando impactos visuais, onde em diferentes pontos da orla encontram-se sacolas cheias de cascas de coco, proveniente da venda em barracas e ambulante, dispostos nas calçadas aguardando coleta do órgão competente. Em pontos que possuem caçambas de lixo, os resíduos de coco são dispostos juntamente a outros tipos de lixo, como apresentado na Figura 16.

**Figura 14 – Disposição inadequada da casca de coco verde na orla de Maceió.**



Fonte: Acervo do autor (2013).

O levantamento de dados junto ao órgão de Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), por meio da aplicação de questionário que trata da “Avaliação dos resíduos de casca de coco gerados na cidade de Maceió-AL”, apresentado conforme ANEXO II, forneceu informações quanto à classificação, quantificação e destino final do resíduo da casca do coco verde.

**Figura 15 – Resíduos de coco verde proveniente da venda de barracas da orla de Maceió**



Fonte: Acervo do autor (2013).

**Figura 16 – Resíduos de coco verde disposto em caçamba de lixo.**



Fonte: Acervo do autor (2013).

Segundo a SLUM, para a quantificação de resíduos provenientes do consumo de coco verde na cidade de Maceió, foi constatado que, embora seja um elemento volumoso e de difícil compactação, não há uma classificação específica para tais resíduos. O código de limpeza da Instituição dispõe que comerciantes que produzem mais de 100 litros/dia de resíduos sólidos são considerados grandes geradores, devendo, então, os resíduos serem tratados como especiais. Porém, por entender que o comércio de vendedores ambulantes de água de coco verde é de pequeno porte e, também, por sua comercialização ter uma importância para o turismo na cidade, a prefeitura coleta dos vendedores da orla sem cobrança, não recebendo, portanto, uma classificação. No caso de fábricas produtoras de água de coco, estas recolhem e transportam seus resíduos através de empresas coletoras, que os levam ao aterro sanitário de Maceió, onde a disposição do mesmo custa cerca de R\$ 67/tonelada.

Por não haver uma coleta diferenciada com relação aos cocos comercializados na orla, a quantificação do resíduo gerado não foi realizada. O destino dos resíduos coletados é o aterro sanitário, onde o tratamento dado é o mesmo dado ao lixo domiciliar, ou seja, aterro

com captação de chorume e de gás. A SLUM afirma não haver projetos e/ou parcerias que visem o beneficiamento da casa de coco verde.

Diante do exposto, foram realizadas pesquisas de campo e aplicações de questionários com os principais segmentos responsáveis pela geração deste tipo de resíduo na cidade de Maceió. Pode-se perceber que a destinação básica do coco verde é para consumo da água de coco, podendo esta ser consumida sob duas maneiras diferentes, como apresentado na Figura 17.

**Figura 17 – Diagrama da principal destinação da produção de cocos verde na cidade de Maceió–**



Fonte: Adaptado pelo autor, 2014.

Na tentativa de quantificar a geração do resíduo proveniente deste consumo é que pesquisas de campo e levantamento de dados através de questionários foram aplicadas aos segmentos que atuam com a industrialização da água de coco e com sua venda *in natura*, tais como fábricas locais de envasamento, vendedores ambulantes e barracas do principal trecho da orla de Maceió.

A partir dos dados de quantidades de alimentação de frutos nas fábricas e vendas mensais de ambulantes e em barracas da orla de Maceió, tornou-se possível estimar quanto de casca de coco verde foi gerado como resíduo na movimentação deste comércio através de cálculo matemático, conforme a Equação 1, que considera particularidades do fruto.

### 5.1.1 Levantamento da quantidade de cascas de coco verde na orla de Maceió. Trecho Jatiúca-Pajuçara

O levantamento da quantidade de cascas de coco verde geradas na área de estudo na orla de Maceió foi computado a partir de dados obtidos para a quantidade de frutos comercializados pelas barracas de coco, barracas de praia e vendedores ambulantes de coco.

Nos meses de alta estação (outubro a março) ocorre um maior consumo de água de coco verde, atingindo o máximo nos meses de dezembro e janeiro. Nos meses de baixa estação (abril a setembro) há uma queda na geração desse resíduo, porém com certa

uniformidade, voltando a crescer em meados de setembro. O total de frutos comercializados no período de alta estação foi, em média, 181.482 frutos/ano, enquanto que no período de baixa estação a média é de 87.840 frutos/ano. No total foram cerca de 269.322 frutos comercializados anualmente, tornando possível estimar a quantidade de resíduos gerados com a venda de coco *in natura* por barraqueiros e ambulantes, conforme a Equação 1, como 80.796 kg de casca de coco verde gerados anualmente na orla da cidade de Maceió.

#### 5.1.2 Levantamento da quantidade de cascas de coco verde gerada pelas fábricas de envase de água de coco em Maceió

A geração de resíduos proveniente do envase de água de coco verde por indústrias alimentícias na cidade de Maceió foi estimada através de pesquisa realizada com as empresas responsáveis pela coleta e destinação final desse resíduo na cidade. Verificou-se que apenas duas empresas de limpeza urbana atuam em Maceió, a Solopel e a Viva Ambiental. A primeira afirmou não possuir clientela neste âmbito, enquanto que a segunda coleta de quatro clientes, de diferentes portes e, portanto, com diferentes quantidades de resíduo gerado, totalizando 125 toneladas/mês, em período de alta temporada, enquanto que no período de baixa temporada esse número cai para aproximadamente 100 toneladas/mês, totalizando uma média de 1.350 toneladas de resíduos de coco/ano.

Segundo a SLUM (2013), as empresas que envasam água de coco verde devem coletar seus resíduos em caçambas alugadas das empresas coletoras, atualmente no valor de R\$ 150,00/caçamba, contratando o serviço de coleta por R\$ 120,00/ dia, e devem, ainda, pagar R\$ 67,00 reais/tonelada de resíduo disposto no aterro sanitário. Por fim, de acordo com as pesquisas realizadas com os principais segmentos responsáveis pela geração de casca de coco verde na cidade de Maceió, pode-se afirmar que a quantidade estimada deste resíduo foi de 1.430 toneladas/ano.

## 5.2 Mercado de briquetes

No levantamento realizado, dois fabricantes foram identificados como únicos fornecedores, com fábricas no Estado de Alagoas. Ambos fabricam briquetes de bagaço de cana, porém apenas um deles possui uma variedade de matéria-prima, que vai desde a fabricação dos briquetes de bagaço de cana ao briquete de bambu, de casca de coco seco, de palha de coco seco e de madeira. Essa multiplicidade de biomassas permite um

funcionamento contínuo de uma usina de briquetagem, uma vez que o sistema operacional de briquetagem é semelhante para a maioria das biomassas. O fabricante fica isento da dependência do fornecedor de matéria-prima e, com isso, aumenta sua produtividade. Nenhum dos fabricantes utiliza a casca de coco verde como biomassa na produção de briquetes. O motivo alegado por um dos fabricantes consiste na falta de equipamento adequado à operação dessa matéria-prima que, devido ao alto teor de umidade e fibras em sua composição, exige que etapas de secagem e separação de fibras sejam acrescentadas ao processo.

Na pesquisa sobre potenciais usuários de briquete como fonte energética na cidade de Maceió-AL, um total de 100 estabelecimentos foram entrevistados, dentre os quais 70 padarias e 30 pizzarias. O questionário buscou identificar o percentual dos combustíveis mais comuns utilizados na alimentação de fornos, assim como o motivo da escolha e o custo mensal envolvido.

### 5.2.1 Fabricação de briquetes no Estado de Alagoas

Atualmente, o Estado de Alagoas conta com apenas duas fábricas de briquetes: a fábrica “X”, situada em Rio Largo, e a fábrica “Y”, localizada em Marechal Deodoro. Esta última é a pioneira na fabricação de briquetes no Nordeste do país, tendo seu início marcado pela necessidade de economia de energia elétrica, pelo uso do bagaço de cana-de-açúcar (resíduo da moagem da cana), antes considerado um problema ambiental devido a sua rápida fermentação, onde parte era destinado à venda para alimentação animal e parte para o acionamento das caldeiras.

O briquetes de bagaço de cana fabricado pela fábrica “Y”, vendido atualmente pelo valor de R\$ 280/tonelada, é superior à venda do bagaço em estado natural, o qual custa R\$ 30/tonelada (GRUPO TOLEDO, 2013).

O valor atual dos briquetes de bagaço de cana produzidos pela fábrica “X”, apresentados na Figura 18, fica em torno de R\$ 400/tonelada, por envolver o custo da logística das matérias-primas e a aplicação de diferentes etapas de processamento, a qual permite que o briquete se destaque na qualidade e durabilidade na queima.

O fabricante “X” possui capacidade produtiva atual de briquetes em 3.000 toneladas/mês, com condições de atendimento à demanda do mercado local de pizzarias, padarias, churrascarias e fábricas de cerâmica. O briquete produzido pela fábrica “X” procede de diferentes resíduos agroindustriais, como ilustra a Figura 19, dentre os quais bagaço de

cana, palha e casca do coco seco, além de produzirem briquete de resíduos de madeira e de bambu.

**Figura 18 – Briquetes de bagaço de cana das fábricas “X” e “Y”.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

**Figura 19 – Briquetes de resíduo de madeira e bambu (a); palha e casca de coco (b); bagaço e palha de cana (c).**



Fonte: Acervo do autor (2013)

A fábrica de briquetes “X” possui um amplo pátio para recepção de matéria-prima, como mostra a Figura 20.

**Figura 20 - Pátio de recepção de matéria-prima da fábrica de briquetes “X”.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

O maquinário envolvido conta com um triturador (Figura 21), que prepara a matéria-prima para seguir ao secador (Figura 22), de modo a aumentar a eficiência da etapa de secagem.

**Figura 21 - Triturador da fábrica de briquetes “X”**



**Fonte: Acervo do autor (2013)**

**Figura 22 – Secador da fábrica de briquetes “X”.**



**Fonte: Acervo do autor (2013)**

Uma fornalha gera ar seco e quente, que alimenta o tambor de secagem. Na Figura 23 observa-se que a parte interna do tambor possui pás dispostas por todo o diâmetro e comprimento, com a finalidade de misturar os resíduos úmidos com o gás quente provindo da fornalha. A entrada do resíduo úmido é realizada por uma rosca ou *redler* embutido no solo acionado por um moto-redutor de engrenagens helicoidais.

Conforme constam nas Figuras 24 e 25, após a etapa de secagem o resíduo tende a aumentar de tamanho devido à perda de água, havendo a necessidade de nova etapa de trituração para o alcance da granulometria indicada para a briquetagem.

**Figura 23 - Interior do secador da fábrica “X”.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

**Figura 24 – Biomassa de bambu triturada antes da etapa de secagem.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

**Figura 25 – Biomassa de bambu triturada após etapa de secagem.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

Em seguida, o material segue para a alimentação das quatro briquetadeiras que a Renove S.A. possui (Figura 26). Por fim, os briquetes são embalados e armazenados.

Atualmente, a fábrica de briquetes “X” não processa casca de coco verde por não possuir o maquinário adequado, pois o alto teor de umidade do coco verde faz com que seja necessário um secador específico e um separador que separe a fibra do pó.

**Figura 26 – Briquetadeiras da fábrica de briquetes “X”.**



Fonte: Acervo do autor (2013)

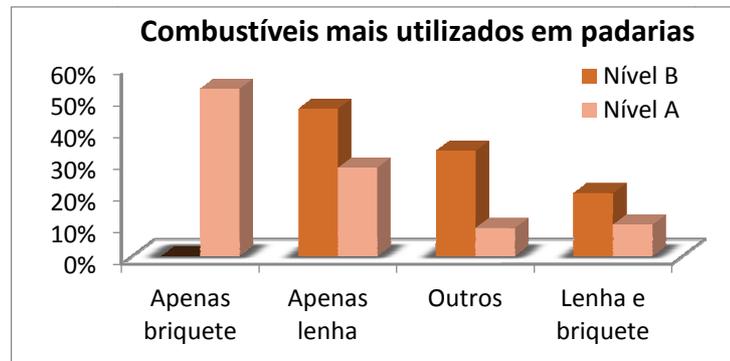
### 5.2.2 Comércio de briquetes na cidade de Maceió-AL

Nos grandes centros, capitais e grandes cidades, o consumo de briquetes compete diretamente com a lenha. Na cidade de Maceió, os principais consumidores desses combustíveis são os setores alimentícios, tais como pizzarias, padarias, churrascarias e, também, algumas indústrias locais. O metro cúbico da lenha pode ser adquirido pelo valor de R\$ 30,00 a R\$ 80,00 sendo que cerca de 7 m<sup>3</sup> de lenha equivalem a 1 tonelada de briquete (BIOMACHINE, 2006). Com base nos valores apresentados, uma tonelada de briquete pode variar de R\$ 280,00 a R\$ 400,00 enquanto que o equivalente em lenha varia entre R\$ 210,00 a R\$ 560,00 indicando que o uso de lenha apresenta vantagem econômica sobre os briquetes.

Uma pesquisa de campo foi realizada, através da aplicação de questionário apresentado no ANEXO III, visando identificar o percentual de uso dos combustíveis mais comuns utilizados por alguns destes estabelecimentos, assim como o motivo da escolha e a demanda mensal. Deste modo, foram entrevistadas 100 estabelecimentos, dentre os quais 70 padarias e 30 pizzarias da cidade de Maceió -AL, de diferentes regiões, que foram divididas em nível “A” e “B” da cidade, apresentando os resultados conforme as Figuras 27 a 29.

De acordo com a pesquisa efetuada, cerca de 53% das padarias situadas no nível A da cidade já consomem briquetes de bagaço de cana, enquanto que 28% ainda fazem uso de lenha, 10% fazem uso concomitante de briquete e lenha e os 9% restantes utilizam o gás encanado ou forno elétrico como combustível.

**Figura 27 – Avaliação do tipo de combustível utilizado em padarias na cidade de Maceió.**

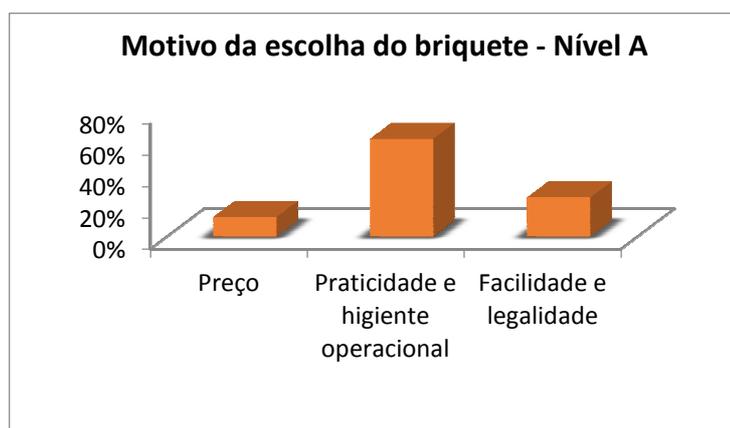


Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Observa-se, também, que no nível B da cidade de Maceió cerca de 46% das padarias entrevistadas fazem uso de lenha e 20% uso concomitante de lenha e briquete de bagaço de cana. O uso de ambos os combustíveis é justificado pela espontaneidade de queima do briquete, onde a queima da lenha é mais lenta, e pela durabilidade de queima da lenha, maior que o tempo de queima do briquete de bagaço de cana, nos casos de uma lenha de boa qualidade. Nenhuma das padarias situadas no nível B da cidade faz uso do briquete como único combustível. Os 33% restantes fazem uso de outras fontes energética, tais como o forno elétrico e o forno à gás.

A razão apresentada pelos estabelecimentos entrevistados no nível A, que justifica a escolha do combustível, está representada na Figura 28, onde se verifica que, apesar de o preço do briquete apresentar um valor cerca de 12,5% superior ao da lenha, a preferência pelo uso do briquete se dá, principalmente, pela sua praticidade e higiene operacional (62,5%), seguido pela facilidade de obtenção, quando comparada à lenha legalizada, e legalidade de seu uso (25%). De acordo com o questionário submetido, o motivo econômico se encontra como o último dos critérios para a escolha do combustível.

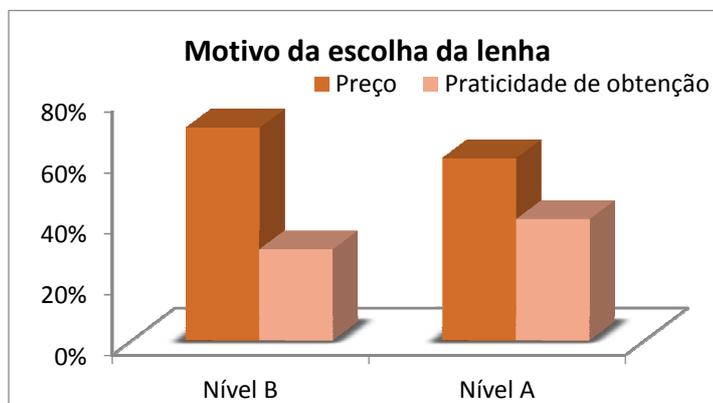
**Figura 28 – Razão para a escolha do briquete como combustível em padarias na cidade de Maceió.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os 28% que fazem uso de lenha alegam razões econômicas na escolha devido ao preço que, por sua vez, torna-se mais barata que o briquete, onde é possível adquiri-la por um valor que varia de R\$ 30,00 a R\$ 80,00. Os 9% restantes, que fazem uso do gás encanado ou do forno elétrico, alegam praticidade e higiene operacional, seguido de falta de estrutura, pois o uso de gás e energia permite um espaço mais reduzido, sem necessidade de armazenagem. Salienta-se, contudo, que o custo com o gás chega a ser 50% maior que o valor que seria gasto com o uso de briquetes (RIBEIRO, 2013).

**Figura 29 – Motivo da escolha da lenha como combustível por padarias na cidade de Maceió.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Quando os estabelecimentos foram questionados quanto ao motivo da escolha da lenha como combustível, 70% das padarias do nível B de Maceió alegam motivos econômicos.

Os 30% restantes alegam preferência no uso da lenha pela praticidade de obtenção desse material, uma vez que madeira é um material mais disponível que os briquetes, podendo ser encontrada em pequenos estabelecimentos, como marcenarias, em restos de construções, no descarte de móveis velhos, na poda e cortes de árvores, muitas vezes de forma ilegal. Nos estabelecimentos do nível A, o perfil foi o mesmo, sendo que apenas 60% dos estabelecimentos justificaram o preço como o caráter de escolha, enquanto 40% a facilidade de obtenção.

Devido à delicadeza do assunto, não foi possível reunir dados quanto ao uso de madeira ilegal. Todavia, trata-se de uma realidade, que se torna mais acentuada nos estabelecimentos de nível B que situam-se em bairros menos favorecidos economicamente, pela existência de estabelecimentos de pequeno porte, sem alvará de funcionamento, pela carência de conhecimento e/ou consciência dos impactos ambientais relacionados ao uso da lenha ilegal e, talvez, pelo desconhecimento de fontes alternativas de energia e suas vantagens, uma vez que dos entrevistados que fazem uso apenas de lenha, gás e eletricidade, cerca de 30% nunca ouviram falar em briquetes.

Valores similares foram obtidos em pesquisa realizada em 50 pizzarias da cidade, das 30 pizzarias situadas no nível A da cidade, a maioria dos estabelecimentos, cerca de 45%, já faz uso de briquetes de bagaço de cana, porém 38% ainda fazem uso de lenha, 8% utilizam briquete e lenha e os 9% restantes utilizam o gás encanado ou forno elétrico como combustível. Das 20 pizzarias localizadas no nível B de Maceió, 51% fazem uso de lenha na alimentação dos fornos, 9% também usam briquetes de bagaço de cana como auxiliar na queima da lenha e 40% faz uso de forno elétrico e a gás, devido ao pequeno porte do estabelecimento. Nenhuma pizzaria entrevistada no nível B da cidade utiliza, exclusivamente, briquete como combustível.

Na justificativa da escolha do combustível, assim como no caso das padarias, a preferência pelo uso do briquete se dá principalmente devido a sua praticidade e higiene operacional (64,5%), seguido pela facilidade de obtenção, quando comparada a lenha legalizada, e legalidade de seu uso (23,5%), estando o motivo econômico (12%) como último dos critérios para a escolha do combustível. Nos estabelecimentos de nível B da cidade, cerca de 26% dos entrevistados nunca ouviram falar de briquetes e a maioria faz uso da lenha por motivos similares aos das padarias, prevalecendo preço e facilidade de obtenção.

Diante do que foi levantado, observou-se um amplo comércio para briquetes de bagaço de cana e, portanto, de prováveis consumidores de briquetes de casca de coco verde.

Notou-se, ainda, a necessidade de maior divulgação e experimentação do produto, principalmente nas regiões mais afetadas economicamente, que apresentaram uma amostragem significativa de estabelecimentos que desconheciam o uso de briquetes para queima nos fornos, como substituinte à lenha.

A lenha ilegal ainda é um forte concorrente ao mercado de briquetes, podendo ser combatida através de fiscalizações e incentivos fiscais aos estabelecimentos que façam uso de madeira legal e briquetes.

Quanto à diferença no preço do briquete em relação à lenha, embora não seja muito alta, pode ser anulada diante das vantagens agregadas, tais como a armazenagem, que não demanda tanto espaço quanto à lenha, à praticidade e higiene de seu uso, menor emissão de fumaça e poluentes e garantia de boa queima, uma vez que algumas madeiras, mesmo legalizadas, apresentam alta umidade que interfere na combustão.

### **5.3. Avaliação energética da biomassa residual do coco verde**

As análises físico-químicas de densidade, umidade, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de carbono fixo, granulometria e poder calorífico, segundo as normas NBR 8112/86 e NBR 8633/84 da ABNT, respectivamente, foram conduzidas no Laboratório de Biocombustíveis e Energia (LABEN) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Os resíduos de coco foram coletados na orla de Maceió, após o comércio de sua água e, posteriormente, deu-se início ao tratamento adequado de corte, secagem por três dias ao ar livre, seguido de trituração em uma forrageira elétrica, nova secagem em forno industrial à uma temperatura de 100°C, por dois dias, para retirada do excesso de água e, assim, facilitar a etapa seguinte de moagem e peneiramento para escolha da granulometria. Com o resíduo já triturado, foi feita a retirada dos “novelos” de fibras mais compridas do coco e tanto o pó quanto a fibra restantes foram classificados escolhendo-se o resíduo retido na peneira de 30 Mesh ( $0,595 \text{ mm} < G < 2,38 \text{ mm}$ ), conforme mostra a Figura 30.

**Figura 30 – Pó e fibras da casca de coco verde**



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Após medição da umidade do resíduo *in natura*, foi iniciado o processo de briquetagem. A produção dos briquetes foi realizada na Mini-Usina de Adensamento de Biomassa da UFAL. Foi utilizada prensa IKA-WERKE, sendo feitos briquetes de pó e briquetes de fibras de casca de coco verde, apresentados na Figura 31.

**Figura 31 – Briquetes de pó e de fibra da casca de coco verde.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

Diferente do que é recomendado para briquetagem de resíduos, o pó e fibra do coco (teor de umidade base seca de 15 e 13%, respectivamente) foram briquetados com umidade acima da recomendada pela literatura (8% a 12%). Os briquetes oriundos do pó e fibra de coco apresentaram aspecto compacto e firme.

As análises para as amostras de lenha, resíduo *in natura* e briquetes foram realizadas em triplicata, sendo seus resultados dispostos na Tabela 4 pela média e desvio padrão.

**Tabela 4** – Caracterização físico-química da biomassa residual da casca de coco verde *in natura* e sob a forma de briquetes.

Análises	Pó do coco <i>in natura</i>	Fibra do coco <i>in natura</i>	Resíduos de madeira	Bagaço de cana Silva (2007)	Briquetes do pó de coco	Briquetes da fibra de coco	Característica dos briquetes Silveira (2008)
Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )	50,0±10	46,0±10	772,0±110	130	510,0±70	500±70	1.000 a 1.300
Umidade (%)	15,10±0,20	13,00±0,60	9,01±0,14	50	12,10±0,50	12,40±0,50	10 a 12
Teor de voláteis (%)	79,73±2,75	79,73±2,75	80,20±1,89	75,64	82,75±1,27	86,20±0,90	84,4
Teor de cinzas (%)	8,23±0,52	8,23±0,52	2,38±0,79	6,32	5,40±0,30	3,06±0,10	2,0
Teor de carbono fixo (%)	12,02±0,65	12,02±0,65	17,41±0,98	–	11,85±1,10	10,70±0,60	13,6
Poder calorífico (MJ/Kg)	18,8	18,8	20,0	19,3	18,5	19,5	18,0 a 21,0

Fonte: Autor (2013)

O teor de voláteis encontrado nos briquetes de casca de coco verde se encontra bem próximo aos valores geralmente encontrados para briquetes de biomassas lignocelulósicas, um pouco mais elevado que o contido no bagaço de cana (SILVA, 2007), cerca de 75% e com valores próximos aos da lenha, onde, segundo Brito (1982), a faixa de teor de voláteis está entre 75 e 85% para a madeira.

O teor de voláteis determina a facilidade com que o combustível inicia a queima, o que leva a indicar maior espontaneidade de queima para o briquete de fibra de coco verde.

O briquete de fibra de coco verde também apresentou melhor resultado para o teor de cinzas (3%), que representa a parte inerte da biomassa, ou seja, a parte que não queima. O teor de cinzas encontrado na amostra de lenha foi de 2,38%. Silva (2007) encontrou valores de cinzas para briquetes de resíduos de madeira em torno de 1,34%. O briquete de pó de casca de coco verde apresentou resultados de cinzas ainda melhores, quando comparado ao bagaço de cana (6,32%) (SILVA, 2007).

Os valores de carbono fixo encontrados para os briquetes de fibra e pó de coco verde são, respectivamente, 10% e 11%, bem próximos entre si e ao valor geralmente encontrado para briquetes de resíduos agrícolas (13%) (BIOMACHINE, 2007). A amostra de lenha apresentou teor de carbono fixo de 17%. Silva (2007) encontrou, para a madeira, um teor de 20%.

O poder calorífico da fibra do coco verde apresentou o valor de 19,5 MJ/kg, bem próximo ao do bagaço de cana (19,3 MJ/kg). Ambos os briquetes, de pó e fibra de coco verde, apresentaram valores superior aos encontrados para os briquetes de casca de arroz, casca de

café e resíduos de algodão, respectivamente, 16 MJ/kg, 17,0 MJ/kg e 18,0 MJ/Kg (BIOMAX, 2013) e manteve-se dentro da faixa adotada para a maioria dos resíduos agrícolas de 18,0 a 21,0 MJ/kg (BIOMACHINE, 2007). Em Barros (2012) o poder calorífico médio encontrado para o coco verde é de 17,5 MJ/kg. Quando comparado ao poder calorífico da casca de coco verde anterior ao processo de briquetagem, percebe-se uma apreciação deste valor. Em relação ao briquete de pó de coco verde, o poder calorífico apresenta valor inferior, embora próximo, ao valor do resíduo *in natura*, o que pode ser justificado pela ausência de fibras, que estão misturadas ao pó no estado *in natura*, aumentando seu poder calorífico.

A densidade energética dos briquetes foi obtida a partir do produto entre a densidade média e o poder calorífico útil de cada briquete e encontra-se na Tabela 5.

**Tabela 5** – Densidade energética da biomassa residual da casca de coco verde *in natura* e sob a forma de briquetes.

<b>Briquetes</b>	<b>Densidade (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Poder calorífico (MJ/kg)</b>	<b>Densidade energética (MJ/m<sup>3</sup>)</b>
Pó	510	18,5	9.435,0
Fibra	510	19,5	9.945,0

Fonte: Autor (2013)

Assim como para o poder calorífico o briquete de fibra de coco apresentou maior quantidade de energia, liberada durante a queima, por unidade de volume, do que o briquete de pó de coco.

Ambos os briquetes, provenientes do pó e da fibra de casca de coco verde apresentam vantagem energética quando comparado à lenha comercial que possui densidade energética em torno de 3.224 a 4.187 MJ/m<sup>3</sup> (BIOMAX, 2013), uma vez da compactação de resíduos de base lignocelulósicos obtém-se briquetes com 2 a 5 vezes mais densidade energética que a lenha (OLIVEIRA, 2013).

#### **5.4 Viabilidade preliminar técnica e econômica do processamento das cascas de coco verde geradas em Maceió para produção de briquetes**

Segundo Silveira (2008), a área de 2.000 m<sup>2</sup> é a área mínima necessária para a instalação de uma usina de briquetes. Sua localização ideal seria em região central em relação aos pontos de coleta, a fim de que se diminuam os custos com o transporte da matéria-prima.

Para a realização do beneficiamento das cascas de coco verde geradas na orla de Maceió, seria necessária a prática da coleta seletiva deste material, em containers exclusivos e diariamente coletados, evitando-se a fermentação e proliferação de vetores. O aproveitamento das cascas de coco verde poderia, ainda, gerar empregos e agregar valor a sua comercialização, através de uma cooperativa de ambulantes, barraqueiros e vendedores, os quais realizariam a separação adequada das cascas em caixas coletoras e posterior recolha por uma linha de coleta exclusiva do resíduo, que seria disposto em um pátio de recepção de uma usina de briquetagem para início do processo de produção de briquetes.

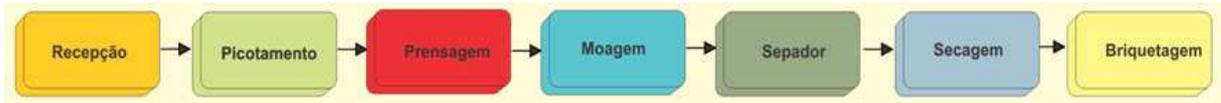
Em relação à demanda de matéria-prima para abastecer a fábrica, foi identificado um comportamento sazonal na geração de casca de coco verde, a qual varia conforme as baixa e alta temporadas. Durante o período de baixa temporada foram disponibilizados, em média, cerca de 626 toneladas de biomassa, enquanto que no período de alta temporada este valor subiu para 804 toneladas. Para estimar a quantidade de matéria-prima suficiente para que uma usina de briquetagem de casca de coco verde opere sem interrupções, deve-se levar em conta a capacidade operacional da briquetadeira e a quantidade de peso do resíduo de coco subtraída da biomassa pelas etapas de prensagem e secagem, ou seja, o percentual de água perdido nestas operações (SILVEIRA, 2008).

Segundo Rosa (2001), deve-se descontar 85% do peso do fruto, referente à água de embebição e, em seguida, descontar o percentual de 15% referente à água contida no interior das fibras, ou seja, água de impregnação, adotando-se como referência o percentual de água de impregnação da madeira, estimando-se, então, o quanto de briquete, em peso, será produzido. Dessa forma, foi possível obter aproximadamente 670 kg de briquete/dia a partir de 4,4 toneladas diárias de matéria-prima (alta temporada) e 443 kg de briquete/dia a partir de 3,4 toneladas de resíduo (baixa temporada). Notou-se que em uma usina de briquetagem que opere em um período de 6 horas de trabalho com uma briquetadeira de capacidade funcional de 600 kg/h, é possível, no período de alta temporada, a produção de 670 kg de briquetes em uma hora de operação; já no período de baixa temporada e nas 5 horas restantes de processamento diário, deve-se complementar a produção de briquetes a partir de outras

biomassas, uma vez que, devido ao comportamento sazonal das culturas, é indicado que uma usina de briquetagem opere com uma multiplicidade de matérias primas.

A Figura 32 apresenta o processo proposto de fabricação do briquete de casca de coco verde.

**Figura 32 – Fluxograma proposto para a fabricação de briquete de casca de coco verde.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2013)

#### 5.4.1 Avaliação de custos com equipamentos

Considerando a montagem de uma usina de briquetagem, o custo aproximado para a implantação, com os equipamentos convencionais vendidos no mercado (briquetadeira, secador tambor e picotador) é de aproximadamente R\$ 400.000,00 conforme apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6 – Relação de preço de equipamentos de uma usina de briquetagem.**

<b>Equipamento</b>	<b>Valor R\$</b>
Briquetadeira	241.000,00
Secador	6.000,00
Picotador	150.000,00
<b>Total de investimento</b>	<b>397.000,00</b>

Fonte: LIPPEL, 2011

No caso de uma usina que já opera com outras biomassas e se deseja inserir a casca de coco verde, basta a aquisição de uma prensa e um separador de fibras, como indicado na Tabela 7.

**Tabela 7 – Relação de preço de equipamentos para processamento da casca de coco em uma usina de briquetagem.**

<b>Equipamento</b>	<b>Valor R\$</b>
Prensa	12.000,00
Separador de fibras	9.000,00
<b>Total de investimento</b>	<b>21.000,00</b>

Fonte: Biomax, 2013

#### 5.4.2 Avaliação de custos com energia

Os gastos envolvidos com o consumo de energia que abrangem o processamento de casca de coco verde nas condições operacionais de 1 hora ao dia, estão apresentados na Tabela 8, considerando uma tarifa de R\$ 0,30/kW (ELETROBRÁS, 2014).

**Tabela 8** – Relação de preço de equipamentos e suas respectivas potências.

<b>Equipamento</b>	<b>Potência (cv)</b>
Prensa	15
Separador de fibras	10
Briquetadeira	40
Secador	19
Picotador	20
<b>Total (104 x 0,7355)</b>	<b>104 = 76,5kW</b>
<b>Energia/h (76,5 kW x R\$ 0,30)</b>	<b>R\$ 22,95</b>
<b>Energia/mês (76,5 kW x 22 x R\$ 0,30)</b>	<b>R\$ 504,9</b>

Fonte: Biomax, 2013

#### 5.4.3 Avaliação de custos com coleta, disposição e transporte

Devido à coleta de casca de coco verde na orla de Maceió não ser seletiva, classificada e/ou quantificada, não se tem como estimar custos envolvidos na coleta e disposição deste resíduo. Portanto, os cálculos de custos foram realizados com os dados das empresas coletoras e transportadoras de resíduo das indústrias de envase de água de coco, na intenção de averiguar os gastos mensais e anuais decorrentes da falta de aproveitamento das cascas e estimar os gastos envolvidos na coleta e disposição deste resíduo para a usina de briquetagem.

Atualmente, cerca de 50 caixas coletoras de capacidade volumétrica de 5 m<sup>3</sup> e capacidade mássica de 2,5 toneladas são coletadas por mês pela empresa Viva Ambiental.

De acordo com o levantamento realizado junto à Viva Ambiental são cerca de R\$ 8.375,00/mês de disposição no aterro, totalizando R\$ 100.500,00/ano. O custo envolvido no transporte não pôde ser informado devido às diferenças de localização das fábricas até o aterro e as diferentes demandas de resíduos das mesmas. Porém foi feita uma estimativa do preço pago por quilometro percorrido, baseada nas informações cedidas por algumas empresas de envase de água de coco em relação ao valor pago para transportar o resíduo, de modo que o valor por quilômetro foi estimado em R\$ 6,48.

Assim, foi realizado um estudo de caso com a fábrica de briquetes “A”, situada na entrada do município de Rio Largo, a fim de realizar uma simulação dos custos envolvidos no transporte dos resíduos de coco verde até uma usina de briquetagem. O trajeto envolvido na simulação inclui o trecho utilizado no levantamento da quantidade de resíduos de coco

produzidos na orla de Maceió que vai desde o posto 7 da polícia militar, no bairro da Jatiúca, ao final do bairro da Pajuçara na Avenida Dr. Antônio Gouveia até a fábrica “A”. Este trajeto percorre 4 km de orla e 29,2 km até a fábrica, o que totaliza 33,2 km que custariam aproximadamente R\$ 215/dia e, considerando 22 dias de coleta no mês, R\$ 4.733/mês. O custo de transporte de resíduos das fábricas de envase de água de coco até a usina de briquetagem não entrou detalhadamente na simulação, uma vez que estas se encontram dentro do percurso orla-aterro, nos bairros de Ponta Verde, Jaraguá, São Jorge e Serraria, de modo não acarreta maiores diferenças na quilometragem dos demais pontos de coleta e, assim, no custo envolvido. Tendo em vista que a capacidade de carros coletores varia de 10 a 20 m<sup>3</sup> (DAMAEQ, 2013), em apenas uma viagem torna-se possível o carregamento da média de 4,4 toneladas diárias, uma vez que 2,5 toneladas de coco verde equivalem a aproximadamente 5 m<sup>3</sup>.

Diante do exposto, pode-se avaliar a falta de aproveitamento das cascas de coco verde como danosa ao Estado de Alagoas, à cidade de Maceió e a toda comunidade residente e visitante, do ponto de vista de vários aspectos. Porém, o que mais se destaca é o aspecto econômico, uma vez que o total de 1.430 toneladas depositada anualmente ocupa, em média, 2.860 m<sup>3</sup>/ano no aterro sanitário, de modo que o aproveitamento desse resíduo aumentaria a vida útil do aterro, tendo em vista que a disposição é feita sem compactação do resíduo. Cerca de R\$ 100.000,00/ano são gastos por parte das empresas de envase de água de coco somente com a disposição dos resíduos no aterro.

O Estado poderia, ainda, realizar um trabalho social com os vendedores de coco e suas famílias por meio da criação de uma cooperativa que atuasse desde a coleta ao beneficiamento e à entrega do produto final.

Para empresários que já possuem usina de briquetagem e queiram adquirir o maquinário referente ao processamento do coco verde, o investimento é considerado baixo. Contudo, ao menos para o estudo de caso em que se adotou a fábrica de briquetes “A”, o custo com transporte se torna oneroso devido à descentralização dos pontos de coleta e à localização da fábrica, tornando a alternativa de aproveitamento dessa biomassa pouco viável, visto que cerca de R\$ 4.733,00/mês são gastos somente com o transporte. Adotando-se o preço médio do briquete cobrado na fábrica com o valor de R\$ 460,00, a produção mensal (22 dias) de 14,7 toneladas de briquetes renderia o capital de R\$ 6.762,00/ mês.

Visando a redução de custos no transporte, uma maior lucratividade poderia ser adquirida com a instalação de pontos de recebimento desses resíduos, localizados próximos aos pontos de coleta dentro da cidade de Maceió. Nesses pontos de recebimento poderia ser

realizada a etapa de prensagem, para evitar a fermentação do fruto e tornar o transporte do resíduo até a fábrica mais eficiente e econômico. Faz-se necessário um estudo mais detalhado de logística, com pontos e dias de coletas bem definidos, devido ao comportamento irregular das vendas de água de coco, qual depende de diferentes fatores como o clima, época do ano, dias da semana, período de festas e férias, entre outros. Outro meio seria a parceria com o Estado de Alagoas através da criação de uma cooperativa mista, incentivos fiscais ou, até mesmo, parceria no serviço de coleta e transporte.

## 6. CONCLUSÕES

O estudo realizado constatou uma série de impactos ambientais ocasionados pela falta de aproveitamento da casca de coco verde, entre as quais a redução da vida útil do aterro municipal, uma vez que cerca de 8 m<sup>3</sup>/dia são ocupados por este resíduo, e a disposição inapropriada na orla de Maceió, que afeta diretamente a saúde pública e o paisagismo.

A quantificação realizada acerca da geração de resíduos por parte do comércio de água de coco em Maceió revelou que 1.430 toneladas são produzidas anualmente nos pontos de estudo. Os custos com a coleta e disposição deste resíduo foi estimado em R\$ 100.000,00/ano, apenas por parte da iniciativa privada, o que provavelmente ocorra de forma análoga ao poder público.

O segmento de energia alternativa foi a proposta apresentada neste estudo para o aproveitamento das cascas de coco verde, sob a forma de briquetes, por se tratar de uma biomassa lignocelulósica com alto potencial de queima, uma vez que através de análises físico químicas na casca do coco *in natura* e previamente tratada, constatou-se que seu poder calorífico está em torno de 18,8 MJ/kg.

Uma pesquisa de mercado realizada com padarias e pizzarias da cidade revelou uma carência de alternativas combustíveis para queima em fornos industriais. Outra característica exibida pelo mercado foi o desconhecimento, apresentado em sua maioria pelos estabelecimentos de baixo poder aquisitivo da cidade de Maceió, da tecnologia de briquetagem, o que pode ser facilmente sanado pela realização de um trabalho efetivo de divulgação e experimentação do produto. Alguns estabelecimentos chegam a gastar 50% a mais com outro tipo de combustível do que gastariam com o uso de briquetes.

A avaliação energética dos briquetes, classificados em briquetes de fibras e briquetes de pó de coco, comprovou o potencial energético esperado do processamento dessa biomassa. O briquete de fibra de coco apresentou vantagens sob o briquete de pó de coco no teor de cinzas, nos aspectos de espontaneidade e poder de queima, com poder calorífico de 19,5 MJ/kg e densidade energética de 9.945,0 MJ/m<sup>3</sup>.

Diante do estudo de caso realizado com a fábrica de briquetes “A” foi estimado que, no processamento das 4 toneladas diárias geradas pelos pontos do estudo, as quais originariam a produção mensal de 14,7 toneladas de briquetes, há uma discrepância no balanço de massa desse processo devido à notável perda de água por parte da matéria-prima, que possui 85% de umidade. Uma forma de aumentar a lucratividade seria a agregação de valor do processamento através do aproveitamento do líquido extraído.

Outra alternativa de aumento da lucratividade seria a redução de custos com o transporte, através da instalação de pontos de recebimentos bem localizados desses resíduos, que realizariam um pré-tratamento de extração da umidade, transportando o resíduo já seco até a fábrica “A”, uma vez que a mesma se encontra a 33,2 km, estando situada fora da cidade de Maceió. Outro meio seria a parceria com o Estado de Alagoas através da criação de uma cooperativa mista, incentivos fiscais ou, até mesmo, parceria no serviço de coleta e transporte.

Devido a existência de outros pontos de comercialização de água de coco na cidade e outras fábricas de envase de água de coco que não realizam coleta e disposição adequada de seus resíduos, bem como em função do comportamento irregular das vendas de água de coco, um estudo de logística, com pontos e dias de coletas bem definidos, auxiliaria uma melhor avaliação de viabilidade.

Por meio deste estudo espera-se contribuir para uma maior alcance do aproveitamento das cascas de coco verde na cidade de Maceió e Estado de Alagoas, tanto no setor industrial, com o envase de água de coco, como o consumo de água de coco *in natura*, especialmente no litoral do Estado.

Como recomendações para trabalhos futuros, podem-se realizar estudos para a criação de cooperativas de beneficiamento das cascas de coco verde e suas diversas aplicações; estudos e pesquisas sobre a utilização do líquido resultante da prensagem do coco verde; e uma avaliação detalhada da logística de transporte deste resíduo a uma usina de briquetagem e/ou cooperativa, assim como uma avaliação complexa de viabilidade técnica e econômica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABAD, M., NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHIA, C. (Coord.) **Fertirrigación . Cultivos Hortícolas y Ornamentales** . p.287- 342. Madrid Mundi-Prensa, 1998.

ABAD, M., NOGUERA, P., PUCHADES, R., MAQUIEIRA, A., NOGUERA, V. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. **Bioresource Technology**, v. 82, p. 241- 245, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8112/83** – Carvão vegetal – análise imediata.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8633/84** – Determinação do poder calorífico superior.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Biomassa**. 2011 Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: Mar. 2013.

ALENCASTRO, C. Desmatamento: caatinga já perdeu 45,39% de sua vegetação nativa. **O Globo**, Rio de Janeiro, 2 março. 2010. Disponível em:<<http://oglobo.globo.com/pais/mat/2010/03/02/desmatamento-caatinga-ja-perdeu-45-39-de-sua-vegetacao-nativa-diz-ministerio-do-meio-ambiente-915971295.asp>>. Acesso em: 6 Set. 2012.

ALVES, M.R.F.V. **Reciclagem de borra oleosa: uma contribuição para a gestão sustentável dos resíduos da indústria de petróleo em Sergipe**. 2003.191f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) -Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2003.

ANDRADE, A. M.; PASSOS, P. R. A.; MARQUES, L. G. C.; OLIVEIRA, L. B.; VIDAURRE, G. B.; ROCHA, J. D. S.. Pirólise de resíduos do coco-da-baia (*Cocos nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**. v. 28, n.5, Viçosa. Set/Out 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE, 2010. Disponível em:< [www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br)>. Acesso em: 20 Mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CARVÃO MINERAL. Disponível em: <[http://www.carvaomineral.com.br/interna\\_conteudo.php?i\\_subarea=6&i\\_area=4](http://www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=6&i_area=4)>.

Acesso em: 15 Dez. 2012.

BARROS, L. O.; **Densidade Energética de briquetes produzidos a partir de resíduos agrícolas**. Trabalho de conclusão de curso. Brasília, DF. Agosto, 2012.

BARROSO, TERESA. **Tecnologia aproveita casca de coco verde e ajuda a despoluir praias e cidades**, 2004. Disponível em: <http://www.agrisustentavel.com/san/orgcoco.htm>.

Acesso em: 13 Dez. 2012.

BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p.

BIOMACHINE. **Briquetes**. 2007 Disponível em: <http://www.biomachine.com.br/biomachine.asp>. Acesso em: 20 Jul. 2013.

BIOMAX **Industria de Máquinas**. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquete.html>>. Acesso em: 20 Dez. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Coco pós-colheita. Frutas do Brasil**. Embrapa. Brasília, 2002.75 p.

BRASIL. Decreto Federal Nº 1.282, DE 19 DE OUTUBRO DE 1994. Disponível em <<http://www.presidencia.gov.br/CCIVIL/decreto/1990-1994/D1282.htm>>. Acesso: em 09 jan. 2013.

BITENCOURT, D. V., **Potencialidades e estratégias sustentáveis para aproveitamento de rejeitos de coco (*Cocos nucifera* L.)**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2008.

BP GLOBAL – **BP Statistical Review of World Energy**, 2013 - Disponível em: <[www.bp.com](http://www.bp.com)>. Acesso em: 05 Fev. 2013.

BRAUSS. Fredrich Emil. The chemistry of lignin. **Academic Press INC**. New York. 1952.

CALHEIROS, FELIPE. **Diretor da RENOVE S.A. Fábrica de Briquetes**. Rio Largo 08 Jun. 2013.

CARVALHO, E.A.; BRINK, V. **Briquetagem**. Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia- CETEM, Comunicação Técnica elaborada para a 4a Ed. Tratamento de Minérios, p. 613 a 636, Rio de Janeiro, 2004.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO. **Fontes de Biomassa**. 2011. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/fontes.htm>>. Acesso em: 05 Jan. 2013.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEEU. **Metodologias de cálculo para conversão energética**. 2008 Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <[www.cenbio.org.br](http://www.cenbio.org.br)>. Acesso em: 05 Jan. 2013.

CORRADINI, E. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de fruticultura**. vol.31 no.3 Jaboticabal. 2009.

COUTO, Luiz Carlos; COUTO, Laércio; WATZLAWICK, Luciano Farinha; CÂMARA, Daniel. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa e Energia/Rede nacional de biomassa para energia**. v1, n1. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004. p71-92.

CRISTOVÃO, RO; TAVARESA, APM; BRIGIDAB, AI; LOUREIRO, JM; BOAVENTURA, RAR; MACEDO, EA; COELHO, MAZ. Immobilization of commercial laccase onto green coconut fiber by adsorption and its application for reactive textile dyes degradation; **Journal of molecular Catalysis B: Enzymatic**, 72: 6-12, 2011.

DAMAEQ. Disponível em: <<http://damaeq.ind.br/produtos/coletores/>>. Acesso em: 13 Jan. 2014.

ELETOBRAS Distribuição Alagoas. Disponível em: <[http://www.eletobrasalagoas.com/arquivos/Tarifa\\_Site\\_2013AGO.pdf](http://www.eletobrasalagoas.com/arquivos/Tarifa_Site_2013AGO.pdf)>. Acesso em: Jan. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado** - 2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/colheita.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/colheita.htm)>. Acesso em: Nov. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Soluções para o Brasil. **Revista Agroindústria Tropical 137**. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Aspectos da comercialização e mercados do coco** - 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/aspectos.htm>>. Acesso em: Jan. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010**. Disponível em: <[www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_164.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf)>. Acesso em: 29 Jan. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – 2011. Disponível em <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)> Acesso em: 29 Jan. 2013.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. **Cultivo de arboles por la población rural**. Rome: 1988. 140p.

FAO 2011. **World Production**. Disponível em: <[www.faostat.org.br](http://www.faostat.org.br)>. Acesso em: 17 Jan. 2013.

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998.

FILHO, A.P.; BADR, O. Biomass resources for energy in North- Eastern Brazil. **Applied Energy** 77 (2004) 51-67. 2003.

FOLETTTO, E. L.; HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R. S.; PORTUGAL JR., U. L.; JAHN, S. J. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 6, 1055-1060. 2005.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Novos cenários para a cultura do coqueiro gigante no Brasil**. 2010. Disponível em: <[www.agrosoft.org.br/agropag/212960.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/212960.htm)>. Acesso em: 05 Fev. 2013.

FRIGOLETTO, E. **Mapa das mesorregiões do Estado de Alagoas**. 2006. Disponível em:<  
<http://www.frigoletto.com.br/GeoAlagoas/mapamregioes.htm>.> Acesso em: 15 Nov. 2012.

GENOVESE, L.A.; UDAETA, M.E.M.; GALVAO, R.C.L. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. **An. 6. Enc. Energ. Meio Rural**. 2006.

GOOGLE MAPS. Disponível em <https://maps.google.com.br/Jatiúca-Maceió>. 2013. Acesso em 03 de Nov. 2013.

GRUPO TOLEDO. Disponível em <http://www.grupotoledo.com.br/noticias/Index.asp?vCod=1413>. Acesso em 12 Ago. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, Janeiro, 2013. Disponível em: [www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/.../lspa/lspa\\_201301.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/.../lspa/lspa_201301.pdf). Acesso em: 27 Nov. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 14 abr. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. In: Encontro Nacional Sobre Substrato para Plantas, 2000, Porto Alegre.

KOLLMAN, F.; CÔTÉ, JR., W. A. Principles of wood science and technology. I – solid wood. New York, N. Y. **Springer Verlag**, 1968. 592 p.

LIPPEL. **Briquetadeira**. 2011. Disponível em: <http://www.lippel.com.br/> . Acesso em: 16 Nov. 2013.

MAGALHÃES, P. H. V., NEVES, F.A.M. Utilização do pericarpo de coco verde (cocos nucifera l. - arecaceae) para a remoção de resíduos de íons cromo (vi) em soluções aquosas. **Tecnologia**, v.3, n. 1/2. 2011.

MATTOS, A. L.A., ROSA, F. M., CRISÓSTOMO, A. L., BEZERRA, C. F., CORREIA, D., VERAS, C. G. L. Beneficiamento da casca de coco verde. 2012. **EMBRAPA- Agroindústria tropical**. Disponível em [http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_3830.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3830.pdf)

MELO, V.A. **Projeto, construção e análise de desempenho de um forno solar alternativo tipo caixa a baixo custo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2002. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/download/SP1.pdf> Acesso em: 10 Nov. de 2012.

NOGUERA, P. ABAD, M., NOGUERA, V., PURCHADES, R., MAQUIERO, A. A coconut coir waste, a new and viable ecologically friendly pre-treat substitute. **Acta Horticulture**. 1998. p279- 286.

OLIVEIRA, F. B. M. **Estudo integrado da espécie palmeira ouricuri (Syagrus coronata (Martius) Beccari) para geração de energia**. 2013. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Alagoas-UFAL. 2013

PANYAKAEW, S; FOTIOS, S. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. 2007. **Energy and Buildings**, 43: 1732-1739.

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco verde: Obtenção de telhas e chapas de partículas**. 2005. 186 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

PRATES, C. D. **Impactos socioambientais da usina hidrelétrica dona Francisca**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

PROGRAMA DE MOBILIZAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ARRANJOS E TERRITÓRIOS PRODUTIVOS LOCAIS DO ESTADO DE ALAGOAS – APL. **Mandioca agreste** – 2007. Disponível em: < [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1247145080.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1247145080.pdf) >. Acesso em: Jan. 2013.

PRODUTORES DE COCO DE ALAGOAS – PROCOCO. 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.al.gov.br/cedafra/comunicacao/noticias/2011/04/produtores-de-coco-querem-estabelecer-cadeia-produtiva-e-criar-um-selo-verde>>. Acesso em: Jan. 2013.

PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops monocotyledons**. 2ª ed, London, 1975. 607p.

QUIRINO, W. F., do VALE, A. T., ANDRADE, A. P. A., ABREU, V. L. S., AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182. 2002.

REVISTA ELETRONICA DE VETERINÁRIA - REDVET. Importância das fibras na alimentação de bovinos. **Revista Veterinária**.v. 8, n. 2.Fev 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020207/0207.18.pdf> > Acesso em: 20 Jul. 2007.

RIBEIRO, I., VICARI, C.C. **Análise de viabilidade econômica para secagem de milho com gás liquefeito de petróleo**. 2013. Disponível em: <http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/IVSeminaro/IVSeminaro/Artigos/07.pdf>. Acesso em: Dez. 2013

ROWELL,R.M.;PETTERSEN,R.;HAN, J.S.;ROWELL, J.S.;TSHABALALA, M.A. Cell wall chemistry. In: **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. Rowell, R.M. (ed) Boca Raton, Florida, 2005.

ROSA, M. F. et al. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. 2001. **Embrapa Agroindústria Tropical**.

ROSA MF; MEDEIROS, ES; IMAM, SH; MALMONGE, JA; MATTOSO, LHC. Nanocompósitos de borracha natural reforçados com nanowhiskers de fibra de coco imaturo. 2012. In: **V Workshop de Rede de Tecnologia Aplicado ao Agronegócio**. Disponível em <http://www.embrapa.br/>. Acesso em: 24 Ago.2012.

SILVA, R. V. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**.2003.130f. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Carlos.

SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE G. O.; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Tecnology**, Barking, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SILVA, D.A. Análise laboratorial para avaliação da qualidade de briquetes para fins energéticos para empresa Bripell.Fupeq. Cutitiba. 2007. Disponível em:<[http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes\\_Universidade%20Federal%20do%20Paraná%20E1.pdf](http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes_Universidade%20Federal%20do%20Paraná%20E1.pdf)>. Acesso 26/05/2012.

SILVA, O. F. M., COSTA, M. L. A indústria de defensivos agrícolas. 2010. **BNDES setorial 35, p.233-276.** Disponível em:<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3507.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3507.pdf)> Acesso em: 26 Ago. 2013.

SILVEIRA, S. M. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em salvador** – BA. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia.

SINDAÇÚCAR – Sindicato das Indústrias do Açúcar e do Alcool do Estado de Alagoas. 2013. Disponível em: < <http://www.sindacucar-al.com.br/relacao-das-usinas/> > Acesso em: 25 Fev. 2013.

SINDCOCO. **Sindicato Nacional dos Produtores de Coco.** Disponível em:<<http://www.sindcoco.com.br/#&slider21=1>>. Acesso em: 12 Jul. 2012.

SLUM. **Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió.** 2013.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil: Importância histórica e agrônômica.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47). Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/Documentos47.doc>>. Acesso em: 20 Mar. 2013.

SOLUPEL **Soluções Ambientais LTDA.** Maceió. 2013.

SOUZA, J. E. A. **Avaliação das diversas fontes e tipos de biomassa do estado de alagoas: estudo de suas características físico-químicas e de seu potencial energético.** 2011. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2011.

TORRES, M. A. Z. **Desafios para o desenvolvimento do setor de Energias Renováveis no Brasil.** 2009. Disponível em:<<http://www.jelareproject.eu/Downloads/panoramabrazil/presentations/Networking-BR-Brasil-2.pdf>>. Acesso em: 17 Dez. 2012.

VIOLANTE, R., S., H., M. **Potencial de produção de cana-energia em áreas Agrícolas marginais no brasil.** 2012. Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP, 2012.

VIVA AMBIENTAL – **Limpeza Urbana em Maceió.** 2013.

WIECHETECK, M. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energético. 2009. **Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental** . Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental – Curitiba-PR. 2009.



## ANEXO I

Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
Centro de Tecnologia – CTEC  
Engenharia Química



### **Quantificação de resíduos de casca de coco verde gerados em Maceió-AL a partir da quantidade de frutos vendidos**

#### ***Dados do entrevistado:***

Nome do(a) entrevistado (a): \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

#### ***Dados da entrevista:***

Quais os períodos de alta e baixa temporada para a venda de água de coco?

\_\_\_\_\_

Qual a quantidade de frutos vendidos em média (diariamente/semanal) no período de baixa temporada? \_\_\_\_\_

Qual a quantidade de frutos vendidos em média (diariamente/semanal) no período de alta temporada? \_\_\_\_\_

Qual o destino desses resíduos (casca de coco)?

\_\_\_\_\_

***AGRADECEMOS SUA COLABORAÇÃO!***



## ANEXO II

Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
 Centro de Tecnologia – CTEC  
 Engenharia Química



### Avaliação dos resíduos de casca de coco gerados em Maceió-AL

#### *Dados do entrevistado:*

Nome do (a) entrevistado (a): \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Órgão: \_\_\_\_\_

#### *Dados do órgão:*

Qual a classificação do resíduo de casca de coco gerado em Maceió-AL?

\_\_\_\_\_

É realizada a quantificação deste resíduo (casca de coco) gerado na capital?

\_\_\_\_\_

Quanto de resíduos (casca de coco) é produzido (diariamente/semanal/anual)?

\_\_\_\_\_

Qual o destino desses resíduos (casca de coco)?

\_\_\_\_\_

Existe algum tratamento? Qual?

\_\_\_\_\_

Existe alguma parceria e/ou programa de reaproveitamento deste resíduo (casca de coco)?

Qual?

\_\_\_\_\_

*AGRADECEMOS SUA COLABORAÇÃO!*



### ANEXO III

Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
 Centro de Tecnologia – CTEC  
 Engenharia Química



#### Avaliação das padarias e pizzarias de Maceió-AL quanto ao uso de combustíveis

##### *Dados do entrevistado:*

Nome do (a) entrevistado (a): \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Estabelecimento \_\_\_\_\_

##### *Dados da entrevista:*

Qual o tipo de combustível utilizado para queima no forno?

\_\_\_\_\_

Qual a quantidade (peso/ dinheiro) de combustível consumido (semanalmente/mensalmente)?

\_\_\_\_\_

Conhece o combustível briquete? \_\_\_\_\_

Já fez uso do combustível briquete? \_\_\_\_\_

Qual o motivo da escolha do combustível?            ( ) Praticidade de obtenção

( ) Praticidade operacional    ( ) Higiene operacional    ( ) Qualidade    ( ) Preço

( ) Outros \_\_\_\_\_

*AGRADECEMOS SUA COLABORAÇÃO!*