

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR Marcos Alexandre  
Teixeira E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 26/02/03

[Assinatura]  
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

## Caracterização Energética do Babaçu e Análise do Potencial de Cogeração

Marcos Alexandre Teixeira

Luiz Fernando Milanez

02/03

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

02/03/03

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA**

# **Caracterização Energética do Babaçu e Análise do Potencial de Cogeração**

Marcos Alexandre Teixeira

Luiz Fernando Milanez

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração Térmica e Fluidos

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica

Campinas, 2003

S.P. - Brasil

UNIDADE	BE
Nº CHAMADA	T235c
V	EX
TOMBO BIC	54904
PROC.	16.124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	02/08/03
Nº CPD	

CM00187009-0

BIB ID 295939

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

T235c      Teixeira, Marcos Alexandre  
             Caracterização energética do babaçu e análise do  
             potencial de cogeração / Marcos Alexandre Teixeira. --  
             Campinas, SP: [s.n.], 2003.

            Orientador: Luiz Fernando Milanez.  
             Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
             Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

            1. Babaçu. 2. Energia elétrica e calor - Congeração.  
             3. Energia elétrica. 4. Biomassa vegetal. 5. Energia da  
             Biomassa. I. Milanez, Luiz Fernando. II. Universidade  
             Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
             Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA

DISSERTAÇÃO DE DOUTORADO ACADÊMICO

**Caracterização Energética do Babaçu e  
Análise do Potencial de Cogeração**

Marcos Alexandre Teixeira

Luiz Fernando Milanez

Luiz Fernando Milanez, Presidente  
FEM - UNICAMP

José Luz Silveira  
UNESP - Guaratingueta

Marcelo Moreira Ganzarolli  
FEM - UNICAMP

Arnaldo Cesar da Silva Walter  
FEM - UNICAMP

Caio Glauco Sanchez  
FEM - UNICAMP

Campinas, 26 de Fevereiro de 2003

## **Dedicatória:**

À minha querida esposa, cujo incansável apoio foi elemento essencial para que eu pudesse encontrar forças para levar a cabo este trabalho.

## Agradecimentos

Dedico este espaço para tentar agradecer a todas as pessoas que me auxiliaram ao longo destes 4 anos. Sei que não é muito e que nem mesmo poderei dar a cada uma delas o devido mérito. Gostaria que cada um soubesse que suas colaborações, embora não pareçam a princípio, foram primordiais para que eu pudesse galgar mais esta etapa na minha vida.

Em primeiro lugar gostaria de estar registrando meu profundo agradecimento ao meu orientador Luiz Fernando Milanez, que tão bem me recebeu na comunidade da FEM, me propiciando todas as condições possíveis para meu amadurecimento e crescimento, tanto pessoal quanto profissional e acadêmico.

Gostaria de registrar um especial agradecimento às pessoas abaixo relacionadas que tiveram uma especial participação ao longo dos trabalhos, sem o que este não seria possível:

Prof. Caio da FEM, por ter cedido o uso do Laboratório, assim como pelas valiosas contribuições;

Engenheiro Ricardo Nogueira Costa, da Cosima, que tão gentilmente forneceu não só material como valiosas informações e incentivo;

Eng. Arisvalter, da Sabões Garoto, o qual foi o primeiro a me receber e fornecer dados do processo, sempre me auxiliando e me orientando;

Eng. Martins da Oleama, que foi incansável em me elucidar as características do processo de extração;

Ao Eng. José Mario Frazão, da EMBRAPA - GDRIM;

Aos senhores: Arnaldo Lopes da Silveira, Clineu Cesar Coelho Filho e Sra. Ana Maria G. Saraiva, da Gerencia de Planejamento do Governo do Estado do Maranhão, pelo envio das castanhas para análise;

Às seguintes empresas que gentilmente forneceram informações preciosas para este trabalho: Aboissa S/A, Jaumaq Ind. e Com. de Máquinas Ltda., Ecirtec Equip. e Acess. Ind. Ltda.,

Dresser-Rand do Brasil Engeturb, TGM Turbinas Ind. e Com. Ltda., WEG Indústrias S/A e Dedini S/A.

Não poderia esquecer, é claro, de agradecer a agência de fomento CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior que generosamente me forneceu a bolsa de estudos sem a qual este trabalho não seria possível. Espero ter podido prestar à nação o devido retorno em termos de material produzido e divulgação do excelente trabalho realizado por esta entidade.

## Resumo

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. *Caracterização Energética do Babaçu e Análise do Potencial de Cogeração*.: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 189 p. Tese (Doutorado).

Este trabalho teve como objetivo estimar o potencial de produção de excedentes de energia elétrica, produzido em regime de cogeração, junto ao setor de extração de óleo de Babaçu (*Orbignya* spp (Palmae)) no Brasil. Para cumprir com este objetivo, foi feito um levantamento da disponibilidade de biomassa associada ao agro-extrativismo desta palmácea. Neste levantamento foram considerados três diferentes cenários: correspondente à atual produção de óleo, indicando para cada um dos 3 cenários analisados: 1.168 milhões de toneladas anuais de biomassa energética (endocarpo e mesocarpo) para o primeiro cenário, correspondente à atual produção de óleo; segundo cenário, com um sistema de coleta otimizado elevando de 26 para 65% de frutos coletados, resultando em 2,922 milhões de toneladas de biomassa por ano (endocarpo e mesocarpo) e finalmente, uma análise do potencial de todo o território nacional considerando a aptidão de solo e clima, resultando em 7,414 milhões de toneladas de frutos por ano. Com parte dos trabalhos foram ensaiados os materiais componentes do fruto: epicarpo (casca), mesocarpo (farinha amilácia), endocarpo (parte lenhosa) e castanhas, para levantamento de diversas características físico-energéticas, tais como: poder calorífico, densidade, composição elementar, análise imediata, curvas termogravimétricas em atmosfera inerte e em regime de oxidação. Para análise do potencial de geração de energia elétrica, foi estudada a matriz energética de plantas de extração de óleo, considerando-se o uso de um ciclo de vapor com uso de turbina de extração-condensação, e geração do vapor em 3 diferentes níveis de pressão e temperatura. O potencial de geração de excedentes de energia elétrica encontrado varia em função do tipo de tecnologia usada, considerando-se a geração de vapor a 4,56 MPa e 420°C e turbina operando em regime de extração condensação em indústria

de extração e refino, 6,2 MPa e 450 °C para plantas com produtos associados, como sendo as melhores opções tecno-econômicas, o potencial de geração de energia elétrica seria da ordem de 104,6 MW (primeiro cenário), podendo chegar à 262 MW (segundo cenário), com potencial máximo para território nacional de 662 MW (terceiro cenário).

*Palavras Chave*

Babaçu (*Orbignya* spp (Palmae)), Cogeração, Biomassa, Brasil, Geração Energia Elétrica.

## Abstract

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. *Caracterização Energética do Babaçu e Análise do Potencial de Cogeração*.: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 189 p. Tese (Doutorado).

The objective of this work is to estimate the potential of the electric energy surplus produced by cogeneration in the babassu (*Orbignya* spp (Palmae)) oil extraction sector in Brazil. In order to accomplish this, the biomass availability associated to this palm tree was analyzed for 3 scenarios: 1.168 millions of tons per year of energetic biomass (endocarp and mesocarp) for the first scenario, corresponding to the present oil production situation; second scenario, with an optimized collecting system increasing from 26 to 65% of collected fruits, resulting in 2.922 millions of tons per year of biomass (endocarp and mesocarp) and finally, an analysis of the potential over the whole nation territory considering soil and climate. As part of this work the matter constituting the fruit was tested: epicarp (peel), mesocarp (starch flour), endocarp (wooden part) and kernel, in order to obtain the physical properties such as heating value, density, ultimate and proximate analysis, thermogravimetric curves in inert atmosphere and in oxidizing regime. To analyze the electric energy generation potential, the energetic matrix for oil extraction plant was studied considering the use of a vapor cycle with an extraction-condensation turbine, and vapor generation in three different levels of pressure and temperature. The potential of electric energy surplus found varies as a function of the technology employed. Considering the vapor generation at 4.56 MPa and 420°C and turbine operating in regime of extraction-condensation in industry of extraction and treatment of crude babassu oil and 6.2 MPa and 450 °C for more verticalized plants with associated products as the better options, the potential of electric energy generation would be of the order of 104.6 MW for the first scenario, 262 MW for the second scenario and 662 MW for the third scenario.

*Key Words:* Babassu (*Orbignya* spp (Palmae)), Cogeneration, Biomass, Brazil, Electricity

# Índice

<b>1 Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2 Objetivo</b>	<b>13</b>
<b>3 Justificativa do Trabalho</b>	<b>15</b>
<b>4 Revisão Bibliográfica</b>	<b>17</b>
4.1 <i>Energia</i>	17
4.2 <i>Crise Energética e Meio ambiente</i>	18
4.3 <i>Biomassa</i>	20
4.3.1 <i>Sistemas integrados de produção de alimentos e energia</i>	22
4.4 <i>Babaçu</i>	23
4.4.1 <i>Indústria processadora</i>	26
4.4.1.1 <i>Prensagem</i>	27
4.4.1.2 <i>Extração por solvente</i>	29
4.5 <i>Cogeração</i>	30
4.5.1 <i>Cogeração com uso de biomassa</i>	32
4.6 <i>Produção Independente de Energia</i>	34
4.6.1 <i>Interesse e Condição de Compra da Energia</i>	36
4.7 <i>Crterios de decisão em sistemas energéticos</i>	37
4.7.1 <i>Problemas na cogeração com biomassa</i>	39

4.7.2	Parâmetros de operação do ciclo de potência	41
<b>5</b>	<b>Metodologia</b>	<b>45</b>
5.1	<i>Disponibilidade de biomassa</i>	45
5.2	<i>Caracterização da Biomassa de Babaçu</i>	46
5.3	<i>Levantamento do Perfil Energético do Setor</i>	48
5.4	<i>Estudo de Cogeração</i>	49
5.5	<i>Planejamento e Estudo da Cadeia Produtiva</i>	50
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>52</b>
6.1	<i>Disponibilidade de biomassa</i>	52
6.1.1	Cenário A	52
6.1.2	Cenário B	53
6.1.3	Cenário C	54
6.2	<i>Caracterização da Biomassa de Babaçu</i>	58
6.2.1	Material Analisado	59
6.2.2	Epicarpo	59
6.2.3	Mesocarpo	62
6.2.3.1	Dados de Literatura	65
6.2.4	Endocarpo	66
6.2.4.1	Dados de Literatura	70
6.2.5	Castanha	71
6.2.5.1	Dados de Literatura	76
6.2.6	Outros Dados	76
6.3	<i>Perfil Energético</i>	77
6.3.1	Plantas novas	77
6.3.2	Análise da demanda térmica - Plantas novas	80
6.4	<i>Plantas existentes</i>	80
6.4.1	Oleama S/A	80
6.4.2	Sabões Garoto S/A	84

6.4.3	Discussão	87
6.5	<i>Comparação</i>	90
6.6	<i>Dados para Modelagem</i>	91
6.6.1	Descrição das instalações	92
6.6.1.1	Sistema de Separação do Coco	95
6.6.1.2	Parâmetros de operação da planta modelada	98
6.7	<i>Cogeração com Babaçu</i>	99
6.7.1	Modelagem	99
6.7.2	Cálculo do potencial	103
6.8	<i>Custos</i>	104
6.9	<i>O Mercado de Babaçu</i>	106
6.9.1	Modelo de Exploração da Palmeira de Babaçu	109
<b>7</b>	<b>Discussão</b>	<b>112</b>
7.1	<i>Disponibilidade</i>	112
7.2	<i>Caracterização da Biomassa</i>	113
7.3	<i>Perfil Energético</i>	124
7.4	<i>Cogeração com Babaçu</i>	126
7.5	<i>Mercado de Óleo de Babaçu</i>	130
7.5.1	Modernização do setor	133
7.5.1.1	Linhas de Ação Integralizadoras	134
7.5.1.2	Linhas de Ação Direcionadas	136
<b>8</b>	<b>Conclusões</b>	<b>139</b>
8.1	<i>Disponibilidade</i>	139
8.2	<i>Caracterização da Biomassa</i>	139
8.3	<i>Perfil Energético</i>	141
8.4	<i>Cogeração com Babaçu</i>	142

8.5	<i>Mercado de Óleo de Babaçu</i>	143
8.6	<i>Conclusões Gerais</i>	145
9	<b>Propostas para Futuros Trabalhos</b>	146
10	<b>Referências Bibliográficas</b>	147
11	<b>Anexo 1 - Questionário para Coleta de Dados</b>	154
12	<b>Anexo 1 - Dados dos ensaios</b>	160
13	<b>Anexo 2 - Dados da Oleama S/A</b>	167
14	<b>Anexo 2 - Dados da Sabões Garoto S/A</b>	174
15	<b>Apêndice I - Referências de Pessoas e Entidades Citadas</b>	180

## Índice de Figuras

Figura 1: Corte esquemático da castanha, cortes transversal (a) e longitudinal (b) e os seus principais componentes: a - epicarpo, b - mesocarpo, c - endocarpo e d - amêndoa (fonte: Emmerich, 1987).	24
Figura 2: Áreas de ocorrência do Babaçu (Fonte: Amaral Filho, 1990).	25
Figura 3: Esquema de comércio predominante no complexo da extrato-indústria babaçueira.	26
Figura 4: Processo de extração por prensagem .	28
Figura 5: Processo de extração por solvente.	29
Figura 6: Ciclo topping a vapor, em cascata (IAA, 1987).	33
Figura 7: Ciclo tooping combinado, gás/vapor.	33
Figura 8: Venda de excedente de energia para CPFL, fonte: Anuário Estatístico CPFL 1992 a 1998.	36
Figura 9: Esquema de funcionamento do ciclo de um sistema BIG-GT, à pressão atmosférica, simplificado.	40
Figura 10: Quantidade de castanhas produzidas em toneladas por ano, com as duas principais regiões produtoras em destaque - Nordeste e Norte. As demais regiões não são representativas. Fonte IBGE/SIDRA (2002).	52
Figura 11: Sistema de transporte proposto por Luiz Amaral, com uso de Big Bags (May, 1999).	54
Figura 12: Disposição geral das áreas de ocorrência do Babaçu (MIC/STI, 1982).	55
Figura 13: Quantidade da Produção Extrativa (1999) - Babaçu (Amêndoa).	56
Figura 14: Resultado do processamento manual do fruto, mostrando quebra inicial e posterior separação do epicarpo.	58
Figura 15: Curvas da Análise termogravimétrica para o epicarpo, em atmosfera inerte.	61
Figura 16: Curvas da Análise termogravimétrica para o epicarpo, em atmosfera reativa.	62

Figura 17: Curva de Umidade de Equilíbrio - Mesocarpo .	63
Figura 18: Amilograma de farinha de Babaçu - Mesocarpo.	65
Figura 19: Endocarpo de Babaçu quebrado mecanicamente, fornecido pelo Sr. José Mário F. Frazão (Frazão, 2001).	67
Figura 20: Gráfico de Granulometria para endocarpo analisado.	68
Figura 21: Curva de Umidade de Equilíbrio - Endocarpo .	68
Figura 22: Curvas da Análise termogravimétrica para o endocarpo, em atmosfera inerte.	69
Figura 23: Curvas da Análise termogravimétrica para o endocarpo, em atmosfera reativa.	70
Figura 24: comportamento da densidade com relação ao percentual de castanhas defeituosas.	72
Figura 25: gráfico de granulometria para castanha analisada.	73
Figura 26: Curva de Umidade de Equilíbrio - Castanha.	74
Figura 27: Curvas da Análise termogravimétrica para a castanha, em atmosfera inerte.	75
Figura 28: Curvas da Análise termogravimétrica para a Castanha, em atmosfera reativa.	75
Figura 29: Desenho esquemático do fluxo de material da planta da Olema S/A.	81
Figura 30: Desenho esquemático do fluxo de vapor da planta da Olema S/A.	82
Figura 31: Desenho esquemático do fluxo de material da planta da Sabões Garoto S/A.	85
Figura 32: Desenho esquemático do fluxo de vapor da planta da Sabões Garoto S/A.	85
Figura 33: Percentual de ociosidade ao longo do ano na planta da Oleama S/A.	88
Figura 34: Correlação consumo de energia nas caldeiras com quantidade de Babaçu processado na planta da Oleama S/A, ao longo do ano.	89
Figura 35: Consumo de energia elétrica específico ao longo do ano na planta da Oleama S/A.	89
Figura 36: Consumo de energia térmica e elétrica ao longo do ano na planta da Oleama S/A.	90
Figura 37: Esquema proposto pra operação de ciclo de potência à vapor para planta de processamento de castanha de Babaçu.	92
Figura 38: Desenho esquemático do sistema proposto (turbina de extração condensação).	92
Figura 39: Sistema de quebra e despela preconizado pela Máquinas Piratininga S/A (Leme, 1981).	95
Figura 40: Descascador p/coco de Babaçu (Frazão, 2001).	97
Figura 41: Quebrador de endocarpo de coco de Babaçu (Frazão, 2001).	97
Figura 42: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Voláteis.	113
Figura 43: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Carbono Fixo.	114
Figura 44: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Cinzas.	114

Figura 45: Resultados do ensaio de umidade de equilíbrio Mesocarpo de Babaçu, comparado com ouros amiláceos (fonte: - Bala, 1997 e Hartman & Esteves, 1982).	117
Figura 46: Resultados do ensaio de umidade de equilíbrio Castanha de Babaçu, comparado com ouras oleaginosas (fonte: - Bala, 1997 e Hartman & Esteves, 1982).	118
Figura 47: Resultados da Análise Elementar dos componentes do fruto e outras biomassas.	120
Figura 48: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/epicarpo.	122
Figura 49: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/endocarpo.	122
Figura 50: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/Castanha.	123
Figura 51: Potencial de geração de excedentes de energia elétrica p/planta de extração e refino.	127
Figura 52: Potencial de geração de excedentes de energia elétrica em plantas c/produção associada.	127
Figura 53: Gráfico dos valores da TIR, para as 6 configurações estudadas.	128
Figura 54: Gráfico do Valor Presente Líquido para as 6 configurações estudadas.	129
Figura 55: Sistema de produção de tecnologia apropriada proposto por Herrera (1981).	134

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Distribuição percentual do processo de extração (Fonte: Amaral Filho, 1990). .....	27
Tabela 2: Sistemas de cogeração, por tipo de ciclo adotado (CESP, 1985). .....	32
Tabela 3: Síntese dos parâmetros na Simulação de sistemas de cogeração (Walter, 1994). .....	42
Tabela 4 Condições de análise de planta extratora de óleo de Dendê (Coelho et. al., 2001). .....	43
Tabela 5 Condições de análise de planta extratora de óleo de Dendê (Coelho et. al., 2001). .....	43
Tabela 6: Disponibilidade de biomassa por estado, segundo cenário A deste estudo. ....	53
Tabela 7: Disponibilidade de biomassa por estado, segundo cenário B deste estudo. Fonte IBGE/SIDRA (2002) & May (1999). .....	53
Tabela 8: Dados obtidos com o epicarpo analisado. ....	60
Tabela 9: Dados obtidos com o TGA do epicarpo analisado em atmosfera inerte. ....	60
Tabela 10: Dados obtidos com o TGA do epicarpo analisado em atmosfera reativa. ....	60
Tabela 11: Dados obtidos com o mesocarpo analisado. ....	62
Tabela 12: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Mesocarpo. ....	63
Tabela 13: Composição da Farinha de Babaçu (Peixoto, 1973). .....	66
Tabela 14: Dados de obtidos do endocarpo analisado. ....	66
Tabela 15: Percentuais de retenção nas peneiras do ensaio de Granulometria, para endocarpo. ....	67
Tabela 16: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Endocarpo. ....	68
Tabela 17: Dados obtidos com o TGA do endocarpo analisado em atmosfera inerte. ....	69
Tabela 18: Dados obtidos com o TGA do endocarpo analisado em atmosfera reativa. ....	70
Tabela 19: Dados obtidos das Castanhas analisadas. ....	71
Tabela 20: Tabela de valores de densidade com relação ao percentual de castanhas quebradas ou infectadas. ....	72
Tabela 21: Percentuais de retenção nas peneiras do ensaio de Granulometria, para Castanhas. ....	73

Tabela 22: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Castanha.....	73
Tabela 23: Dados obtidos com o TGA da Castanha analisada em atmosfera inerte. ....	74
Tabela 24: Dados obtidos com o TGA da Castanha analisada em atmosfera reativa. ....	74
Tabela 25: Análise química das amêndoas (Gonsalves, 1955). ....	76
Tabela 26: Composição percentual dos constituintes do fruto. ....	76
Tabela 27 Lista de equipamentos dos orçamentos de fornecedores nacionais. ....	78
Tabela 28 : Orçamento fornecidos pelos fabricantes de equipamentos, em US\$. ....	80
Tabela 29 : Índices de desempenho termodinâmico das unidades propostas pelos fabricantes. ....	80
Tabela 30 : Capacidade de extração de óleo da Planta da Oleama.....	81
Tabela 31 : Possíveis condições do vapor para análise do ciclo Termodinâmico da Planta da Oleama. .....	82
Tabela 32 : Análise do consumo de calor para a extração de óleo na planta da Oleama S/A. ....	83
Tabela 33 : Resultado da análise do consumo de calor para a planta da Oleama S/A. ....	83
Tabela 34 : Possíveis condições do vapor para análise do ciclo Termodinâmico da Planta da Sabões Garoto. ....	86
Tabela 35 : Análise do consumo de calor para a extração de óleo na planta da Sabões Garoto S/A. ....	86
Tabela 36 : Resultado da análise do consumo de calor para a planta da Sabões Garoto S/A. ....	87
Tabela 37 : Percentual de ociosidade e consumos de Eletricidade e Combustível para Caldeiras ao longo do ano, para a planta da Oleama S/A. ....	87
Tabela 38 : Consumo energético mensal médio, Eletricidade e Combustível para Caldeiras, para a planta da Oleama S/A. ....	90
Tabela 39 : Compilação dos dados de consumo de energia e condições de processo. ....	91
Tabela 40 : Lista de equipamento de cada processo da planta, potência associada, fator de uso e consumo de energia estimado. ....	93
Tabela 41 : Potência e gasto de energia elétrica específicos para a planta teórica. ....	95
Tabela 42 : Dados de consumo energético de uma unidade sistema PQS (Frazão, 2001). ....	97
Tabela 43 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira A e Turbina A. ....	99
Tabela 44 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira A e Turbina A. ....	100
Tabela 45 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira B e Turbina A. ....	100
Tabela 46 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira B e Turbina A. ....	100
Tabela 47 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira C e Turbina A. ....	100
Tabela 48 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira C e Turbina A. ....	101

Tabela 49 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira A e Turbina B.....	101
Tabela 50 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira A e Turbina B. ....	101
Tabela 51 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira B e Turbina B.....	101
Tabela 52 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira B e Turbina B. ....	102
Tabela 53 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira C e Turbina B.....	102
Tabela 54 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira C e Turbina B. ....	102
Tabela 55 : Resumo das potências estimadas para as diferentes configurações.....	102
Tabela 56 : Resumo das potências estimadas para as diferentes configurações.....	103
Tabela 57 : Resumo das potências estimadas para as diferentes Configurações/Cenários. ....	104
Tabela 58: Custo das Turbinas, fornecedor Dresser-Rand . ....	104
Tabela 59: Custo das Turbinas, fornecedor TGM - Engeturb . ....	104
Tabela 60: Custo dos geradores, fornecedor Dresser-Rand.....	104
Tabela 61: Custo dos geradores, fornecedor WEG . ....	105
Tabela 62: Custo das Caldeiras fornecedor Dedini . ....	105
Tabela 63 : Valores dos investimentos totais para as 6 configurações propostas. ....	105
Tabela 64 : Valores da Taxa Interna de Retorno - TIR para as 6 configurações propostas.....	105
Tabela 65 : Distribuição do Valor Presente Líquido para as 6 configurações propostas. ....	105
Tabela 66 : Custo do MW instalado para as 6 configurações propostas. ....	105
Tabela 67: Comparação entre potencial de produção de biomassa de Babaçu e demais fontes de biomassas energéticas presentes na Matriz Energética Brasileira. ....	112
Tabela 68: Quadro comparativo dos valores de Análise Imediata de outras biomassas. ....	115
Tabela 69: Valores do Poder Calorífico Inferior dos componentes do Babaçu encontrados nas fontes pesquisadas em comparação aos dados obtidos.....	116
Tabela 70: Valores do Poder Calorífico Superior para diferentes biomassas. ....	116
Tabela 71: Valores do Umidade de Equilíbrio para diversos materiais, incluindo componentes do fruto de Babaçu.....	116
Tabela 72: Valores do densidade para os componentes do Babaçu e outras biomassas. ....	118
Tabela 73: Dados de composição elementar para diferentes biomassa e para o fruto do Babaçu...	119
Tabela 74: Comparação entre PCS calculado e obtido com bomba calorimétrica (ASTM D 270-33). .....	120
Tabela 75: Comparação entre PCI calculado e obtido com bomba calorimétrica (ASTM D 270-33). .....	120

Tabela 76: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/epicarpo. ....	121
Tabela 77: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (Norma ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/endocarpo. ....	121
Tabela 78: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (Norma ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/Castanha. ....	121
Tabela 79: Dados comparativos de perfil energético para setores que utilizam biomassa.....	125
Tabela 80: Comparação de consumos específicos para diferentes setores processadores de biomassa. ....	126
Tabela 81: Valores de potencial disponível para geração de excedentes de energia elétrica supondo ser esta feita em planta de simples extração e refino do óleo. ....	126
Tabela 82: Valores de potencial disponível para geração de excedentes de energia elétrica p/planta de extração e refino com produção de outros sub-produtos derivados do óleo bruto.....	126
Tabela 83: Valores de geração de excedentes de energia elétrica p/planta de extração e refino.....	128
Tabela 84: Valores do potencial de geração de excedentes de eletricidade para a indústria de extração de óleo de Babaçu no Brasil. ....	129

## Capítulo 1

### Introdução

Tendo como pano de fundo o fim da chamada era do combustível fóssil, em função do esgotamento da capacidade de emissão na atmosfera de mais carbono proveniente da queima de combustíveis (CO e CO<sub>2</sub>), que leva ao problema maior do aumento de temperatura do globo (conforme disposto pelo protocolo de Kioto), é imperativa a busca por novas fontes de energia sustentáveis a médio e longo prazo. Tornando necessário dar maior atenção aos sistemas energéticos baseados nas chamadas "fontes renováveis", cujo aspecto essencial é a sua sustentabilidade ao longo do tempo, a exemplo do uso da Biomassa energética.

Mesmo sabendo ser premente essa necessidade de começar este trabalho em direção a uma matriz energética mais sustentável em nível global, isto não se verifica dentro da escala necessária, uma vez que existe uma inércia muito grande na migração dos sistemas baseados em combustíveis fósseis (também chamados não renováveis) para sistemas renováveis, em especial por questões tais como sucateamento dos sistemas existentes e as facilidades oferecidas por aqueles.

Neste sentido, é comum notar que o aproveitamento destas fontes sustentáveis de energia se dá de forma marginal, aliando-se a outros fatores de produção. Normalmente o aproveitamento ocorre inserido em sistemas de produção específicos, em que o insumo básico é utilizado originando múltiplos produtos, entre eles, energia. Este é o caso da maioria das formas de utilização de biomassa como fonte energética, a exemplo da cana-de-açúcar com a produção combinada de álcool, açúcar e eletricidade.

A biomassa é usada na indústria, não por questões sociais ou ambientais, mas por características particulares de determinados processos em que esta se mostra técnica e

economicamente viável. O uso energético da biomassa é, antes de tudo, uma questão de processo inserido no contexto industrial e assim, deve ser tratado com o perigo de, se não fazê-lo, cair em questões de relevância secundária para os principais atores. Os ganhos ambientais, sociais e estratégicos são pertinentes e relevantes, mas raramente interferem no processo decisório em âmbito industrial.

Tecnicamente esta produção energética se mostra mais favorável nos sistemas que incorporam os conceitos da cogeração, em que é possível maximizar o aproveitamento energético de uma fonte energética primária pelo uso seqüencial nas formas de calor e potência.

Uma biomassa com características de aproveitamento que se encaixa nestes padrões é o Babaçu. Fruto de uma palmeira de mesmo nome, do qual podem ser extraídos diferentes produtos: óleo, farinha protéica, farinha amilácea e um endocarpo fibroso que pode ser utilizado como combustível.

Embora seja conhecida há muito tempo sua utilidade do ponto de vista energético, a biomassa de Babaçu para fins energéticos tem sido relegada, permanecendo sem a devida atenção pelos centros de pesquisa desde a opção pela cana de açúcar no período após a crise do petróleo da década de 70.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo resgatar o estudo, nas novas bases de conhecimento do uso energético da biomassa e explorar as potencialidades do aproveitamento energético do Babaçu, caracterizando-a (dada a falta de informação disponível) e analisar a inserção de ciclos de geração de energia elétrica em ciclos de vapor integrados ao seu sistema produtivo em regime de cogeração.

A importância deste trabalho vem não só pelo fato de preencher uma lacuna no estudo de outras fontes energéticas renováveis que não a cana-de-açúcar, mas também por resgatar o uso de uma palmeira de elevada importância para o desenvolvimento da região Nordeste-Norte do país, frente aos novos conhecimentos que vêm se acumulando ao longo de décadas de estudo sistemáticos do uso energético da biomassa que não foram transferidos para outras áreas de aplicabilidade além da cana-de-açúcar e os estados do Centro-Sul (principalmente).

## Capítulo 2

### Objetivo

O objetivo deste trabalho é atualizar o estudo do Babaçu (*Orbignyia* spp (Palmae)), como uma fonte de biomassa energética, aplicando os conhecimentos acumulados com os trabalhos desenvolvidos para a cana-de-açúcar, disponibilizando à sociedade uma boa base para novos trabalhos que possam estudar caso a caso a aplicabilidade da tecnologia de cogeração às unidades de extração de óleo.

Como parte dos trabalhos, é necessária a caracterização da biomassa, tanto em relação à disponibilidade quanto às características, pois é latente a lacuna na bibliografia de informações sobre o fruto desta palmácea.

Também foi analisado o potencial de produção de energia elétrica junto ao setor processador de óleo de Babaçu no território brasileiro, com uso de técnicas de cogeração.

Para que estes objetivos fossem atingidos, foi necessário cumprir com as seguintes etapas, impondo uma direção para o desenvolvimento dos trabalhos:

1. Estimar a disponibilidade de biomassa para o setor e suas características, tanto em termos de sua distribuição geográfica quanto à metodologia de coleta adotada, considerando possibilidades de otimizações;
2. Utilizando os conhecimentos acumulados com o estudo da cana-de-açúcar, caracterizar os componentes do fruto de Babaçu, não somente como fonte de biomassa energética, mas também procurar levantar parâmetros que auxiliem no dimensionamento de plantas

processadoras;

3. Descrever o perfil energético das atividades industriais do setor, determinando as configurações mais frequentes e suas demandas de potência e calor;
4. Com base nas informações levantadas e a presente situação do mercado brasileiro, calcular custos para potência instalada e condições de atratividade financeira para a energia produzida, considerando o uso da tecnologia empregada na cogeração com bagaço de cana; e
5. Analisar a atual cadeia produtiva desta agroindústria brasileira, procurando caracterizar o setor quanto à pontos débeis, potencialidades não exploradas, assim como necessidades para futuros trabalhos.

## Capítulo 3

### Justificativa do Trabalho

O mote deste trabalho se origina do entendimento da necessidade de estudo do potencial de sistema de geração de energia com base em combustíveis renováveis, como o uso energético da biomassa em paralelo à crise do setor de geração de energia elétrica no Brasil

Neste sentido espera-se que este exercício teórico de quantificação sirva como instrumento de planejamento energético, levando a questionamentos de ordem: ambiental, técnica, mercadológica, política e social entre outros (do ponto de vista das indústrias utilizadoras, tanto da sociedade brasileira como da internacional).

Ressaltamos os seguintes aspectos de relevância desta análise:

1. A área de ocorrência do Babaçu é complementar à da cana-de-açúcar, possibilitando ao país o uso de sistemas energéticos baseados em biomassa em uma parte maior do território brasileiro;
2. Analisar, para um determinado segmento da indústria nacional, a possibilidade de diversificar suas atividades, inaugurando um novo patamar de negócios em regiões carentes de investimentos e desenvolvimentos tecnológicos;
3. Fornecer subsídios para o atendimento de parte das propostas acordadas na agenda 21, assinada por ocasião da RIO 92, também pelo Brasil;
4. Estabelecer novas técnicas de trabalho para o setor extrator de óleo de Babaçu, em direção a sua maior sustentabilidade e menor agressão ao meio ambiente;
5. Prover um breve estudo das possibilidades de solução energética para uma parte da

economia brasileira carente de inovação tecnológica e historicamente ausente no âmbito do desenvolvimento tecnológico direcionado às suas características específicas, fontes energéticas estas que se adaptem às necessidades e características locais (agroindústria); e

6. Fornecer subsídios para a elaboração de uma política de desenvolvimento energético ligada à biomassa.

## Capítulo 4

### Revisão Bibliográfica

#### 4.1 Energia

A energia não é somente uma questão de watts de potência instalados disponíveis, como bem ressalta Jannuzzi (1997) e esta questão da energia pode ser vista pela sociedade de várias formas, em função dos diversos parâmetros e dos diversos grupos sociais envolvidos, podendo ser influenciados por diferenças tais como nível de decisão, autoridade, necessidades.

A energia pode ser tratada como uma mercadoria, uma necessidade ou um recurso estratégico/ecológico, dependendo de como os agentes do processo energético a compreendem. O principal ator deste processo é o sistema energético, conjunto de atividades que inclui uma complexa rede de operações com o objetivo extrair energia das fontes encontradas na natureza e entregá-la para o consumo final (Jannuzzi, 1997). Estas atividades podem ser divididas em três níveis: produção e conversão de fontes de energia em vetores energéticos, armazenamento e distribuição dos vetores e consumo final.

Analisando o setor de produção e conversão, as fontes energéticas podem ser divididas em fontes primárias ou secundárias, ou classificá-las em renováveis ou não renováveis.

Quando transpomos estas considerações ao sistema energético tanto brasileiro quanto global, somos levados a considerar algum dos fatores abaixo relacionados, admitindo que:

1. A demanda global de energia está crescendo mais rápido do que população (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 1998);

2. O Plano 2015 da ELETROBRAS supõe uma maior participação da biomassa na matriz energética brasileira (Ventura Filho, 1996);
3. É necessária uma maior participação do setor privado na expansão do parque de geração de energia elétrica no Brasil (Rosa, 1993); e
4. Há a necessidade de se lançar um olhar crítico sobre a natureza finita dos combustíveis fósseis e a busca de soluções para os problemas energéticos atuais e futuros.

#### 4.2 Crise Energética e Meio ambiente

A energia é indispensável à sobrevivência diária e ao desenvolvimento futuro. Dependemos da disponibilidade de energia por muito tempo e em quantidades cada vez maiores, de fontes seguras, confiáveis e adequadas ao meio ambiente. Não dispomos, nas condições atuais, de nenhuma fonte - isolada ou combinada - que possa atender a essa necessidade futura (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente, 1991).

A falta desta fonte energética segura, duradoura, confiável, barata e ecologicamente saudável teve sua necessidade sentida a partir da atual crise energética, relacionada com o futuro da economia mundial, que tem suas raízes no próprio modelo de desenvolvimento adotado, tendo sido mais evidente a partir da crise do petróleo de 1973, em consequência das atitudes da OPEP, marcando o fim da era da energia barata (Sachs, 1986). Este mesmo autor ressalta que um reflexo desta crise foi tornar economicamente viáveis fontes alternativas de energia, obrigando a revisões abrangentes das estratégias de desenvolvimento. Aliando-se a consciência da natureza finita de nosso planeta ao desenvolvimento de uma consciência ecológica, surgiu a idéia de limites ao crescimento econômico infinito. Esta crise também obrigou uma revisão das estratégias de desenvolvimento, procurando elaborar novos modelos.

A percepção das limitações do modelo de crescimento em vigor são explicitadas historicamente a partir de considerações sobre: meio ambiente, recursos naturais e escassez. As primeiras formulações remontam de R. T. Malthus (1798), influenciado pela problemática do crescimento exponencial da população frente ao linear da produção de alimentos. Em seguida, J. S. Mill (1862) lança as bases de que o crescimento não é um processo sem fim, propondo que a verdadeira meta é a melhor distribuição da renda, não o seu crescimento Na sociedade urbana

industrial inglesa, W. S. Jevons (1865) visualiza o insumo energético carvão como limitante (Kula, 1992).

Neste trabalho o autor ressalta ainda (Kula, 1992):

1. O trabalho de A. C. Pigou (1929) que apontou a necessidade de distribuir os recursos entre presente, futuro próximo e remoto;
2. Trabalhos que verificaram que os recursos naturais (com exceção dos produtos de origem florestal) estão ficando cada vez menos escassos com os avanços da tecnologia de extração/beneficiamento que evolui com passar dos anos;
3. O Clube de Roma que, usando modelos matemáticos baseados nas condições da época, ilustrou que o crescimento econômico não é somente um benefício questionável, mas um evento potencialmente danoso, se não desastroso, uma vez que continuando no mesmo ritmo, levaria à exaustão de recursos.

Desta forma, falar de modelos energéticos é falar de modelos de desenvolvimento. Como diz Rosseti (1983) em seu artigo "Crescimento e Desenvolvimento, Diferenças Fundamentais": explorando o equívoco de associar o crescimento (mormente o econômico) ao desenvolvimento, acabamos por não contabilizar os seus custos sociais, por exemplo, uma vez que o desenvolvimento envolve um processo dinâmico, no qual, ao longo do tempo, se modificam caracteres da estrutura social e econômica.

Em resposta à percepção da falência do modelo de crescimento atual, surgem modelos ditos alternativos, tais como o ecodesenvolvimento proposto por Ignacy Sachs e o desenvolvimento sustentável, preconizado no Relatório Brundland.

O ecodesenvolvimento é colocado como uma forma de desenvolvimento durável, viável, harmonizando objetivos sociais, ambientais e econômicos. Desenvolvimento orientado pelo princípio da justiça social em harmonia com a natureza (Sachs, 1986). Este modelo considera como crucial o estudo da interface alimentos-energia, englobando sistemas de co-produção de alimentos e biomassa energética, com capacidade de sustentação a longo prazo, combinando operações de mercado e auto abastecimento com altas eficiências (energética, de capital e recursos), baixo consumo energético e uma abordagem participativa no planejamento e na gestão (Sachs, 1986).

O conceito de desenvolvimento sustentável é definido, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, como o "desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades" (Goulet, 1997).

Em ambos os modelos, a biomassa como fonte energética é apontada como fator chave para a solução de parte dos problemas atualmente enfrentados pela Humanidade, quer pela suas características de fonte energética não agressora do meio, quer como modelo de geração socialmente e ecologicamente correto. Enfim, um modelo tecnologicamente capaz de responder às novas necessidades que a Humanidade ora se depara.

É neste quadro de transformações conceituais acerca do crescimento e da forma como elas são preconizadas, que surgem as discussões em torno do meio ambiente e sua incorporação nas estratégias das empresas enquanto elemento de competitividade internacional, muitas vezes apoiando-se em princípios gerais do que é convencionalmente denominado desenvolvimento sustentável, como no caso da ISO 14000 (Rio, 1996).

#### 4.3 Biomassa

O conceito de Biomassa tem evoluído ao longo do tempo, definida primeiramente do ponto de vista biológico a partir do conceito de massa total de uma planta que possa ser eventualmente utilizada, se as técnicas de colheita e condições de mercado permitirem (Hall & Overed, 1987), até o presente, em que se faz uso do conceito de sistemas energéticos com base no uso da biomassa, como sendo esta um insumo fornecido por materiais de origem vegetal renovável ou obtido pela decomposição de dejetos (FIESP/CIESP, 2001).

A utilização energética de biomassa faz uso de diferentes processos, onde Cortez & Lora (1997) destacam:

1. Combustão ou queima direta: transformando energia química em calor com a reação do combustível com o oxigênio, fornecido além da quantidade estequiométrica;
2. Gaseificação: aquecimento com a presença de oxidante, em quantidade menor que a estequiométrica, obtendo-se gás combustível (compostos de CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre outros);

3. Pirólise: aquecimento em ausência de oxidante, obtendo gases combustíveis, produtos líquidos (alcatrão e ácido piro-lenhoso) e substância carbonosa (processo de fabricação do carvão vegetal);
4. Liquefação: processo para obtenção de combustíveis líquidos reagindo a biomassa triturada com monóxido de carbono, em presença de um catalisador alcalino;
5. Fermentação: conversão anaeróbia, pela ação de microorganismos (processo usado na obtenção do álcool anidro a partir da cana-de-açúcar); e
6. Biodigestão: conversão anaeróbia, pela ação de microorganismos, produzindo biogás (metano e gás carbônico).

Outra tecnologia em desenvolvimento para utilização energética da Biomassa é a gaseificação e utilização de turbinas aero-derivadas (COPERSUCAR, 1997).

Em Cortez & Lora (1997) podemos encontrar ainda exemplos das diferentes indústrias com utilização energética de biomassa: setor sucro-alcooleiro, papel e celulose, cerâmicas, padarias, etc., se estendendo por uma série de setores do meio produtivo, distribuídas desde pequeno até grande porte.

Com relação à origem deste suprimento energético, como descrito por Tillman (1987), ela pode ser:

1. Esterco proveniente da pecuária (bovina, suína, etc.);
2. Cultivos específicos de espécies com objetivos energéticos, plantações energéticas, árvores de crescimento rápido, sorgo, etc.;
3. Resíduos de indústrias alimentícias, como no caso do açúcar, café instantâneo, frutas e vegetais enlatados, entre outros;
4. Resíduos do processamento de madeira, tal como: indústria de papel e celulose e beneficiamento de toras.

Dentro da Matriz Energética Brasileira, a biomassa representava, já em 1977, 17,1% da energia utilizada; em 2001 este número subiu para 23,3 % (MME, 2002). Os maiores usos deste

insumo energético estão ligados a setores específicos da economia a exemplo dos setores sucro-alcooleiro (cogeração) e de produção de celulose (Cortez & Lora, 1997).

#### 4.3.1 Sistemas integrados de produção de alimentos e energia

Os chamados sistemas integrados de produção de alimentos e energia são soluções tecnológicas que tentam harmonizar a adoção de tecnologias eficientes de produção agrícola e industrial, com o máximo aproveitamento dos subprodutos, diversificação da matéria prima, viabilidade de produção em pequena escala, reciclo e utilização econômica dos resíduos produzidos e a compatibilização da produção energética com a alimentar.

Estes sistemas procuram complementariedades e não a justaposição de projetos, explorando os efeitos de sinergia que resultem numa produtividade global do sistema superior à soma das produções isoladas, minimizando impactos e adaptando à cada contexto sócio econômico, sendo economicamente viáveis, socialmente desejáveis e sustentáveis ecologicamente.

Os projetos de aproveitamento integral do fruto do Babaçu são exemplos destes tipos de empreendimentos, uma vez que esta palmeira apresenta diferentes formas de aproveitamento para os seus diferentes sub-produtos (Vivacqua Filho, 1968):

1. madeira do tronco para moradia;
2. palha da copa para telhados, lenha e utensílios;
3. palmito da coroa para alimentação e industrialização; e
4. frutos com múltiplo aproveitamento:
  - amido;
  - energia (carvão e lenha);
  - amêndoa - com óleo e farinha protéica.

Um dos pontos mais sensíveis dos projetos de produção integrada de alimentos e energia é a sua implementação, em que deve-se atentar para as seguintes considerações (FINEP/PNUD, 1984):

1. Política governamental definida (priorizando a descentralização política e econômica);

2. Capacitação humana, tanto de especialistas em aspectos específicos como a classe estudantil, para que haja a contínua disponibilidade de recursos humanos, incluindo projetos piloto em condições reais (ex.: estágios para universitários);
3. Indústria de equipamentos disponíveis no local de uso, para que haja a viabilidade do fornecimento de equipamentos a baixo custo, também como objetivo de fomentar pequenas indústrias metal-mecânicas locais;
4. Tecnologia, com geração de tecnologia apropriada para a solução dos problemas locais;
5. Infra-estrutura industrial, voltada para o setor, com equipamentos adequados e de baixo custo, capaz de absorver as mudanças; e
6. Mercado, para que os novos produtos, ou subprodutos, possam ser absorvidos.

Como um cronograma base, as seguintes etapas são sugeridas:

1. Identificação das condições básicas de suporte;
2. Seleção do sistema, que tanto no programa piloto quanto no campo, deve minimizar as possibilidades de falha técnica (robustez do processo para evitar grandes complexidades na implementação e gerenciamento);
3. Determinação da estrutura de manutenção;
4. Determinação do custo/ benefício privado
5. Determinação do custo/ benefício social
6. Elaboração do cronograma de implementação; e
7. Implementação.

#### 4.4 Babaçu

O Babaçu é uma espécie botânica brasileira, uma palmeira de grande porte, atingindo até 20 m de altura, tronco cilíndrico e copa em formato de taça. O fruto é uma drupa com elevado número de frutos por cacho (às vezes mais de 100), com até 4 cachos por palmeira (habitat natural), podendo chegar de 15 a 25. Os frutos são em formato elipsoidais, mais ou menos cilíndricos, pesando entre 90 a 280 g. Este fruto apresenta: epicarpo (camada mais externa bastante rijá), mesocarpo (com 0,5 a 1,0 cm, rico em amido), endocarpo (rijo, de 2 a 3 cm) e amêndoas (de 3 a 4 por fruto, com 2,5 a 6 cm de comprimento e 1 a 2cm de largura). Um esquema geral do fruto pode ser visto na figura 1. A

safra vai de setembro a março (Vivacqua Filho, 1968).

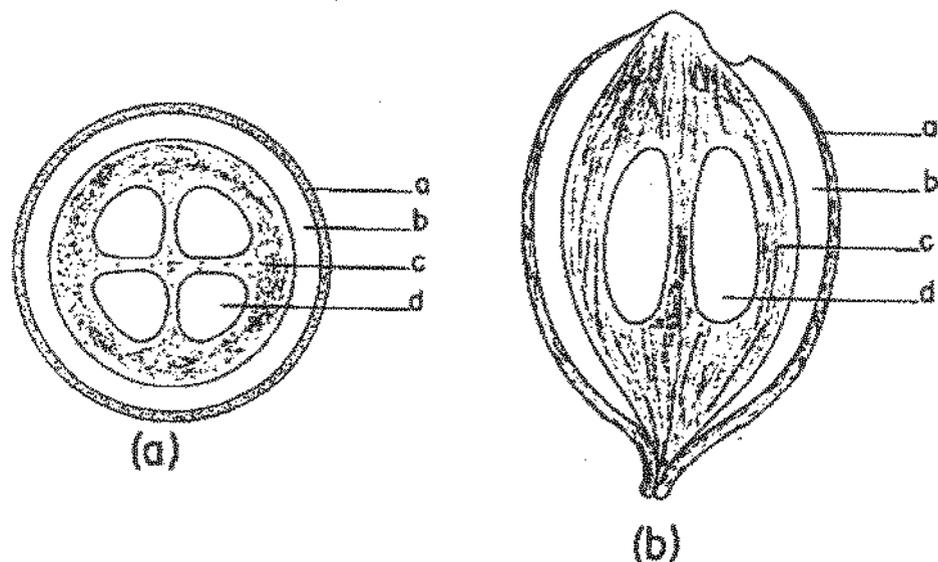


Figura 1: Corte esquemático da castanha, cortes transversal (a) e longitudinal (b) e os seus principais componentes: a - epicarpo, b - mesocarpo, c - endocarpo e d - amêndoa (fonte: Emmerich, 1987).

A área de ocorrência se concentra no Nordeste (maior região produtora), Norte e Centro Oeste, como pode ser visto na figura 2, ocorrendo também no México e na Bolívia. Engloba 8 espécies do Gênero *Orbignya* e 4 do *Attalea*, adaptando-se a diferentes tipos de solo. As indústrias de beneficiamento se concentram no Maranhão, maior estado produtor (EMBRAPA, 1984a).



Regiões de ocorrência de babaçu no Brasil.

Figura 2: Áreas de ocorrência do Babaçu (Fonte: Amaral Filho, 1990).

O principal produto comercial extraído da palmeira do Babaçu é o óleo (extraído da castanha) e a torta (que resulta do processo). Este óleo representa 7% do peso total do fruto. Em números, a coleta e quebra do fruto desta palmácea chega a empregar até 2 milhões de pessoas durante o pico da safra (dados de 1984), em uma área de ocorrência de 14,5 milhões de hectares, produzindo 4 milhões t/ano de frutos, aproximadamente 30% da produção de extrativos (excluindo madeira, dados do período de 1975 a 1977), com um potencial estimado de 15 milhões t/ano. Em peso, os diferentes componentes do fruto se distribuem em (EMBRAPA, 1984b):

- epicarpo            11%;
- mesocarpo        23%;
- endocarpo        59%; e
- amêndoa          7%.

Com relação ao poder calorífico dos seus componentes, existem poucos trabalhos, sendo que os valores disponíveis variam de região para região, de acordo com solo, clima, espécie, etc.. Em Vivacqua Filho (1968), podemos encontrar os seguintes valores do poder calorífico expressos em kJ/kg: epicarpo - 18045,1; mesocarpo - 16202,9 e endocarpo - 18840,6, sem referência quanto a

estes valores serem referentes à poder calorífico superior ou inferior, tão pouco com qualquer referência à umidade das amostras.

No trabalho de Amaral Filho (1990) encontramos uma descrição bastante detalhada do que é, em termos sociais, econômicos, industriais e políticos, a cadeia do Babaçu.

A estrutura de produção-comercialização tem como base social a pequena produção mercantil, como reprodutora imediata da força de trabalho (necessidades imediatas da unidade familiar), na sua maioria famílias de posseiros, arrendatários agrícolas, pequenos proprietários e parceiros de grande proprietários de terras. Desta força de trabalho, vale destacar o papel fundamental desempenhado pelas mulheres e crianças, responsáveis pela etapa de quebra e separação da castanha, com aproveitamento endógeno da casca e do endocarpo (como combustível em fornos a lenha) e do mesocarpo para alimentação. Numericamente, estes trabalhadores da área rural, no estado do Maranhão (o maior produtor nacional), representam 73,77% da população (dados de 1980).

Seguindo a cadeia produtiva, tem-se os pequenos comerciantes, que têm como objetivo reunir esta produção extremamente dispersa no território, encaminhando para a indústria. Em contrapartida, trazem mercadorias dos outros ramos industriais para os pequenos produtores, na medida em que a castanha do Babaçu adquire o valor de troca, sem intermediação monetária. Um resumo da cadeia pode ser vista na figura 3.

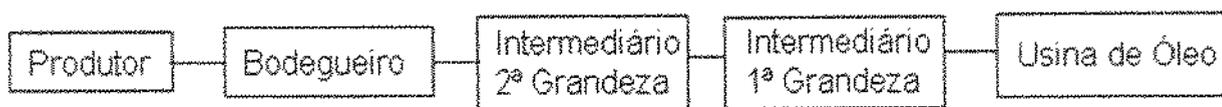


Figura 3: Esquema de comércio predominante no complexo da extrato-indústria babaçueira.

Desta cadeia, ressalta-se a importância do Bodegueiro em penetrar nas áreas dos centros produtores e agregar toda a produção atomizada, podendo efetuar a comercialização da castanha tanto em dinheiro como em mercadorias. Os Intermediários têm a função de passar nas Bodegas e nos grandes produtores, reunindo as castanhas para as indústrias.

#### 4.4.1 Indústria processadora

Historicamente, o desenvolvimento da indústria do óleo de Babaçu pode ser dividido em três períodos bastante distintos, como se segue (Amaral Filho, 1990):

1. período inicial, com o predomínio do auto consumo, indo até meados de 1911 a 1915, marcada pela primeira exportação de óleo para a Alemanha e a primeira Grande Guerra;
2. o segundo período é caracterizado pela agregação de valor de troca à amêndoa, com uso da estrutura das "Casas de Exportação" e escambo das castanhas por bens industriais. Nesta fase, a área de exploração seguia o desmatamento, perdurando até o fim do ciclo do algodão (nesta época, houve tentativas de entrada do capital estrangeiro); e
3. fase industrial, nos primórdios da década de 50, se caracterizando pela hegemonia do capital industrial e formação do complexo babaçueiro, com a instalação de filiais dos grandes grupos industriais de óleo do Centro-Sul, em resposta à industrialização integral do fruto (tentativa de), mudança na forma de uso da terra e diminuição dos gastos com transporte.

A produção do óleo do Babaçu pode ser por duas vias, não excludentes, e muitas vezes associadas; a prensagem e a extração por solvente.

No Maranhão, as indústrias extratoras apresentam, em termos de processo empregado, a distribuição apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição percentual do processo de extração (Fonte: Amaral Filho, 1990).

Processo	Participação [%]
Só prensagem	70,5
Prensagem + Extração com solvente	26,4
Somente extração com solvente <sup>1</sup>	3,1
	100

#### 4.4.1.1 Prensagem

De forma geral, o processo de extração por prensagem segue um esquema geral como pode ser visto na figura 4, onde foram destacadas as principais etapas.

<sup>1</sup> Corresponde a uma única unidade.

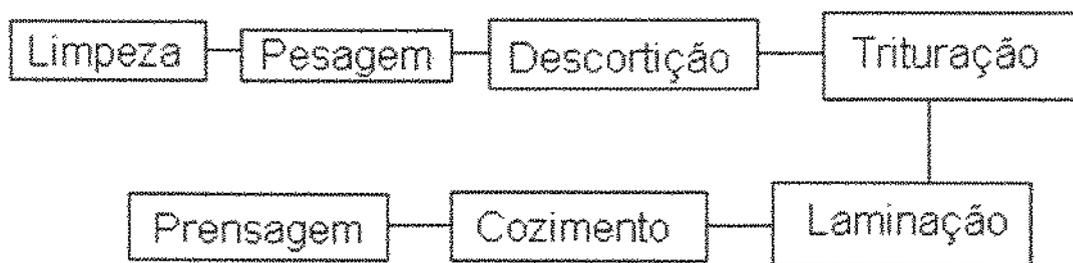


Figura 4: Processo de extração por prensagem .

Cada etapa tem características bem específicas com relação a objetivos, demandas térmicas e energéticas. Em Hartman & Esteves (1982) podemos encontrar uma breve descrição das principais etapas envolvidas:

1. Limpeza - esta etapa tem como objetivo retirar todas as impurezas que vêm junto com a matéria prima: terra, areia, fragmentos de metal, etc. Os equipamentos utilizados nesta etapa são: peneiras rotativas e vibratórias (com e sem ventilação), mesas gravitacionais e imãs;
2. Pesagem - fazendo parte do processo para permitir o melhor controle e determinação dos rendimentos associados;
3. Decortição - tem como objetivo separar as cascas das sementes, passando-as por cilindros que giram em velocidades diferentes e em sentidos contrários. A pele é separada em peneiras vibratórias e por insuflação de ar;
4. Trituração e laminação - nesta etapa, o tecido das paredes das células é rompido para facilitar a saída do óleo mas, em contrapartida, este processo ativa as enzimas celulares que aceleram a deterioração. Anteriormente eram usados moinhos de martelos, tendo sido substituídos por laminadores, em que a semente passa por uma série de rolos horizontais ou oblíquos, laminada de maneira sucessiva e em pressões crescentes;
5. Cozimento - ainda é necessária uma ruptura adicional das células, obtida pela aplicação de calor úmido. Esta etapa é conduzida nas chaleiras, constituídas por três a seis bandejas sobrepostas, aquecidas direta e indiretamente por vapor de baixa pressão; e
6. Prensagem - é na prensagem propriamente dita que é extraído o óleo. Atualmente é efetuada em prensas contínuas, os "expellers". Estas prensas consistem de um cesto formado por barras de aço retangulares, com espaçamento regulado para cada tipo de

semente a ser processada. No interior deste cesto (ou túnel) existe uma rosca, que movimentava o material para frente, à semelhança de um moedor de carne, comprimindo-o. As prensas variam de capacidade e potência, indo de 4,5 t/24h a 20 HP a até 180 t/24h a 240 HP.

#### 4.4.1.2 Extração por solvente

A extração por solvente, muitas vezes, é encontrada associada à extração mecânica, como uma forma de recuperar até 5% de óleos restantes, bem como pode ser utilizada isoladamente. O esquema geral do processo pode ser visto na figura 5.

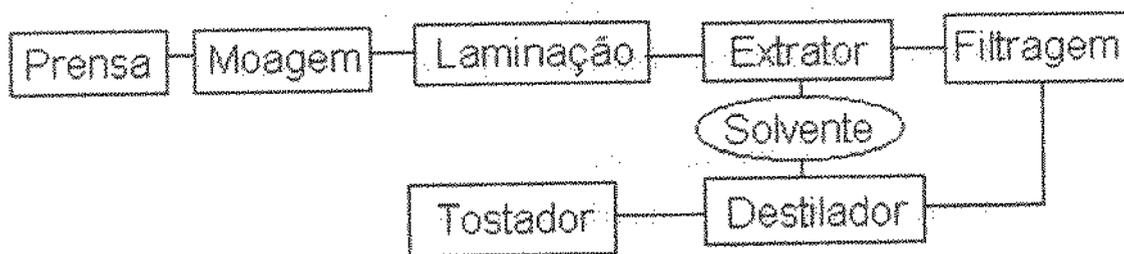


Figura 5: Processo de extração por solvente.

Em Hartman & Esteves (1982) podemos encontrar uma descrição detalhada do processo:

1. Saída da prensa - fim do processo de extração mecânica do óleo;
2. Moagem da torta - para maior exposição das células;
3. Laminação - para que a torta possa adquirir uma geometria desejável para o processo;
4. Extrator - onde ocorre a mistura com o solvente, normalmente Hexana, uma fração do petróleo com ponto de ebulição a 70° C. O processo pode ser descontínuo (raro de ser encontrado), semi-contínuo (mais encontrado no Brasil nas instalações de pequeno e médio porte) e contínuo (usado nas grandes indústrias). O processo termina com a obtenção da miscela, uma mistura de farelo, óleo e torta;
5. Filtragem de miscela - para retirada de finos;
6. Destilação da miscela - separação do óleo e do solvente em uma destilação à vácuo com uso de vapor super aquecido; e

7. Tostador do farelo - para retirar os resíduos do solvente e permitir a utilização do farelo para fins alimentares.

No final do processo, o teor de óleo na massa é reduzido para valores de 0,5 a 0,6%.

#### 4.5 Cogeração

O termo cogeração é definido como o uso seqüencial de uma fonte de energia primária para aproveitamento energético útil em duas formas distintas: térmica e de potência. Este aproveitamento pode ocorrer independente de: tamanho (de poucos kW a centenas de MW), forma de aproveitamento da energia (eletricidade ou potência na ponta de eixo, calor ou refrigeração), se ela é vendida ou usada na própria planta ou, se é de propriedade de um usuário final, um produtor independente ou uma Concessionária pública de energia pública (Orlando, 1991).

O termo cogeração é empregado para designar a geração simultânea de calor e potência, mecânica ou elétrica, em instalações industriais ou comerciais a partir de um único combustível, de modo que a eficiência global atinge valores entre 50 e 90% dependendo da tecnologia empregada.

De forma geral, as instalações de cogeração se dividem em 2 grupos, como colocado por Silveira (1994):

1. Bottoming - em que, após o processo de queima do combustível, tem-se o aproveitamento do calor rejeitado nos gases de saída da combustão para o processo industrial, seguido-se pela geração de potência; e
2. Topping - em que ocorre primeiro a geração de potência e posterior recuperação do calor para aproveitamento no processo industrial (forma mais generalizada).

Normalmente, a geração de potência na cogeração está ligada a 4 tipos de ciclos de potência: turbina a vapor, turbina a gás, combinado (gás e vapor) e motores a explosão. Mas recentemente, duas novas tecnologias que tem se mostrado promissoras são a gaseificação com uso de uma turbina aero-derivada e emprego de células de combustível.

A escolha do ciclo mais adequado é função das características da aplicação em que um dos fatores de escolha é o coeficiente  $E/S$ , tomado como a relação entre energia mecânica ou elétrica produzida ( $E$ ) dividida pela energia térmica produzida ( $S$ , em equivalente mecânico). Assim, cada situação envolve a escolha do ciclo ideal, levando-se em conta também: demanda de potência, fluxo de calor necessário, características do combustível, temperatura do fluxo de calor, sazonalidade e flutuações de carga e demanda, entre outros fatores.

Na Tabela 2 , estão reunidas as principais características dos ciclos.

Tabela 2: Sistemas de cogeração, por tipo de ciclo adotado (CESP, 1985).

Ciclo	Capacidade [MW]	Combustível.	Fração conv. em potência	E/S	Aplicação
turbina vapor	0,5 a 100	Gás Natural, carvão, biomassa	0,14 a 0,28	0,10 a 0,26	onde não se deseja altas taxas de E/S
turbina gás	0,1 a 100	Gás Natural, gases e líquidos derivados carvão ou biomassa	0,24 a 0,35	0,48 a 0,77	aplicável em nível industrial onde o combustível for disponível
combinado (gás/vapor)	4 a 100	diesel e os mesmos da turbina a gás,	0,34 a 0,40	0,60 a 1,09	mais atrativo quando se requer grandes potências e pouco vapor
motor de combustão	0,075 a 30	Gás Natural, Diesel, gases e líquidos derivados de carvão e biomassa	0,33 a 0,40	1,19 a 2,39	aplicável à indústrias e hospitais onde o combustível for disponível.

#### 4.5.1 Cogeração com uso de biomassa

A escolha de um sistema ou de outro é uma discussão caso a caso, uma vez que devem ser considerados as condições locais da unidade, sua situação atual, capacidade de investimento, disponibilidade de recursos técnicos, mercado local, características do sistema produtivo, etc.

Em se tratando da cogeração com uso de biomassa, dentre as várias opções de configurações possíveis, acaba-se por ater conceitualmente a dois tipos básicos de ciclos:

1. Ciclo topping, com emprego de caldeira operando com vapor de alta pressão (exemplo: 5,88 MPa a 450° C - fonte: IAA, 1987) e turbinas a vapor em cascata para posterior utilização do vapor de baixa pressão no processo (figura 6); e
2. Ciclo topping com emprego de ciclo combinado, com gaseificação do bagaço e/ou ponteiros e palha da cana, queima em turbina a gás derivada, com posterior recuperação do calor dos gases para uso em ciclo a vapor, denominado BIG-GT (Gaseificação de Biomassa Integrada /Turbina a Gás), como pode ser observado na figura 7.

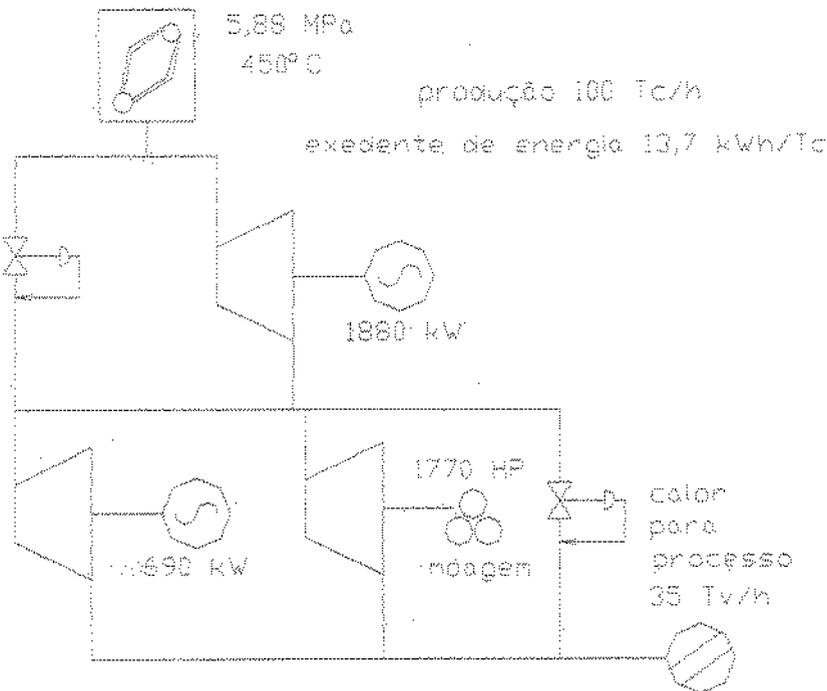


Figura 6: Ciclo topping a vapor, em cascata (IAA, 1987).

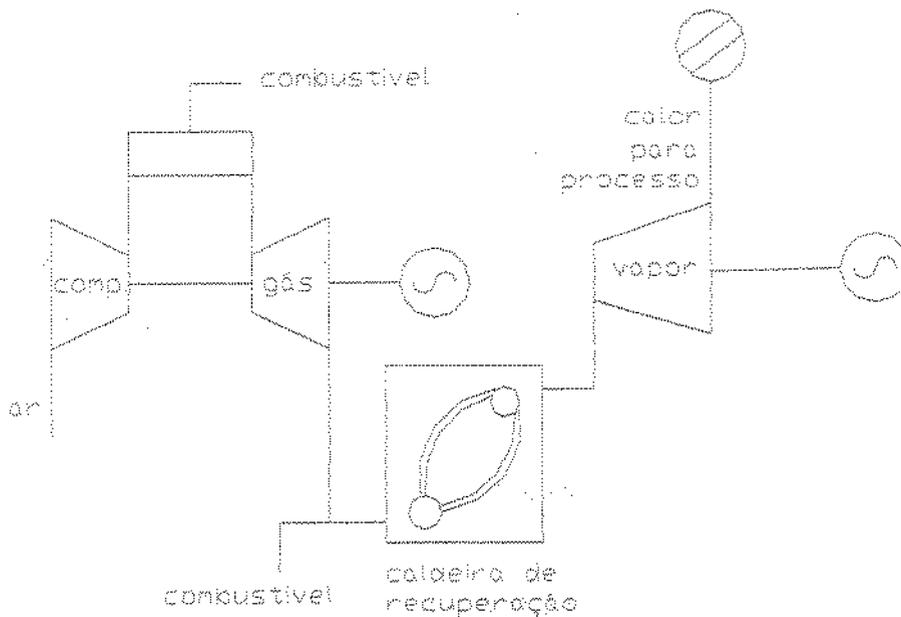


Figura 7: Ciclo tooping combinado convencional, gás/vapor.

A adoção de um sistema em detrimento do outro passa por algumas das seguintes reflexões:

1. Como colocado anteriormente, a opção pelo ciclo a vapor apresenta um índice E/S médio de 0,18, contra 0,84 do combinado. Nota-se que o combinado é capaz de fornecer muito

- mais potência com relação ao calor fornecido pelo combustível;
2. A opção pelo ciclo a vapor envolve tecnologia mais conhecida (caldeiras e turbo geradores) e, portanto, muito mais fácil de ser operacionalizada, já sendo corrente em muitas unidades de setores intensivos no uso de biomassa;
  3. A opção pelo BIG-GT envolve uma tecnologia que ainda não é dominada (Fernandes & Coelho, 1996); e
  4. No caso do ciclo a vapor, existe uma maior flexibilidade com relação ao suprimento energético da caldeira, que pode aproveitar outros combustíveis para suprimento fora do período da safra. Na opção pela gaseificação a qualidade do combustível é um ponto crítico, sendo que a exemplo do caso da cana existem problemas com: erosão das pás das turbinas por particulados, corrosão e deposição por metais alcalinos e bloqueio do filtro pelo alcatrão (Cortez & Lora, 1997).

No caso do setor brasileiro de cana de açúcar, temos uma indústria intensiva no uso energético da biomassa, com 95% das suas unidades no país auto-suficientes em energia com cogeração em ciclos topping e turbinas a vapor (Calle et. al., 2000)

#### **4.6 Produção Independente de Energia**

No mundo, a cogeração ligada a setores intensivos no uso de biomassa é uma realidade, destacando-se o setor sucro-alcooleiro onde temos o seguinte histórico em nível mundial (Campo, 1995):

1. Havaí, com 17 unidades respondendo por 20% da matriz energética da ilha, produzindo 906 GWh em 1986;
2. Ilhas Maurício, com aproximadamente 15 unidades, produzindo 85 GWh em 1992, ou seja, 10,5% da energia elétrica gerada no país;
3. Índia, com um parque de 490 usinas, geralmente de pequeno porte e com sérias limitações em termos de geração de energia elétrica por problemas econômicos, possuindo um potencial calculado de 2,0 GW no ano de 1989; e
4. Cuba, cuja indústria açucareira, entregou à rede, em 1991, 1 262 GWh, representando

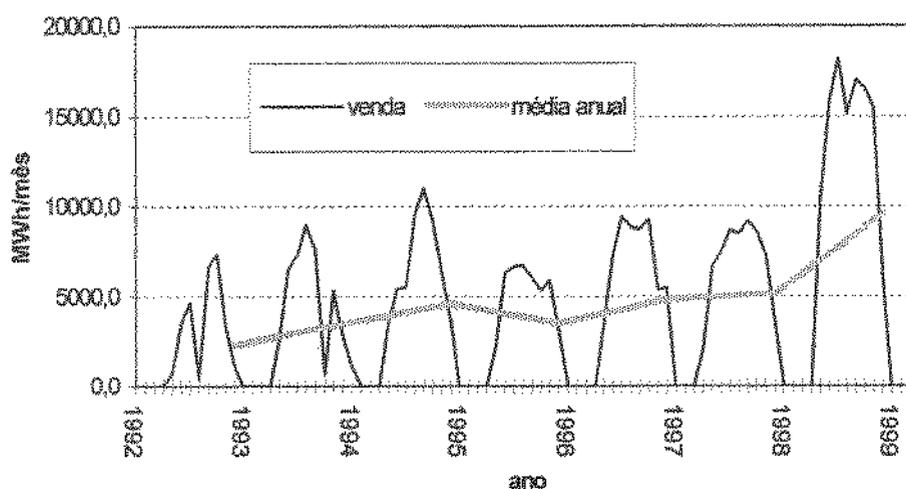
9,6% da eletricidade gerada.

É importante lembrar que a utilização da biomassa como fonte energética, implica em uma mudança de enfoque frente à forma com que o Brasil gera sua eletricidade, com sistemas hidráulicos de grande porte, centralizado e estatal. Esta mudança passa pelo entendimento da natureza das fontes renováveis de energia (caso da biomassa), como sendo formas dispersas de energia, representada, em último caso, como sendo formas naturais de captar a energia solar, distribuída uniformemente sobre o território. Assim, sua utilização está intrinsecamente ligada à descentralização, à iniciativa individual ou de comunidades locais, à ocupação de território, ao desenvolvimento regional, à criação de empregos, à abertura da economia pela multiplicação das iniciativas e das oportunidades e à integração do Homem a seu meio ambiente natural (Brito, 1990).

No caso brasileiro, as primeiras experiências de cogeração de energia elétrica vieram do setor sucro-alcooleiro, com a venda de excedentes de energia para a concessionária local remontando às usinas São Martino e São Francisco, na área de concessão da CPFL (IAA, 1987).

Na área de concessão da CPFL, a cogeração e venda de excedente do setor sucro-alcooleiro durante a safra já é uma realidade, como mostra o gráfico da figura 8, envolvendo algo em torno de 8 unidades<sup>2</sup> que vendem energia na época de seca de forma a complementar o suprimento energético e otimizar o uso dos reservatórios.

Venda de Energia do setor Sucro-alcooleiro - CPFL



<sup>2</sup> Sta. Elisa, Vale do Rosário, Sta. Lídia, Açucareira São Martino, Usina Corona, Sta. Cruz, Nardini e Açucareira São Francisco.

#### 4.6.1 Interesse e Condição de Compra da Energia

O interesse na compra de energia elétrica vem da crise financeira e institucional do setor elétrico que levaram a uma paralisação na expansão do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia. Esta crise culminou com o início do processo de abertura do setor para a participação do capital privado.

Historicamente, o mercado de compra de energia se inicia pela publicação do decreto lei 1872 de 21/05/81, que facultava à distribuidora a compra de excedentes de energia elétrica cogenerada, porém, ainda se configurava o monopólio dos serviços, impedindo o desenvolvimento do negócio cogeração com biomassa no Brasil, havendo uma lacuna por uma política de incentivo (Teixeira & Milanez, 2000a).

De forma a permitir esta abertura, a legislação começou a ser modificada já na década de 90, de forma que o Estado procura passar para a iniciativa privada e seus parceiros internacionais o fomento do crescimento do setor, porém não o excluindo desta responsabilidade. Assim o governo federal vem desenvolvendo regras específicas para atrair novos investidores, incluindo o fracassado plano de cogeração para o Estado de São Paulo, instituído em 1992. Resumidamente houve um avanço por parte dos órgãos reguladores no setor elétrico, flexibilização quanto à comercialização, processo de qualificação de cogeneradores, estabelecimento de mecanismos para compra de excedentes de energia elétrica, contratação da Reserva de Capacidade. Porém espera-se que os setores produtores, empresários de setor industrial e indústrias cogeneratoras ajam como empreendedores, procurando se inserir no mercado e não esperar do governo a viabilização deste produto garantindo o mercado (Ramalho, 1999).

Com relação a linhas de crédito, o setor tem a seu favor o forte apelo ecológico, o que garante acesso a financiamentos em linhas específicas de crédito, como por exemplo: Conservação do Meio Ambiente, programa de Apoio à Qualidade e Produtividade (ambos do BNDES) e FINEP Verde, que visa financiar trabalhos de consultoria, treinamento, aquisição de equipamento entre outros (Maimon, 1996).

#### 4.7 Critérios de decisão em sistemas energéticos

A energia é uma parte indissociável do processo produtivo, quer pelo seu uso direto quer pela agregação indireta nos produtos e serviços. Cabe para a indústria a escolha de melhor forma de obter seu suprimento energético, levando em conta fatores tais como: custo, confiabilidade, características do seu processo produtivo, capital disponível, etc.

Do ponto de vista energético, uma empresa tem três modos possíveis de agir de forma a poder responder às demandas (Populallion & Carvalho, 1996):

1. manter a tradição de estimular o governo em investir em novas obras para geração de energia
2. investir no setor energético em associação com empresas concessionária, entrar na privatização ou novas parcerias; e
3. investir na autogeração e na cogeração.

Como parte deste processo, é necessário que se estabeleça um diagnóstico energético da atividade produtiva, destacando os seguintes pontos (Populallion & Carvalho, 1996):

1. uso final da energia, a exemplo de:
  - iluminação, controle e utilidades elétricas de baixa tensão;
  - motores elétricos de baixa e média tensão
  - força mecânica: rotativa e linear;
  - fluidos térmicos específicos;
  - energia calorífica; e
  - água, vapor e/ou ar gelado/quente (pressão e temperatura).
2. Levantar a curva de freqüência de demanda da cada energético, ao longo dos dias, do ano, etc.;
3. calcular as eficiências básicas - nominal e operacional - dos processos de conversão de energia empregados;

4. elaborar a matriz energética ideal da indústria e identificar modificações, substituições e uso racional, indo da situação atual em direção a uma mais próxima do quadro teórico;
5. estudar opções para atender crescimento de consumo, com ou sem excedentes energéticos;
6. promover soluções flexíveis e reversíveis, evitando substituições radicais, mesmo com rentabilidade atrativa. Sempre considerar a adaptação em vez de novas instalações;
7. monitorar as instalações de produção e de utilização de energia, para controlar os consumos específicos;
8. analisar a conveniência de se montar uma estrutura estratégica de armazenagem de combustível;
9. acompanhar a participação dos preços dos insumos energéticos na composição dos custos dos produtos, para orientar as decisões de investimento, bem como as condições do mercado de compra e venda de energia elétrica;
10. considerar a abertura do mercado externo ao produto, fomentada pelas importações de energias primárias; e
11. ter acesso a informações confiáveis.

Uma vez que o perfil energético da produção é conhecido, é possível se avaliar o potencial de cogeração. Este potencial pode ser de diferentes magnitudes, uma vez que sua determinação não é uma função constante no tempo, variando em função das condições locais, disponibilidade de combustível, tecnologias conhecidas e/ou dominadas, situação do mercado, capacidade de investimento e planejamento de longo e curto prazo da empresa, etc (Dimant, 1970).

No cálculo do potencial de cogeração, é necessário fazer algumas distinções, entre (Hu, 1985):

1. potencial termodinâmico - que existe em termos termodinâmicos, desconsiderando a tecnologia de aproveitamento disponível, com uso de 100% da energia disponível;
2. potencial tecnicamente viável - que já leva em conta o uso da tecnologia atualmente disponível para o local, representando o teto máximo de aproveitamento;
3. potencial econômico - definido como o potencial que é economicamente viável com o retorno de investimento desejado, variando no tempo, local e em função da política da companhia; e
4. potencial de mercado - determinado pelas leis de oferta e procura, sendo o menor

potencial, usualmente muito complexo para ser passível de modelagem, envolvendo decisões de diferentes atores atuantes no mercado.

O processo de avaliação do potencial de cogeração para uma dada situação, normalmente segue por (Hu, 1985):

1. determinar as taxas de produção, presentes e futuras, associadas ao processo desenvolvido;
2. determinar as necessidades de energia mecânica e calor, bem como as condições tecnicamente adequadas para cogeração (perfil energético);
3. escolha do ciclo mais adequado, considerando: a necessidade térmica, qualidade, quantidade, confiabilidade, disponibilidade (horas de uso), qual o combustível disponível, operação, manutenção e tradição nos usos e operações adotados;
4. descartar os sistemas que não sejam viáveis ambientalmente pela legislação presente ou futura, considerando possíveis avanços técnicos que diminuam as emissões, por exemplo;
5. calcular o potencial de cogeração alcançável tecnicamente, usando as relações entre energia elétrica e energia térmica dos processos não descartados e as características do processo produtivo.
6. Calcular o potencial econômico, fazendo as devidas considerações com relação à taxa de retorno de capital mínima exigida pelo investidor;
7. calcular o potencial de mercado, em que pesam as decisões das companhias em alocar recursos disponíveis no investimento.

#### 4.7.1 Problemas na cogeração com biomassa

Nos programas de cogeração com uso de biomassa no Brasil, caso o setor sucro-alcooleiro, os principais entraves apontados foram o irrealismo tarifário, com preço médio de fornecimento abaixo do custo marginal de expansão; preço bruto versus preço líquido e a possibilidade da criação de impostos futuros e a falta de garantias para o efetivo cumprimento dos contratos (Campos, 1990).

O setor agroindustrial, com raras exceções, é carente de desenvolvimento, que o possibilite passar pelo paradigma de quebra das cadeias produtivas até então existentes, na medida em que

surgem novas e mais baratas opções para produtos antigos, adequando a base de recursos naturais às necessidades da produção industrial mais desenvolvida (Szmrecsányi, 1993).

Algumas das novas tecnologias de aproveitamento energético da biomassa ainda não estão adequadamente desenvolvidas, a exemplo dos sistemas BIG-GT, que enfrenta problemas na gaseificação bem como na limpeza dos gases e erosão das palhetas, devendo ser alvo de muita pesquisa e aprimoramento para poder chegar ao aproveitamento econômico em escala comercial (Cortez & Lora, 1997), cuja complexidade pode ser apreendida pela figura 9.

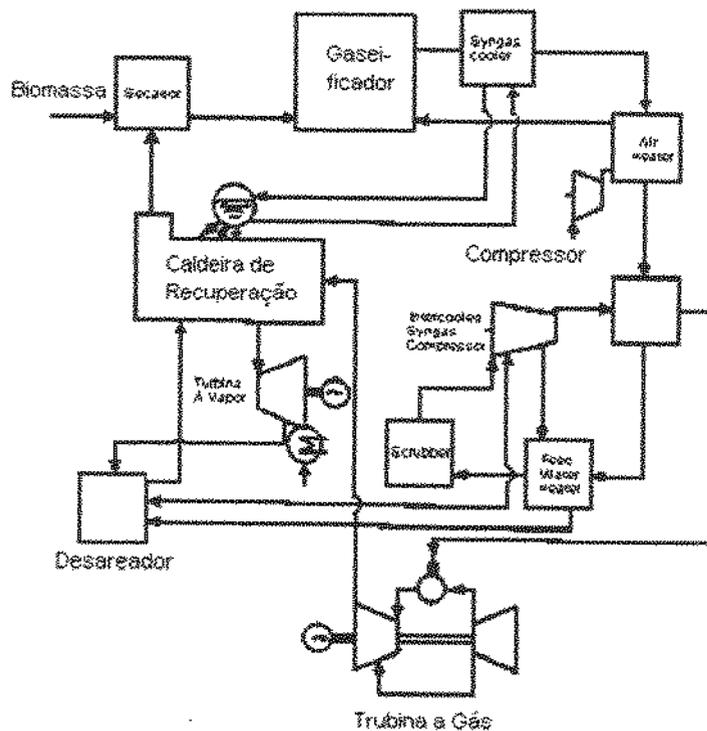


Figura 9: Esquema de funcionamento do ciclo de um sistema BIG-GT, à pressão atmosférica, simplificado<sup>3</sup>.

Mesmo com uso de tecnologias convencionais, algumas limitações estão presentes, quer sejam pelo baixo ponto de fusão das cinzas que dificultam a otimização das caldeiras como a presença de compostos alcalinos que aderem à tubulação dos trocadores de calor, levando ao entupimento e favorecendo o processo de corrosão do metal da superfície. Estes problemas podem ser contornados com a adoção de tecnologia adequada, como no caso da pré-hidrólise da biomassa (Pinatti et. al., 1999).

#### 4.7.2 Parâmetros de operação do ciclo de potência

No processo de estudo para aplicação dos conceitos de cogeração, algumas das variáveis que mais influenciam no resultado final são as escolhas relativas ao ciclo de potência que pode ser utilizado. A definição dos parâmetros de geração do vapor na(s) caldeiras, assim como tipo e configuração das turbinas são onde reside a maior variação em termos de resultados possíveis.

Em termos de escolha de pressão e temperatura de geração do vapor, junto com demandas de calor do processo e escolha do tipo de turbinas a serem utilizadas, pode-se variar de situações de auto-suficiência energética à produção de excedentes, como bem observado por Campos (1990), em seu estudo do potencial de geração de excedentes junto às unidades das usinas de cana-de-açúcar do Grupo Copersucar.

Em seu trabalho, foram consideradas 3 possibilidades:

1. Substituição das caldeiras antigas operando a baixa pressão por equipamentos novos operando em pressão de 2,06 MPa;
2. Substituição das caldeiras antigas operando a baixa pressão equipamentos novos operando em pressão de 6,08 MPa;
3. Substituição das caldeiras equipamentos novos operando em pressão de 6,08 MPa, até o limite de 250 quilos de vapor por tonelada de cana processada (neste caso não só uma mudança no ciclo, mas também mudanças nas características do processo).

Estas modificações podem levar a unidade de uma situação de necessidade de compra de energia da rede em níveis de 20% da sua demanda elétrica a até incrementos na geração de excedentes de energia elétrica da ordem de 125%, passando para a situação de auto-suficiência energética com excedentes de bagaço de até 30% (Campos, 1990).

Em extenso trabalho de análise do potencial da indústria açucareira, levado a cabo pela FIESP/CIESP (2001), são analisadas 7 situações diferentes para a avaliação do possível incremento

---

<sup>3</sup> Fonte: Walter, A. C. S. et. Al.. Preliminary Evaluation of Cofiring Biomass (sugar-cane residues) + Natural Gas in Brazil. (no Prelo).

de geração de vapor/energia, as quais citamos: inclusão de novos equipamentos ou modernização dos existentes, geração de energia elétrica durante todo o ano mediante o uso da palha, estocagem de bagaço e investimentos no processo produtivo para redução da demanda de vapor.

Alguns dos parâmetros considerados foram:

1. Caldeiras operando a 2,13 MPa (sistema atual); 4,25; 6,18 e 8,21 MPa;
2. Turbinas de contrapressão e estágio simples com válvula de contra-pressão, turbogerador de contrapressão de múltiplo estágio, turbogerador de extração controlada e condensação;
3. Uso somente do bagaço e uso das pontas de cana como combustível complementar; e
4. Modificações no processo para redução da demanda de 530 kg vap/ton. de cana para 450 kg vap/ton. de cana.

Em trabalho de semelhante natureza, Walter (1994), analisou as particularidades da aplicação destas tecnologias à plantas produtoras de cana de açúcar. As diferentes configurações para o ciclo de vapor, tomadas como base para este estudo podem ser vistas na Tabela 3.

Tabela 3: Síntese dos parâmetros na Simulação de sistemas de cogeração (Walter, 1994).

Parâmetro	Config. 1	Config. 2	Config. 3	Config. 4	Config. 5	Config. 6
<b>Princípio do Sistema</b>						
TV de Contra Pressão	sim	sim	sim	sim		
TV - extração condensação					sim	
TV - 2 extrações- condensação						sim
Acionamento das moendas	mecânico	mecânico	mecânico	elétrico	elétrico	mecânico
<b>Geração de Vapor</b>						
Pressão [MPa]	2,2	2,2/6,2	6,2	6,2	8,1	8,1
Temperatura [° C]	300	300/450	450	450	470	470
Eficiência nominal do gerador	0,80	0,80/0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
		5				
<b>Demandas médias</b>						
Potência elétrica [kWh/tc]	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
Potência mecânica [kWh/tc]	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Vapor de proc. [kg vap/ton. cana]	500	500	500	500	370	370
<b>Eficiência nominal isentrópica</b>						
das TV s de geração elétrica	0,66	0,66/0,7	0,75	0,75	0,74	0,70
		5				
de acionamento mecânico	0,43	0,43	0,43	---	---	0,43
Pressão de processo [MPa]	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247

Coelho et. al. (2001), em trabalho que analisou o potencial de cogeração para uma unidade processadora de óleo de Dendê (óleo de Palma e Palmiste) para a região Amazônica, foram consideradas as seguintes condições gerias de operação da unidade:

1. Capacidade instalada 36 ton cachos/hora;
2. Produção 9,1 t óleo de palma não refinado por hora;
3. Área agrícola correspondente: 5.600 ha;
4. Caldeira originalmente operando a 1,11 MPa;
5. Horas trabalhadas 550 horas mês

Os diferentes cenários de avaliação do potencial de cogeração têm os seus parâmetros principais resumidas na Tabela 4. Para o estudo somente foram considerados o uso de turbinas de extração condensação.

Tabela 4 Condições de análise de planta extratora de óleo de Dendê (Coelho et. al., 2001).

Cenário	Condição de produção do vapor na Caldeira		Pressão Trabalho das Turbinas Extração / Condensação [MPa]		
	Pressão [MPa]	Temp. [° C]	Entrada	Extração	Condensação
1	2,03	350	2,06	0,304	0,101
2	2,03	350	2,06	0,304	0,00101
3	4,56	420	4,56	0,304	0,101
4	4,56	420	4,56	0,304	0,00101

Como resultados, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Condições de análise de planta extratora de óleo de Dendê (Coelho et. al., 2001).

Cenário	Vazão de Vapor [ton vap/hora]		Potencia Total [MW]	Consumo específico [MWh/ton. vap]	Biomassa Consumida [ton/hora]
	Produzido	de Processo			
1	10,82	6,79	0,97	0,089	3,37
2	10,58	6,79	1,11	0,105	3,37
3	10,54	6,79	1,41	0,133	3,37
4	10,33	6,79	1,54	0,149	3,37

Ainda dentro do âmbito do aproveitamento de potenciais ligados a pequenas unidades de beneficiamento de produtos agrícolas, cita-se o trabalho de Hoffmann & Pretz (2001), que analisou a questão de emprego de tecnologias para viabilização de pequenos potenciais de geração (inferiores a 1 MWe).

Das condições empregadas para o cálculo da geração destaca-se:

1. Queimador pirolítico e caldeira com superaquecedor
2. Geração do vapor em 2,23 MPa a 350 ° C;
3. Turbina a vapor de condensação e simples estágio;
4. Gerador síncrono de 4 pólos, 60 Hz a 1800 rpm; e
5. Rendimento global de transformação estimado em 15%.

## Capítulo 5

### Metodologia

A metodologia a ser adotada neste trabalho em todas as suas etapas deve contemplar a reflexão sobre os seguintes aspectos relacionados com cadeia de produção do óleo de Babaçu no Brasil:

1. Inserção de novas tecnologias com reflexos negativos à estrutura social de produção, levando à desestruturação da cadeia produtiva com conseqüente ruptura do tecido social;
2. Inversões dos ciclos de reprodução do capital empregado, levando a maiores acumulações de renda e destruição de uma importante cadeia comercial-industrial representada pela coleta, quebra e comercialização das castanhas; e
3. Entendimento das dinâmicas de implementação de Sistemas Integrados de Energia e Alimentos, procurando formas de atuação em diferentes níveis.

#### 5.1 Disponibilidade de biomassa

Para o cálculo da disponibilidade de biomassa no setor foram utilizados os dados de safras agrícolas presentes nos anuários do IBGE e diversas outras fontes, tais como mapas de aptidão agrícola (MIC/STI, 1982).

No levantamento, procurou-se determinar a disponibilidade de frutos desta palmácea estudada, bem como suas características de distribuição geográfica.

Para a obtenção dos potenciais, foram analisados três cenários possíveis de disponibilidade:

1. Cenário A - disponibilidade de biomassa correspondente à quantidade de castanhas produzidas (reflete o potencial de frutos economicamente disponíveis);
2. Cenário B - Disponibilidade de biomassa correspondente à produção atual e sistema de coleta, maximizando toda biomassa possível (melhoria do sistema de coleta e transporte de matéria prima); e
3. Cenário C - Simulação de uso de todo o potencial de produção de Babaçu em território nacional (cenário mais otimista, sem considerações de ordem econômica, somente potencial total para exploração agro-extrativista - ou seja, sem considerar plantações estruturadas, somente reservas naturais existentes).

## 5.2 Caracterização da Biomassa de Babaçu

Foram utilizados frutos de Babaçu segregados em seus principais componentes, sendo que as análises foram conduzidas de forma a se obter as características mais representativas em relação ao uso, em acordo com as características próprias de cada um deles.

De forma a determinar os diferentes parâmetros, as metodologias abaixo descritas, assim como outras práticas de laboratório cabíveis, foram utilizadas na medida de sua aplicabilidade:

1. Poder Calorífico Superior - Para a determinação do poder calorífico superior e inferior foi utilizada uma bomba calorimétrica isotérmica, adotando o procedimento descrito na norma ASTM D 270-33 (Messersmith et. al., 1956);
2. Densidade aparente e real - Parâmetro facilmente mensurável. Utilizou-se de recipientes com volume conhecido, que foram completados com o material amostrado e pesados. Com a razão entre volume pela massa pode ser calculada a densidade que, quando não se desconta o volume ocupado pelo ar, diz-se densidade aparente, e quando este desconto é feito, densidade real;
3. Análise Imediata - Para esta determinação foi utilizada metodologia dominada pelo setor de biomassa, seguindo o procedimento da norma ASTM (D-3172 a D-3175). A análise imediata procura representar o comportamento do material combustível durante a queima, bastante relacionado com os parâmetros cinéticos da combustão e necessários para o correto dimensionamento de caldeiras e trocadores de calor;

4. Curvas de umidade de equilíbrio - Para o levantamento das curvas de equilíbrio foi utilizada a metodologia dos sais, utilizando-se:  $K_2CrO_4$ , Na Cl,  $NaNO_2$ , NaBr,  $K_2CO_3$ ,  $CaCl_2$ ,  $C_2H_3O_2K$  e LiCl, seguindo procedimento descrito em Bala (1997);
5. Análise Elementar - Na determinação da composição elementar (percentuais de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio) foi utilizado um analisador Perkin Elmer - Séries II 2400, pela Central Analítica da UNICAMP<sup>4</sup>;
6. Poder Calorífico Inferior - Utilizando a equação 1 foi calculado o poder calorífico inferior - PCI, com base no teor de umidade e percentual de hidrogênio do material;
7. Poder Calorífico Calculado - Com base nos percentuais de Carbono, Hidrogênio, Enxofre, Oxigênio, Nitrogênio e cinzas, é possível estimar o poder calorífico do material, segundo a equação proposta por Channixwala (Siddhartha & Reed, 1998), descrita abaixo na Equação 2, e também pela fórmula de Mendeliev, descrita na equação 3 (Cortez & Lora, 1997);
8. Análise Termogravimétrica - Na obtenção das curvas de termogravimetria, foi utilizado uma termobalança Universal V2.3C TA Instruments, foi utilizado uma taxa de aquecimento de  $10^{\circ} C/min$ . No caso das amostras ensaiadas em atmosfera inerte, foi aplicada uma atmosfera de Argônio. Os testes foram conduzidos na Central Analítica do Instituto de Química da UNICAMP; e
9. Presença de metais - os metais presentes nas amostras foram determinados com uso de um espectrômetro de fluorescência de R-X Shimadzu EDX-700. Os testes foram conduzidos na Central Analítica do Instituto de Química da UNICAMP.

Fórmula para cálculo do Poder Calorífico Superior p/ Inferior (Cortez& Lora, 1997).

$$PCI [kJ/g] = (PCS \text{ kJ/kg} - 2.310 \text{ kJ/kg} * ((W/(100-W))+0.09 H\%)) * (100-W)/100 \quad (1)$$

Onde:

W = Umidade [%]

H% = Percentual de hidrogênio no material [%]

Determinação do Poder Calorífico Superior pela composição química proposta por Channixwala (Siddhartha & Reed, 1998).

$$PCS [kJ/g] = 0,3491 C\% + 1,1783 H\% + 0,1005 S\% - 0,1034 O\% - 0,015 N\% - 0,0211 \text{ Cinzas}\% \quad (2)$$

Onde:

C% = Percentual de carbono no material [%]

H% = Percentual de hidrogênio no material [%]

S% = Percentual de enxofre no material [%]

O% = Percentual de oxigênio no material [%]

N% = Percentual de nitrogênio no material [%]

Cinzas % = Percentuais de cinzas no material [%]

Fórmula de Mendeliev p/ cálculo de Poder Calorífico Inferior com a composição elementar (Cortez& Lora, 1997).

$$PCS [kJ/g] = 339 C\% + 1030 H\% + -109(O\% -S\%)-24 W \quad (3)$$

Onde:

C% = Percentual de carbono no material [%]

H% = Percentual de hidrogênio no material [%]

S% = Percentual de enxofre no material [%]

O% = Percentual de oxigênio no material [%]

W = Umidade [%]

### 5.3 Levantamento do Perfil Energético do Setor

Para a análise do potencial de cogeração, é necessário que se tenha uma estimativa dos dispêndios de calor e potência mecânica gastos no processamento das castanhas. Assim sendo é necessário um trabalho de detalhamento do processo produtivo, com a elaboração do fluxograma das atividades industriais do setor de extração de óleo de Babaçu, localizando os gastos térmicos e potências mecânicas instaladas e em uso nas plantas, ao menos nas configurações mais predominantes.

Neste sentido, para a aplicação do conceito de cogeração é indispensável levantar quais são as demandas de calor e potência em cada etapa dos diferentes processos utilizados, para o que devemos analisar o perfil industrial em uso no setor. Nesse esforço, foram consultados fornecedores de equipamentos para a indústria, procurando-se obter o estado da arte na tecnologia de extração de

---

<sup>+</sup> Central Analítica - Instituto de Química - UNICAMP - CP: 6154 - CEP 13083 - 970 - Campinas - SP - Fone: (019) 3788 3007 - Fax: (019) 3788 3052 - E-mail: ca@iqm.unicamp.br.

óleo, e foram contatadas unidades industriais, sendo enviado um questionário de avaliação das instalações, conforme poder ser visto no Anexo 1.

Com base nestas informações, tanto de plantas nova quanto de plantas em operação, foram estimadas as necessidades de calor e potência para os processos associados à indústria de extração de óleo de Babaçu no Brasil.

#### 5.4 Estudo de Cogeração

Com base nas informações levantadas dos diferentes processos, foram estudadas as melhores opções de cogeração para o sistema produtivo, apontado na etapa anterior deste trabalho. Estas opções devem levar em consideração fatores como:

1. Tipo de tecnologias disponíveis; e
2. Custo de material e capital, determinando o valor em termos de R\$ por kW instalado.

Para o cálculo do potencial foram consideradas as seguintes variáveis:

1. Geração do Vapor em 3 diferentes condições: a 2,06 MPa e 350 ° C<sup>5</sup> - a 4,56 MPa e 420 ° C<sup>6</sup> e a 6,2 MPa e 450 ° C.
2. Eficiência de uso do vapor na planta 40 % para plantas de extração e refino e 90 % para plantas com produção verticalizada; e
3. Eficiência isentrópica da Turbina 80 %.

Com base no tipo de instalações adotadas, foram estimados os custos para instalação dos equipamentos destinados à cogeração frente à receita possível, para assim obtermos a análise de viabilidade econômica.

A análise de viabilidade foi enfocada somente nas instalações para cogeração, uma vez que se considera neste estudo a possibilidade de geração de excedentes junto a uma unidade de extração de óleo de Babaçu já instalada, a geração de receita adicional ao processo pela inclusão de um novo

---

<sup>5</sup> Caldeiras em uso pelo setor de canas-de-açúcar, já consideradas tecnicamente obsoletas.

<sup>6</sup> Considerado necessário para se atingir a auto-suficiência na planta de açúcar e álcool.

produto, a eletricidade excedente gerada e vendida à rede.

Nas condições de contorno para o estudo de viabilidade foram considerados os seguintes parâmetros:

1. Vida útil dos equipamentos 20 anos;
2. Imposto de Renda e valores para contribuição social 0% (alíquota nula);
3. Valores para pagamento do PIS/PASEP e COFINS 3,65% da receita;
4. Tarifa de venda da energia elétrica produzida à rede 156,00 R\$/MWh (Proinfa);
5. Condições para o empréstimo, juros 15% ao ano, carência 3 anos, amortização 10 anos;
6. Cotação do Dólar 3,75 R\$/US\$;
7. Percentual do valor total dos equipamentos gasto para instalação 28,66%; e
8. Para o cálculo do Valor presente Líquido, foi adotada taxa de desconto anual de 10,0%.

Lembrando que o objetivo da análise econômica é apontar qual a melhor escolha tecnológica para a geração de eletricidade, em termos da sua relação custo benefício.

Para estimar os valores de investimentos, foram feitas consultas à fabricantes de equipamentos nacionais.

## **5.5 Planejamento e Estudo da Cadeia Produtiva**

Nesta etapa dos trabalhos procurou-se traçar o perfil do atual sistema de extração de óleo de Babaçu no Brasil, assim como sua estrutura produtiva, visando buscar subsídios para a tentativa de construção de uma base para o início de um trabalho junto aos diferentes agentes envolvidos ("stakeholders" associados nas mais diferentes áreas: social, industrial, política econômica, etc), para elaboração conjunta de uma agenda de ações voltada para a revitalização do setor.

Entende-se ser esta uma etapa necessária aos trabalhos, pois qualquer modificação proposta deve obrigatoriamente contemplar quais os possíveis reflexos ao sistema produtivo como um todo, assim como não perder de vista as necessidades de adaptação desse sistema produtivo para viabilizar sua inserção em um novo mercado sem que se desloque os outros produtos já presentes na cadeia de exploração deste recurso agro-silvicultural brasileiro.

Nesta etapa procurou-se trabalhar questões referentes ao planejamento energético, procurando contemplar:

1. reflexos na matriz energética das possíveis regiões de implantação do potencial;
2. externalidades econômicas, ambientais e sociais;
3. papéis a serem desempenhados pelos agentes setoriais locais;
4. característica e condição da malha de distribuição; e
5. regulamentações locais, estaduais e federais.

## Capítulo 6

### Resultados

#### 6.1 Disponibilidade de biomassa

##### 6.1.1 Cenário A

Tomando como base os dados de produção disponibilizados pelo IBGE, vemos que a produção de castanhas de Babaçu em média tem declinado ao longo dos anos, como pode ser visto no gráfico da Figura 10, abaixo.

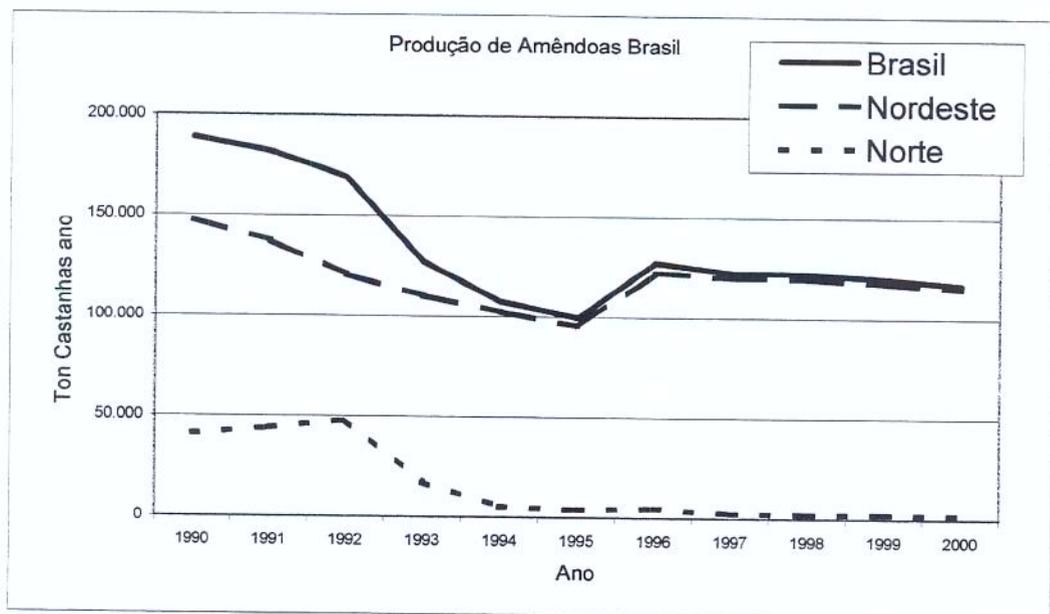


Figura 10: Quantidade de castanhas produzidas em toneladas por ano, com as duas principais regiões produtoras em destaque - Nordeste e Norte. As demais regiões não são representativas. Fonte IBGE/SIDRA (2002).

Baseados neste senso, a produção de castanhas por estado, com os seus correspondentes sub-

produtos, pode ser vista na Tabela 6 abaixo, com dados da safra de 2000. Por motivos óbvios, foram excluídos os estados que não apresentam produção.

Tabela 6: Disponibilidade de biomassa de Babaçu por estado, segundo cenário A deste estudo. Fonte IBGE/SIDRA 2002.

Estado	Toneladas por ano				Total
	Epicarpo	Mesocarpo	Endocarpo	Amêndoa	
Amazonas	2	3	8	1	14
Pará	30	62	160	19	271
Ceará	654	1.367	3.506	416	5.943
Bahia	696	1.456	3.734	443	6.329
Tocantins	3.069	6.417	16.461	1.953	27.900
Piauí	9.449	19.757	50.681	6.013	85.900
Maranhão	169.782	354.998	910.648	108.043	1.543.471
Total	183.681	384.061	985.199	116.888	1.669.829

### 6.1.2 Cenário B

Para o cálculo da disponibilidade do cenário B, foram considerados os dados do cenário A, com modificações concernentes à metodologia de coleta, incrementando o percentual de coleta de frutos dos atuais 26% para 65% (May, 1999).

O resultado pode ser visto da Tabela 7 abaixo, baseada nos dados da safra de 2000, excluindo os estados sem produção de castanhas.

Tabela 7: Disponibilidade de biomassa de Babaçu por estado, segundo cenário B deste estudo. Fonte IBGE/SIDRA (2002) & May (1999).

Estado	Toneladas por ano				Total
	Epicarpo	Mesocarpo	endocarpo	Amêndoa	
Amazonas	4	8	21	3	36
Pará	75	156	400	48	679
Ceará	1.634	3.417	8.766	1.040	14.857
Bahia	1.740	3.639	9.335	1.108	15.821
Tocantins	7.673	16.043	41.153	4.883	69.750
Piauí	23.623	49.393	126.703	15.033	214.750
Maranhão	424.455	887.496	2.276.620	270.108	3.858.679
Total	459.203	960.151	2.462.997	292.220	4.174.571

O sistema de coleta descrito em May (1999) foi proposto por Luiz Amaral e consiste na coleta dos frutos e seu transporte com uso de jacás sobre mulas até a margem da estrada mais

próxima, onde são trasladados para "Big Bags"<sup>7</sup> de 750 kg cada. Com o uso de um caminhão com munck (braço hidráulico articulado), estes são recolhidos e encaminhados para o uso final, Figura 11. No caso, o projeto desenvolvido visava a produção de carvão de Babaçu com uso do fruto inteiro.



Figura 11: Sistema de transporte proposto por Luiz Amaral, com uso de Big Bags (May, 1999).

### 6.1.3 Cenário C

Para o cálculo do volume de biomassa referente a este cenário foi necessário estimar a área total adequada ao plantio e desenvolvimento do Babaçu. Um primeiro passo foi identificar a unidade edafoclimática adequada, de forma que, utilizando dados da Embrapa (EMBRAPA, 1984b), para o Babaçu, temos:

1. Insolação mínima de 2400 horas anuais ou radiação total mensal de  $1,507 \text{ kJ/m}^2$ ;
2. Evapotranspiração no trimestre seco não superior a 280 mm. Normalmente corresponde aos meses de Setembro - Outubro - Novembro, porém, se a região estiver situada acima do paralelo  $3^\circ$  Sul, desloca-se para o trimestre Junho - Julho - Agosto. Na região Central, concentra-se nos meses de Julho - Agosto - Setembro;
3. Precipitação anual não inferior a 1.700 mm;

<sup>7</sup> "Big Bags" - Sacos de Polietileno de grande capacidade (aproximadamente  $1 \text{ m}^3$ , com quatro alças para transporte, muito utilizado na indústria para transporte de material particulado).

4. Umidade suficiente na área das raízes, no período de maior deficiência (3 meses mais secos), não deve passar de 400 mm;
5. Ventos abaixo de 3 m/s; e
6. Preferência por vales orientados L - O para maximizar umidade e horas de insolação.

Na obra utilizada não foi encontrada referência ao tipo de textura de solo mais adequada. Entretanto, MIC/STI (1982) associa a ocorrência de Babaçu com solos de unidade latosolos vermelho-amarelo, textura média argilosa e relevo plano e suave ondulado, assim como podzólicos vermelho-amarelo, textura média argilosa e relevo ondulado a forte ondulado. Neste trabalho, procuramos determinar as áreas de ocorrência dessa palmácea, o que nos levou ao resultado apresentado no mapa da Figura 12 (MIC/STI , 1982).



Figura 12: Disposição geral das áreas de ocorrência do Babaçu (MIC/STI, 1982).

Nos estados de Mato Grosso e Goiás a densidade dos cocais é menor, com menor homogeneidade (áreas de cocais mais antigos), maior disputa por luz e nutrientes e conseqüentemente menor produtividade. Pode ser admitida uma produtividade média de 1,6891 ton. de cocos por ha, ao ano.

Uma idéia melhor desta variabilidade de produtividade pode ser vista pelo mapa de produção anual de amêndoas das principais áreas de produção de Babaçu no Estado do Maranhão, na Figura 13.

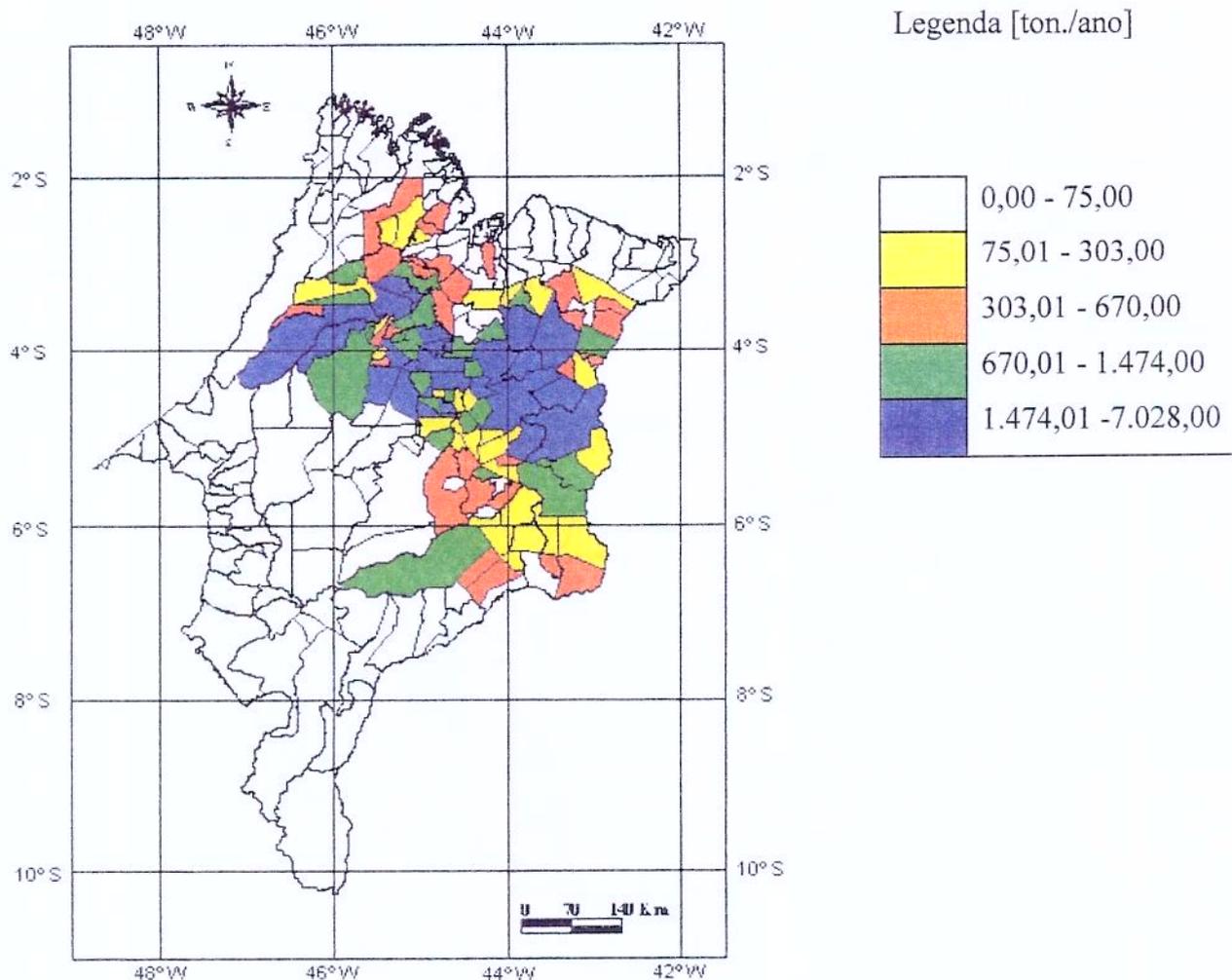


Figura 13: Quantidade da Produção Extrativa (1999) - Babaçu (Amêndoa).<sup>8</sup>

De forma que, para o cenário C, adota-se:

1. Percentual de coleta - 26% da produtividade - sistema atual de coleta, sem otimização;
2. Produtividade - de 1.6891 ton./ha/ano;
3. Área edafologicamente disponível - de 2.738.900 ha (alto potencial) e 6.830.600 ha (médio potencial), perfazendo um total de 9.569.500 de ha aptos à produção.

<sup>8</sup> Estatística: Mínimo: 0,00 [t/Ano]; Máximo: 7.028,00 [t/Ano]; Média: 510,94 [t/Ano]; Desvio Padrão: 947,44; N: 217. Fonte: GEPLAN - Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão; <http://www.zee.ma.gov.br/>.

Assim sendo, estima-se um potencial de 10.591.561,3 de toneladas anuais para o território brasileiro.

## 6.2 Caracterização da Biomassa de Babaçu

Como não foram encontrados dados em quantidade e qualidade satisfatórias na literatura, foi conduzida uma série de análises para determinação das características do fruto do Babaçu como fonte de Biomassa energética. Estas determinações tiveram por objetivo, não somente a determinação de alguns de seus parâmetros quanto combustível, mas também grandezas que auxiliem no projeto e desenvolvimento de novas plantas. Os dados brutos dos ensaios podem ser vistos no Anexo 2.

Paralelamente, quando se considera o Babaçu como insumo para um sistema energético baseado em biomassa, é necessário que sejam evitadas algumas das problemáticas já identificadas em tentativas anteriores de industrialização do fruto.

No atual sistema de fornecimento, o fruto é quebrado manualmente, resultando nos subprodutos mostrados na Figura 14 abaixo. Como pode ser observada, a fração resultante é bastante irregular e sem a possibilidade de adoção de sistemas mecânicos de processamento.



Figura 14: Resultado do processamento manual do fruto, mostrando quebra inicial e posterior separação do epicarpo.

Com a análise do histórico dos casos anteriores de industrialização total do fruto, fica claro que um dos grandes problemas enfrentados foi o fornecimento de matéria prima para a indústria, como identificado no relatório do Grupo PENSA (Grupo PENSA, 2000) e discutido em Teixeira (2001). Nestes trabalhos foi evidenciado a fragilidade da cadeia de fornecimento e matéria prima para a indústria de extração de óleo de Babaçu no nível dos pequenos agricultores responsáveis pela coleta e quebra dos frutos.

Neste sentido, para o trabalho de caracterização, foram escolhidos materiais que mais se aproximassem daqueles que possivelmente seriam utilizados em um sistema de pré-processamento da biomassa em escala industrial, ou mesmo semi-industrial.

### 6.2.1 Material Analisado

Para as análises, cujos resultados seguem copilados (à exceção dos dados onde consta a referência bibliográfica), foram utilizados materiais das seguintes fontes:

1. Epicarpo - obtido dos frutos doados pelo Eng. Ricardo Nogueira Costa, da Cosima Siderúrgica;
2. Mesocarpo - Farinha de mesocarpo de Babaçu produzida pela Associação da Doutrina Cristã.
3. Endocarpo - Fornecido pelo Sr. José Mário Ferro Frazão <sup>9</sup>. Material obtido pelo sistema utilizado no Projeto Quebra Coco: Alternativas Econômicas para Agricultura Familiar Assentada em Áreas de Ecossistemas de Babaçuais (Frazão, 2001); e
4. Castanhas - Material enviado pelo Srs. Clineu Cesar Coelho Filho e Arnaldo Lopes da Silveira <sup>10</sup>. Lote de castanhas de qualidade comercial, sem pré-seleção ou pré-tratamento (obtidas por quebra manual).

### 6.2.2 Epicarpo

---

<sup>9</sup> Sr. José Mário Frazão - EMBRAPA - MA, Cidade de Itapecuru ([jmfrazao@uol.com.br](mailto:jmfrazao@uol.com.br)).

<sup>10</sup> Gerência de Planejamento - Governo do Estado do Maranhão. Contatos: Sr. Clineu Cesar Coelho Filho ([clineu@geplan.ma.gov.br](mailto:clineu@geplan.ma.gov.br)) e Sr. Arnaldo Lopes da Silveira ([arnaldo@geplan.ma.gov.br](mailto:arnaldo@geplan.ma.gov.br)).

Segue abaixo quadro sinótico (Tabela 8) reunindo as principais características obtidas nos ensaios realizados com o epicarpo.

Tabela 8: Dados obtidos com o epicarpo analisado.

Característica	Valor	Incerteza + -
<b>Análise Imediata ASTM D 3172/75</b>		
Voláteis	88,16%	1,51%
Carbono Fixo	9,62%	0,13%
Cinzas	2,22%	0,01%
PCS - ASTM D 270-33 [kJ/kg]	21.724	5,13%
PCI - ASTM D 270-33 [kJ/kg] a 11% de umidade	20.238	5,13%
<b>Análise Elementar [%]</b>		
Carbono	45,69	0,35
Hidrogênio	5,65	0,23
Nitrogênio	0,57	0,07
Oxigênio <sup>1</sup>	45,87	0,66
PCS Calculado pela equação de Channixwala [kJ/kg]	19.756	1,32%
PCI Calculado p/ eq. de Mendeliev [kJ/kg] a 11% de umidade <sup>2</sup>	16.287	1,32%

Nota: 1 - Percentual de Oxigênio obtido por diferença, considerando-se o percentual de cinzas.  
2 - Para o cálculo do PCI com uso da eq. de Mendeliev, % de Enxofre foi considerado igual ao de cinzas, levando a um erro para menos no valor do Poder Calorífico, já que não se dispõe do percentual deste elemento na amostra.

Como parte dos ensaios, foi realizada análise termogravimétrica - TGA, tanto em atmosfera inerte (com fluxo de argônio) quanto reativa, usando ar atmosférico. Os resultados podem ser vistos na figuras 15 e 16 e nas tabelas 9 e 10 com uma representação percentual dos valores de perda de massa e primeira derivada da massa, ambos em função da temperatura.

Tabela 9: Dados obtidos com o TGA do epicarpo analisado em atmosfera inerte.

Faixa de Temp. [°C]	Varição de massa [%]	Comportamento
25 - 83,41	8,15	Secagem
250,03 - 453,86	52,39	Liberção de voláteis
453,86 - 637,36	37,75	Carbono Fixo
637,36 - 971,0	1,71	Cinzas

Tabela 10: Dados obtidos com o TGA do epicarpo analisado em atmosfera reativa.

Faixa de Temp. [°C]	Varição de massa [%]	Comportamento
25 - 90,58	4,692	Secagem

248,88 - 426,44	60,86	Liberação de voláteis
426,44 - 426,57	23,18	Ignição do material Vol.
426,57 - 736,89	5,075	Perda de Carbono Fixo

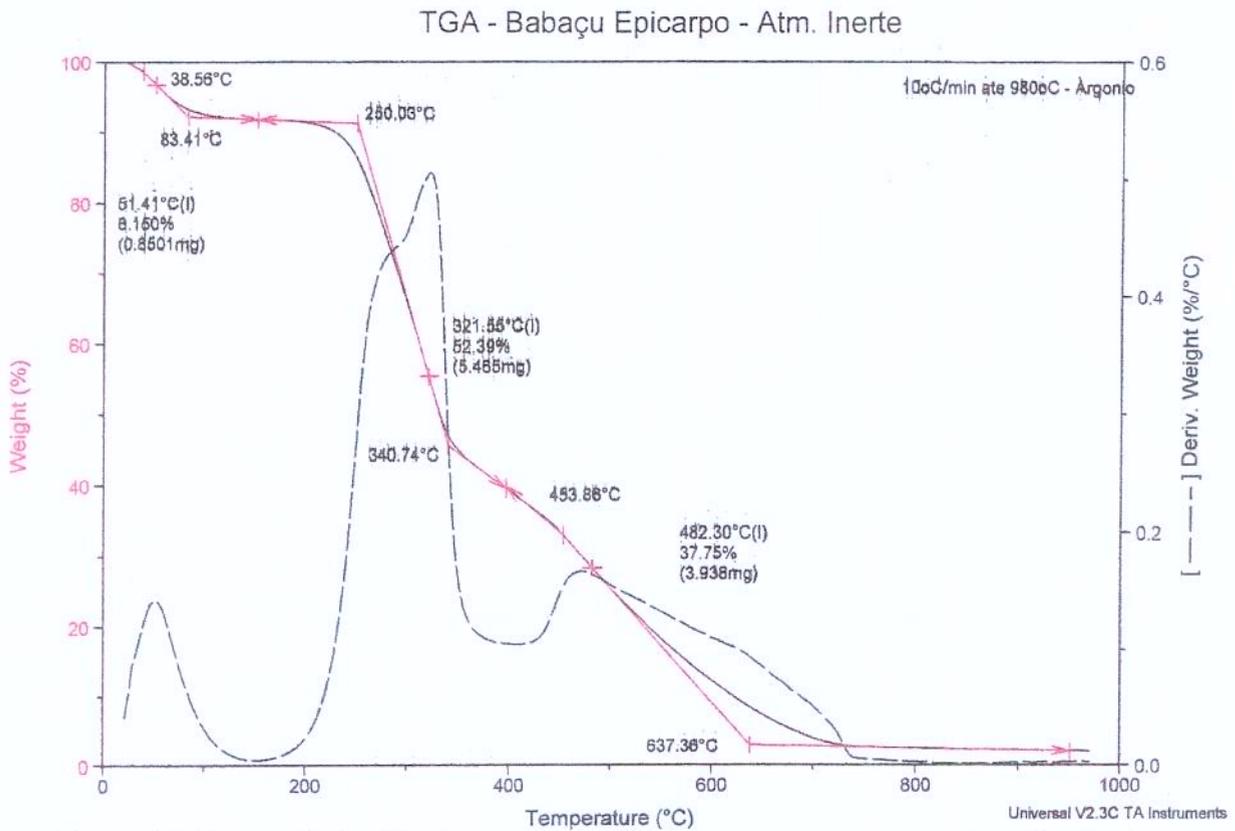


Figura 15: Curvas da Análise termogravimétrica para o epicarpo, em atmosfera inerte.

TGA - Babaçu Epicarpo - Atm. Reativa

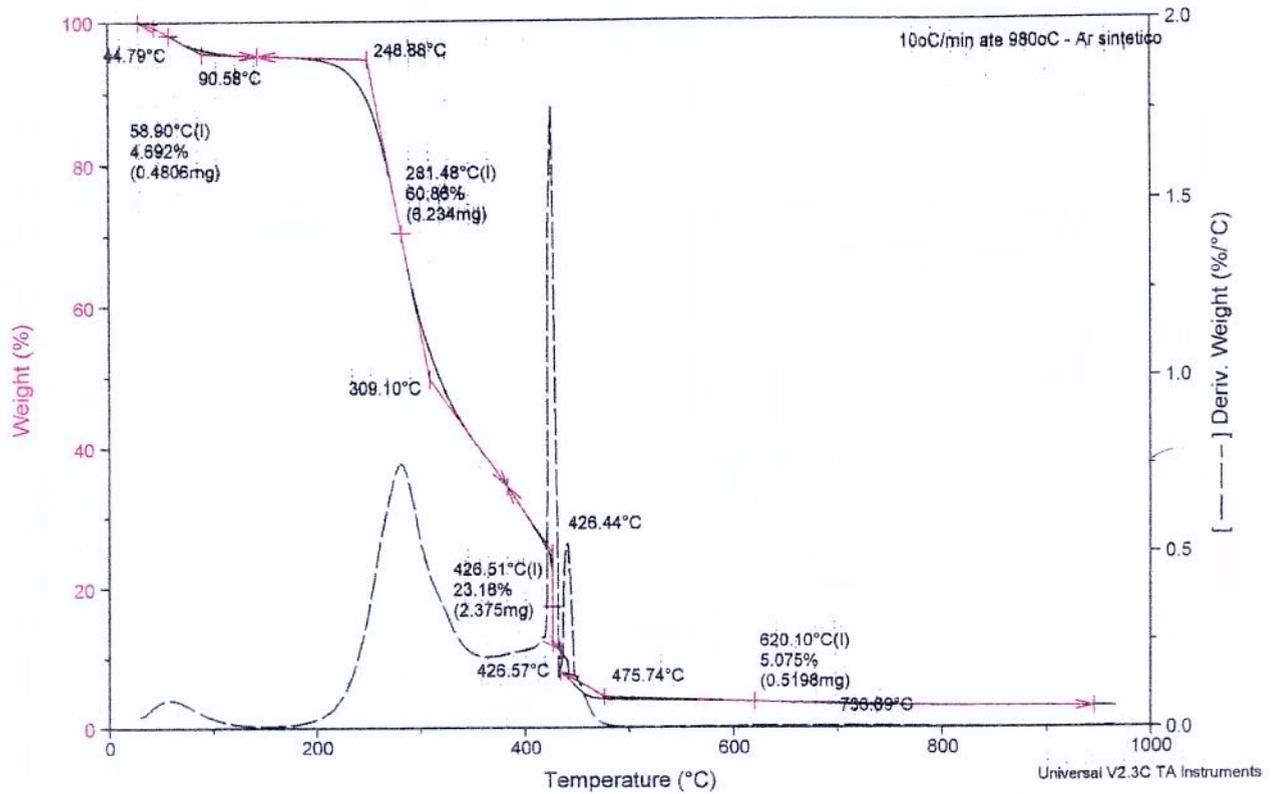


Figura 16: Curvas da Análise termogravimétrica para o epicarpo, em atmosfera reativa.

6.2.3 Mesocarpo

Segue abaixo quadro sinótico (Tabela 11) reunindo as principais características obtidas nos ensaios realizados com o mesocarpo.

Tabela 11: Dados obtidos com o mesocarpo analisado.

Característica	Valor	Incerteza + -
Densidade Aparente [kg/ m <sup>3</sup> ]	582	5,15%
Análise Imediata ASTM D 3172/75		
Voláteis	94,62%	0,92%
Carbono Fixo	4,66%	0,05%
Cinzas	0,88%	0,001
PCS - ASTM D 270-33 [kJ/kg]	15.522	30%
PCI - ASTM D 270-33 [kJ/kg] a 15% de umidade	13.744	30%
Análise Elementar [%]		
Carbono	39,27	0,12
Hidrogênio	6,47	0,06
Nitrogênio	0,41	0,06
Oxigênio <sup>1</sup>	52,97	0,24

PCS Calculado pela equação de Channixwala [kJ/kg]	17.504	0,48%
PCI Calculado p/ eq. de Mendeliev [kJ/kg] a 15% de umidade <sup>2</sup>	13.938	0,48%

Nota: 1 - Percentual de Oxigênio obtido por diferença, considerando-se o percentual de cinzas.  
 2 - Para o cálculo do PCI com uso da eq. de Mendeliev, % de Enxofre foi considerado igual ao de cinzas, levando a um erro para menos no valor do Poder Calorífico, já que não se dispõe do percentual deste elemento na amostra.

Para o ensaio de umidade de equilíbrio, foram obtidos os dados da Tabela 12 abaixo, com os quais foi possível traçar a curva de umidade de equilíbrio na Figura 17.

Tabela 12: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Mesocarpo.

	Umidade Relativa (Sal Usado) [% - Desvio Padrão]							
	86,5	75,6	64,3	57,8	43,8	31,0	22,7	11,2
Material	(K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )	(Na Cl)	(NaNO <sub>2</sub> )	(NaBr)	(K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	(CaCl <sub>2</sub> )	(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> K)	(LiCl)
Mesocarpo	22,3%	17,3%	14,8%	11,4%	10,3%	12,7%	9,4%	4,6%
- Farinha	0,001	0,002	0,001	0,0003	0,051	0,001	0,0003	0,003

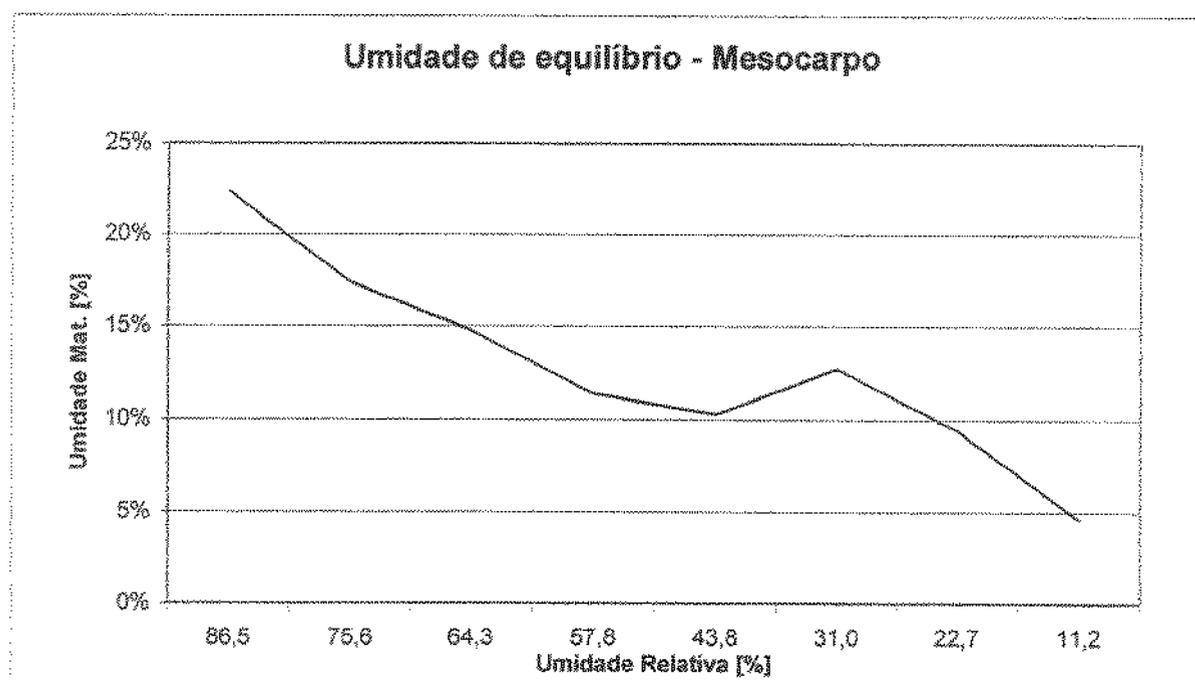


Figura 17: Curva de Umidade de Equilíbrio - Mesocarpo .

Em função da alta concentração de amido do mesocarpo (também conhecido por Farinha de Babaçu), foi feito um amilograma, conduzido pelo Laboratório de Cereais e Farinhas da UNICAMP, utilizando o aparelho "Rapid Visco Analyser" (fabricante Newport Scientific Pty. Ltda.).

O teste consiste em adicionar água a uma pequena quantidade de farinha amilácea ( $\pm 15$  grama), dentro da tabela de aplicação do instrumento. Esta mistura é homogeneizada e levada à câmara de ensaio do equipamento, um conjunto de palhetas é mantido em rotação no interior da mistura enquanto a amostra é aquecida a uma taxa constante, registrando-se a viscosidade ao longo do tempo.

O amilograma resultante da farinha de Babaçu pode ser visto na Figura 18.

## Amilograma de farinha de Babaçu (Mesocarpo)

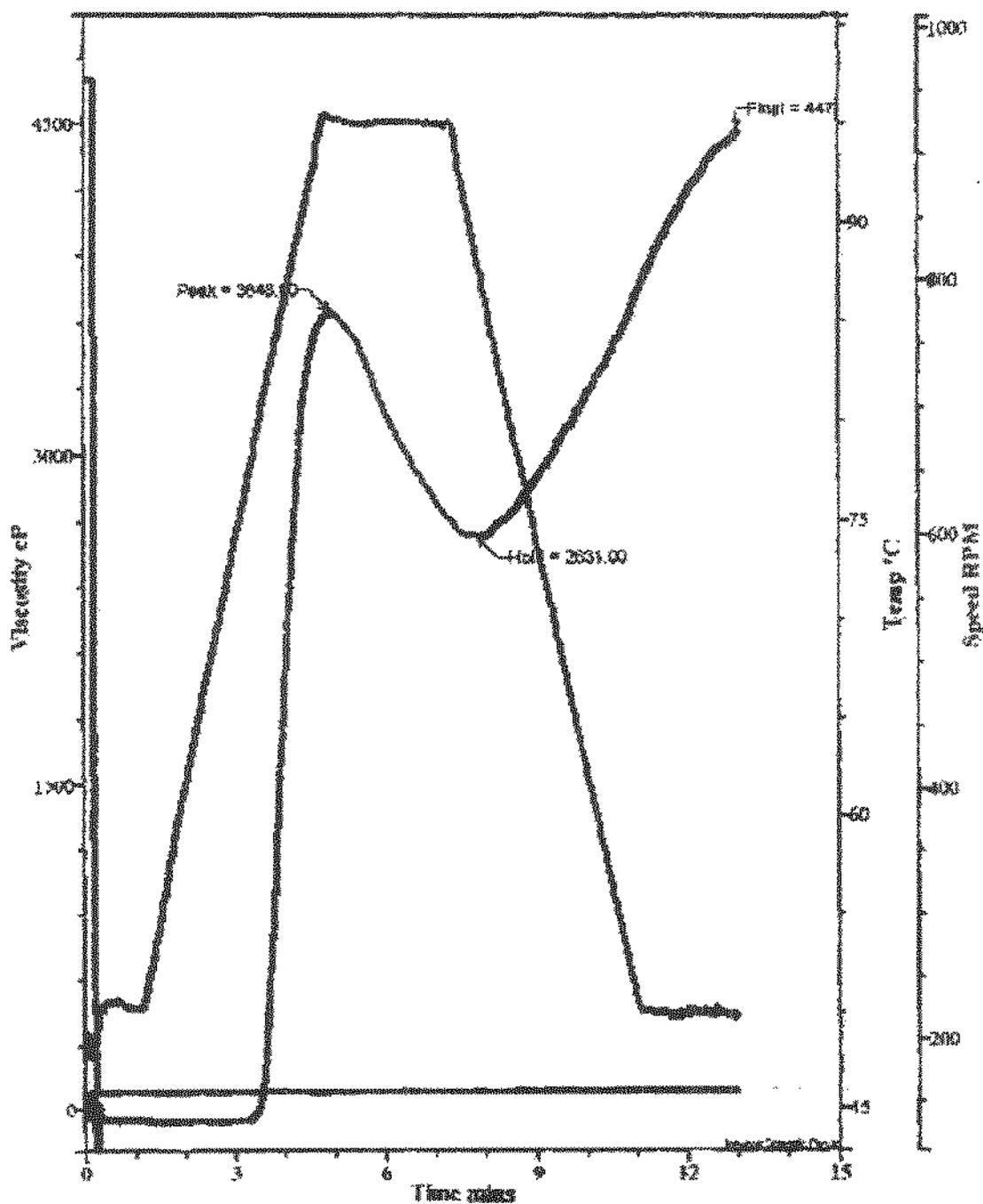


Figura 18: Amilograma de farinha de Babaçu - Mesocarpo.

### 6.2.3.1 Dados de Literatura

No trabalho de Peixoto (1973) é possível encontrar referência à composição da Farinha de mesocarpo, que varia em função da origem (bastante compreensível, dado o processo rudimentar de extração com pilão), cujos dados reproduzimos na Tabela 13 abaixo.

Tabela 13: Composição da Farinha de Babaçu (Peixoto, 1973).

Componente	Origem [% composição]	
	Tocantins	Maranhão
Água	17,00	16,30
Amido	63,75	71,29
Material Nitrogenado	3,12	3,19
Matérias Graxas	1,05	4,87
Açúcares e Dextrinas	0,00	0,80
Celulose	2,05	0,03
Cinzas	1,20	1,20
Indeterminados	11,38	0,30

#### 6.2.4 Endocarpo

Segue abaixo quadro sinótico (Tabela 14) reunindo as principais características obtidas nos ensaios realizados com o endocarpo.

Tabela 14: Dados de obtidos do endocarpo analisado.

Característica	Valor	Incerteza + -
Densidade Aparente [kg/ m <sup>3</sup> ]	506	2,21%
Densidade Real [kg/ m <sup>3</sup> ]	1.360,09	1,71%
Análise Imediata ASTM D 3172/75		
Voláteis	83,40%	3,87%
Carbono Fixo	15,16%	0,64%
Cinzas	1,71%	0,01%
PCS - ASTM D 270-33 [kJ/kg]	22.698	9,3%
PCI - ASTM D 270-33 [kJ/kg] a 12% de umidade	21.179	9,3%
Análise Elementar [%]		
Carbono	44,18	0,49
Hidrogênio	5,65	0,17
Nitrogênio	0,50	0,24
Oxigênio <sup>1</sup>	47,96	0,91
PCS Calculado pela equação de Channixwala [kJ/kg]	18.960	1,82%
PCI Calculado p/ eq. de Mendeliev [kJ/kg] a 12% de umidade <sup>2</sup>	15.467	1,82%

Nota: 1 - Percentual de Oxigênio obtido por diferença, considerando-se o percentual de cinzas.  
2 - Para o cálculo do PCI com uso da eq. de Mendeliev, % de Enxofre foi considerado igual ao de cinzas, levando a um erro para menos no valor do Poder Calorífico, já que não se dispõe do percentual deste elemento na amostra.

Em função da granulometria do material resultante da quebra mecânica, como pode ser visto na figura 19, como parte dos ensaios foi feita uma análise granulométrica utilizando um conjunto de peneiras em vibrador padrão. Os resultados podem ser vistos na Tabela 15 abaixo e no gráfico da Figura 20.



Figura 19: Endocarpo de Babaçu quebrado mecanicamente, fornecido pelo Sr. José Mário F. Frazão (Frazão, 2001).

Tabela 15: Percentuais de retenção nas peneiras do ensaio de Granulometria, para endocarpo.

Peneira [mm]	Média	Desvio Padrão	Incerteza $\pm$
50,8	0,0%	0,0%	0,0%
38,1	13,8%	22,0%	3,0%
25,4	43,1%	19,9%	8,5%
19,1	34,5%	8,4%	2,9%
12,7	8,5%	5,1%	0,4%
Fundo	0,1%	0,2%	0,0%
Total	100,0%	0,1%	0,1%

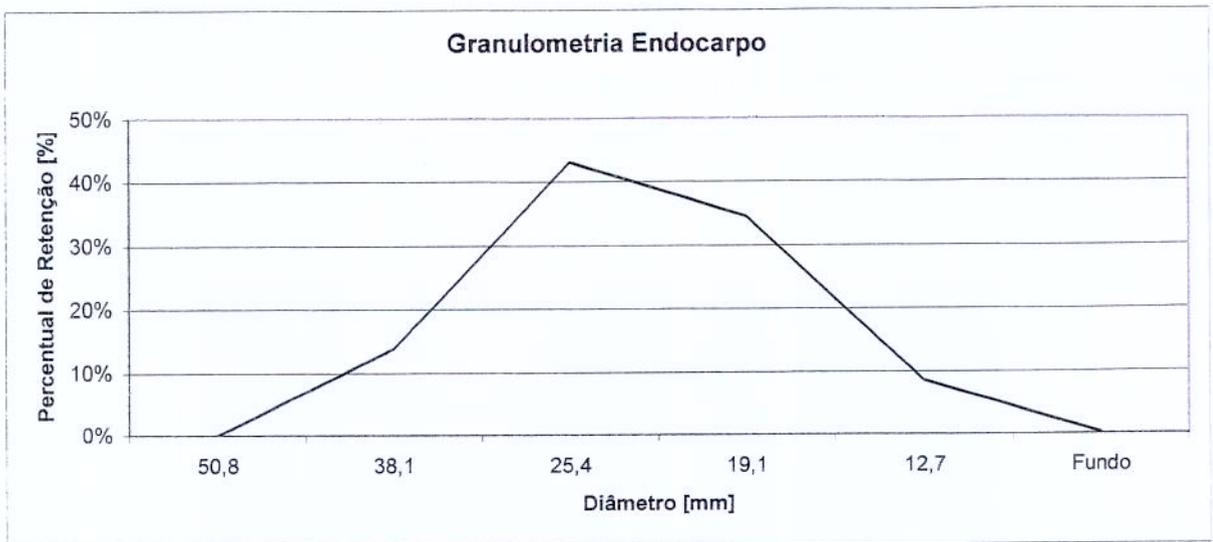


Figura 20: Gráfico de Granulometria para endocarpo analisado.

Para o ensaio de umidade de equilíbrio, foram obtidos os dados da Tabela 16 abaixo, com os quais foi possível traçar a curva de umidade de equilíbrio na Figura 21.

Tabela 16: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Endocarpo.

	Umidade Relativa (Sal Usado) [% - Desvio Padrão]							
Material	86,5 (K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )	75,6 (Na Cl)	64,3 (NaNO <sub>2</sub> )	57,8 (NaBr)	43,8 (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	31,0 (CaCl <sub>2</sub> )	22,7 (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> K)	11,2 (LiCl)
Endocarpo	13,7%	12,1%	11,4%	10,1%	11,0%	10,6%	7,1%	2,5%
	0,001	0,002	0,004	0,0012	0,012	0,001	0,0007	0,001

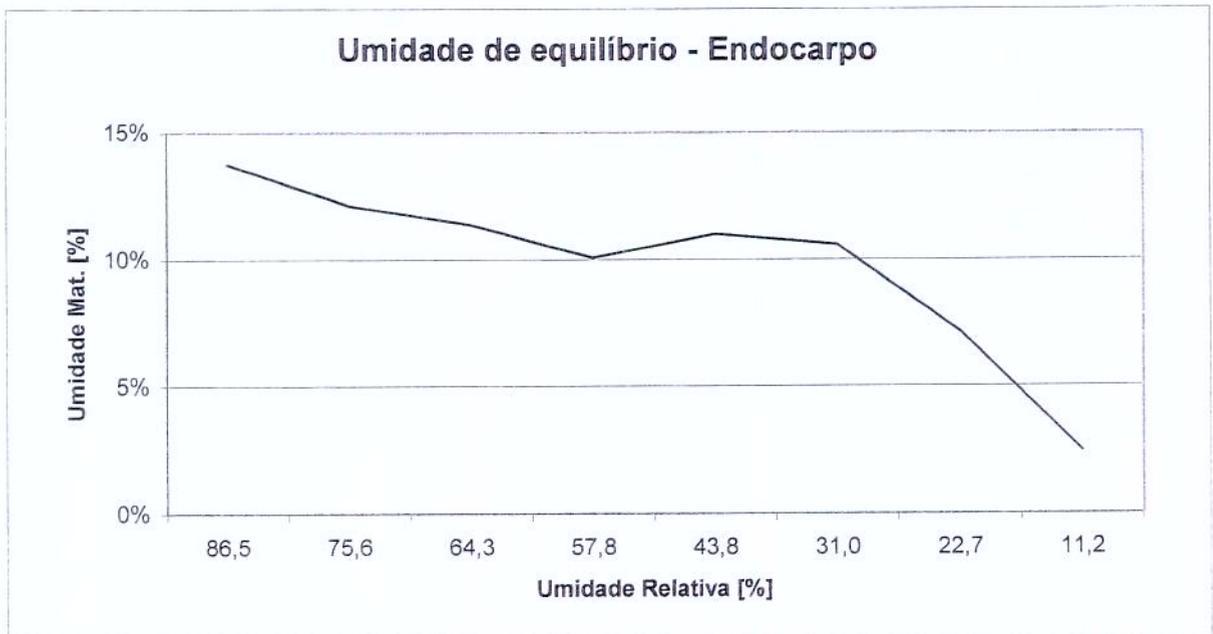
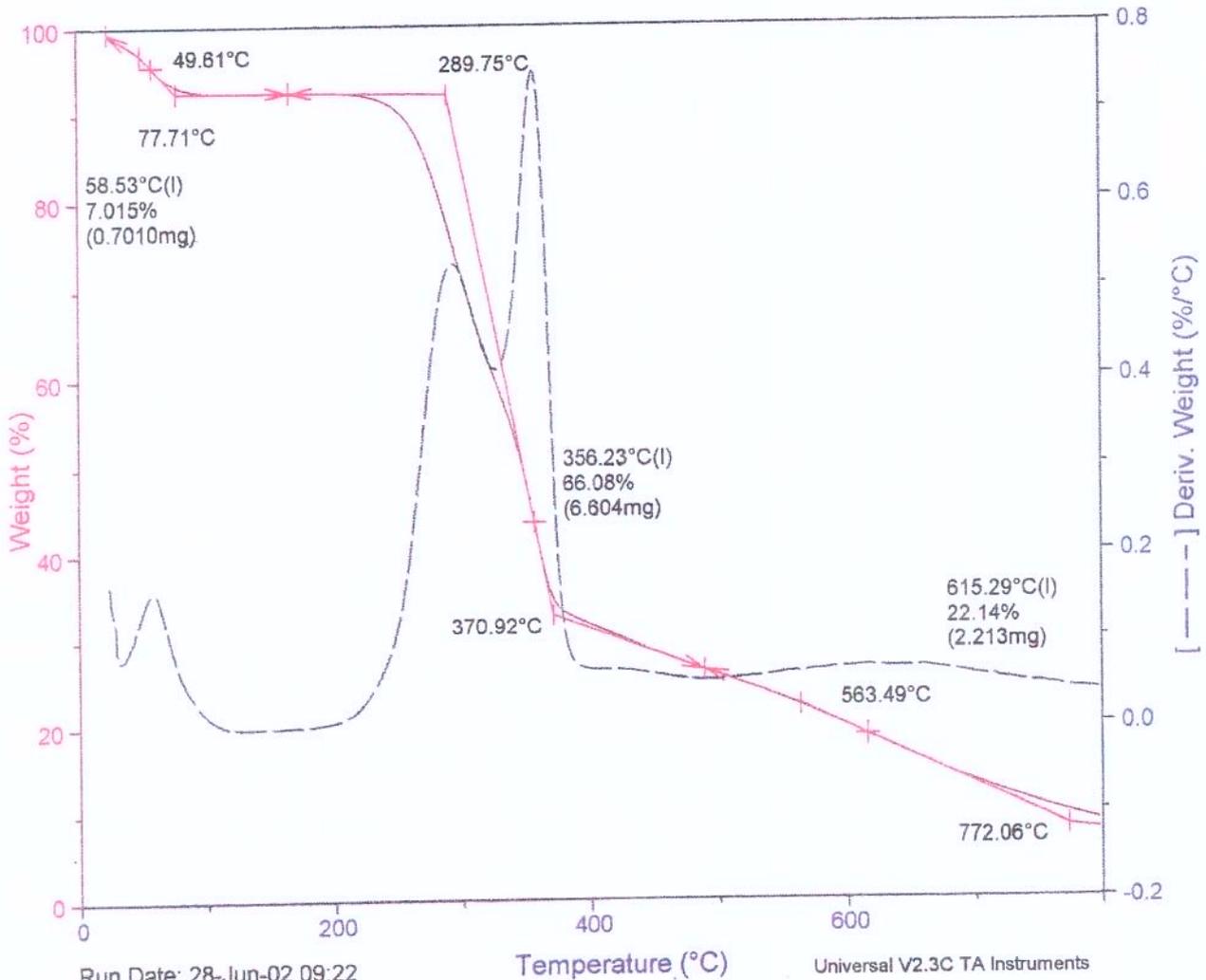


Figura 21: Curva de Umidade de Equilíbrio - Endocarpo .

Como parte dos ensaios, foi realizada análise termogravimétrica, tanto em atmosfera inerte (com fluxo de argônio) quanto reativa, usando ar atmosférico. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 22 e 23 e nas Tabelas 17 e 18, com uma representação percentual dos valores de perda de massa e primeira derivada da massa, ambos em função da temperatura.

### TGA - Babaçu Endocarpo - Atm. Inerte



Run Date: 28-Jun-02 09:22

Temperature (°C)

Universal V2.3C TA Instruments

Figura 22: Curvas da Análise termogravimétrica para o endocarpo, em atmosfera inerte.

Tabela 17: Dados obtidos com o TGA do endocarpo analisado em atmosfera inerte.

Faixa de Temp. [°C]	Variação de massa [%]	Comportamento
25 - 77,86	7,022	Secagem
261,11 - 346,71	32,53	Liberação de voláteis
346,71 - 370,3	33,08	Liberação de voláteis
370,3 - 770,2	22,82	Carbono fixo
770,2 - 967,2	2,24	Cinzas

## TGA - Babaçu Endocarpo - Atm. Reativa

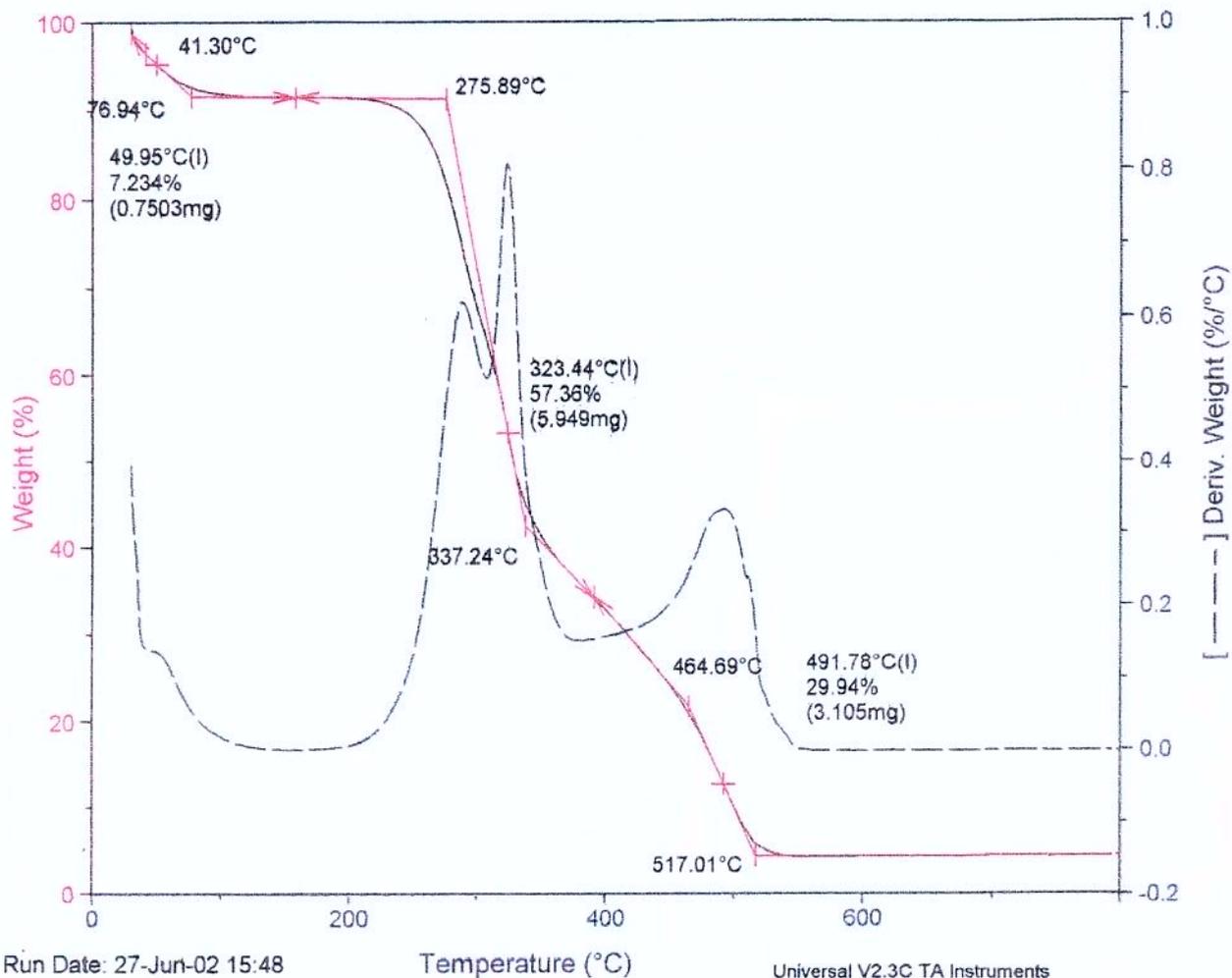


Figura 23: Curvas da Análise termogravimétrica para o endocarpo, em atmosfera reativa.

Tabela 18: Dados obtidos com o TGA do endocarpo analisado em atmosfera reativa.

Faixa de Temp. [°C]	Variação de massa		Comportamento
	[%]		
25 - 76,82	7,216		Secagem
261,71 - 293,68	27,9		Liberação de voláteis
293,68 - 336,52	28,69		Liberação de voláteis
336,52 - 517,03	30,83		Carbono fixo
517,03 - 967,7	5,364		Cinzas

Finalmente foi conduzida uma análise de fluorescência de raio-X, na qual foi identificada a presença de: Si (Silício), S (Enxofre), Rh (Ródio), K (Potássio), Ca (Cálcio), Fe (Ferro), Tb (Térbio), Cu (Cobre), Br (Bromo), Ag (Prata) e P (Fósforo).

### 6.2.4.1 Dados de Literatura

Temos, também no caso do endocarpo, poucos dados disponíveis na literatura para comparação. Foram encontrados somente o percentual de cinzas - 1,94% e densidade real - 1.085 kg/m<sup>3</sup> (Silva et. al., 1986).

Além disso, ainda em Silva et. al. (1986), é apresentada uma distribuição de componentes como segue:

1. Lignina 27,90%
2. Extrativos 7,80%
3. Hoclulose 64,3%

### 6.2.5 Castanha

Segue abaixo quadro sinótico (Tabela 19) reunindo as principais características obtidas nos ensaios realizados com as castanhas.

Tabela 19: Dados obtidos das Castanhas analisadas.

Característica	Valor	Incerteza + -
Densidade Aparente [kg/ m <sup>3</sup> ]	564	6,58%
Densidade Real [kg/ m <sup>3</sup> ]	1.022,18	5,21%
Análise Imediata ASTM D 3172/75		
Voláteis	93,78%	0,39%
Carbono Fixo	4,53%	0,02%
Cinzas	1,69%	0,001%
Análise Elementar [%]		
Carbono	63,90	1,71
Hidrogênio	10,26	0,61
Nitrogênio	1,66	0,18
Oxigênio <sup>1</sup>	22,49	2,50
PCS Calculado pela equação de Channixwala [kJ/kg]	34.733	5,0%
PCI Calculado p/ eq. de Mendeliev [kJ/kg] a 8% de umidade <sup>2</sup>	29.771	5,0%

Nota: 1 - Percentual de Oxigênio obtido por diferença, considerando-se o percentual de cinzas.  
 2 - Para o cálculo do PCI com uso da eq. de Menciliev, % de Enxofre foi considerado igual ao de cinzas, levando a um erro para menos no valor do Poder Calorífico, já que não se dispõe do percentual deste elemento na amostra.

Em relação ao lote de castanhas utilizado nos ensaios, foi observada uma forte correlação entre densidade e quantidade de castanhas defeituosas (ou seja, quebradas, em decomposição ou

atacadas por pragas), resultando no gráfico da Figura 24 abaixo e na Tabela 20.

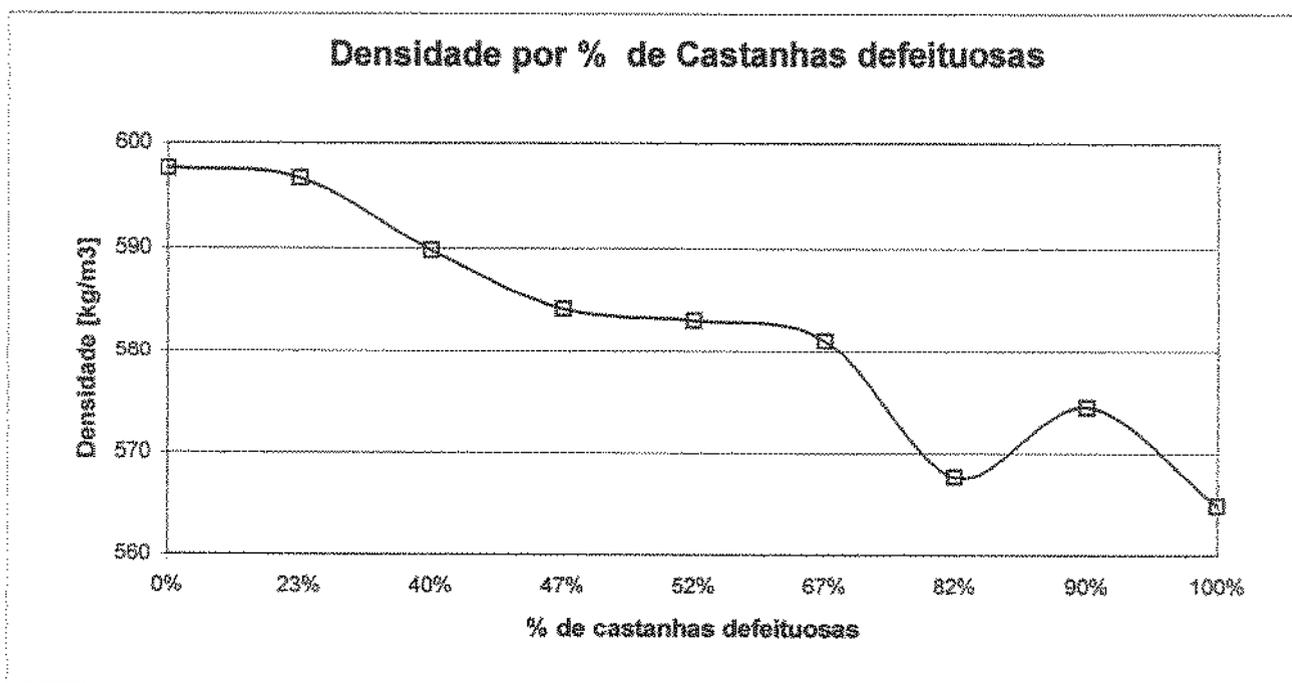


Figura 24: comportamento da densidade com relação ao percentual de castanhas defeituosas.

Tabela 20: Tabela de valores de densidade com relação ao percentual de castanhas quebradas ou infectadas.

Percentual de castanhas quebradas ou infectadas	Densidade do lote [kg/m <sup>3</sup> ]	Desvio Padrão
0%	598	8
23%	597	11
40%	590	8
47%	584	8
52%	583	9
67%	581	8
82%	568	9
90%	575	10
100%	565	10

Como parte dos ensaios, foi feita uma análise granulométrica, utilizando conjunto de peneiras em vibrador padrão. Os resultados podem ser vistos na Tabela 21 abaixo e no gráfico da Figura 25.

Tabela 21: Percentuais de retenção nas peneiras do ensaio de Granulometria, para Castanhas.

Peneira [mm]	Média	Desvio Padrão	Erro
19,1	0,0%	0,0%	0,0%
12,7	62,6%	5,7%	3,6%
4,76	37,4%	5,7%	2,2%
Fundo	0,0%	0,0%	0,0%
Total	100,0%	0,0%	0,0%

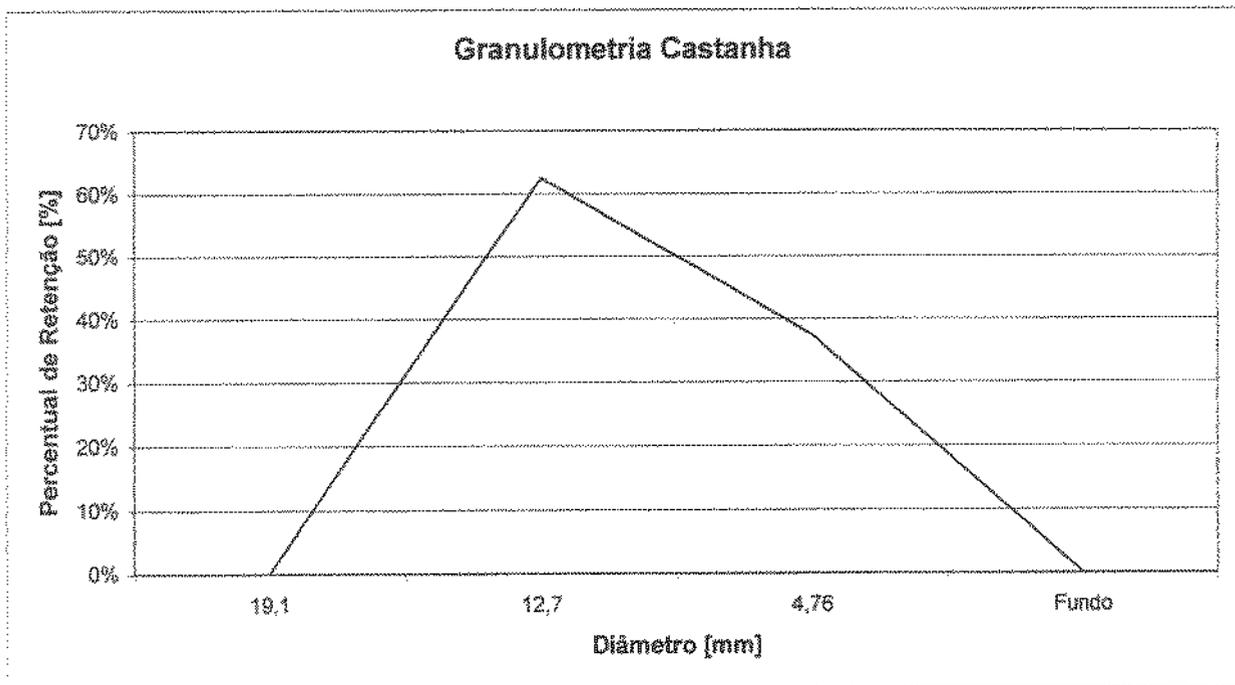


Figura 25: gráfico de granulometria para castanha analisada.

Para o ensaio de umidade de equilíbrio, foram obtidos os dados da Tabela 22 abaixo, com os quais foi possível traçar a curva de umidade de equilíbrio na Figura 26.

Tabela 22: Dados do Ensaio de umidade de Equilíbrio - Castanha.

	Umidade Relativa (Sal Usado) [% - Desvio Padrão]							
	86,5 (K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )	75,6 (Na Cl)	64,3 (NaNO <sub>2</sub> )	57,8 (NaBr)	43,8 (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	31,0 (CaCl <sub>2</sub> )	22,7 (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> K)	11,2 (LiCl)
	15,7%	9,2%	8,5%	6,8%	8,4%	7,8%	6,6%	0,3%
Castanha	0,064	0,013	0,006	0,0003	0,001	0,0004	0,0077	0,000

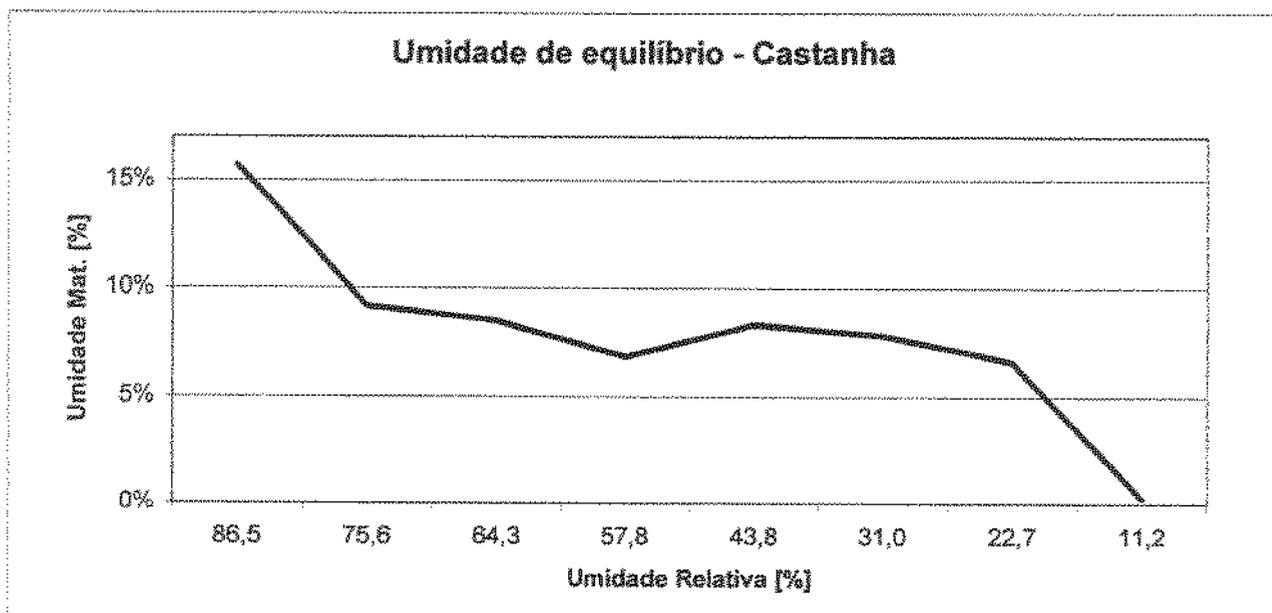


Figura 26: Curva de Umidade de Equilíbrio - Castanha.

Como parte dos ensaios, foi realizada análise termogravimétrica - TGA, tanto em atmosfera inerte (com fluxo de argônio) quanto reativa, usando ar atmosférico. Os resultados podem ser vistos na figuras 27 e 28, assim como Tabelas 23 e 24, com uma representação percentual dos valores de massa e primeira derivada da massa, ambos em função da temperatura.

Tabela 23: Dados obtidos com o TGA da Castanha analisada em atmosfera inerte.

Faixa de Temp. [°C]	Variação de massa [%]	Comportamento
25 - 117,23	4,055	Secagem
289,44 - 366,12	70,94	Liberção de Voláteis
366,12 - 665,82	20,4	Carbono Fixo
665,82 - 966,5	4,60	Cinzas

Tabela 24: Dados obtidos com o TGA da Castanha analisada em atmosfera reativa.

Faixa de Temp. [°C]	Varição de massa [%]	Comportamento
25 - 120,89	4,476	Secagem
264,32 - 406,19	64,89	Liberção dos Voláteis
406,19 - 527,19	17,24	Liberção dos Voláteis
527,19 - 567,04	11,05	Carbono Fixo
567,04 - 967,7	2,34	Cinzas

TGA - Babaçu Castanha - Atm. Inerte

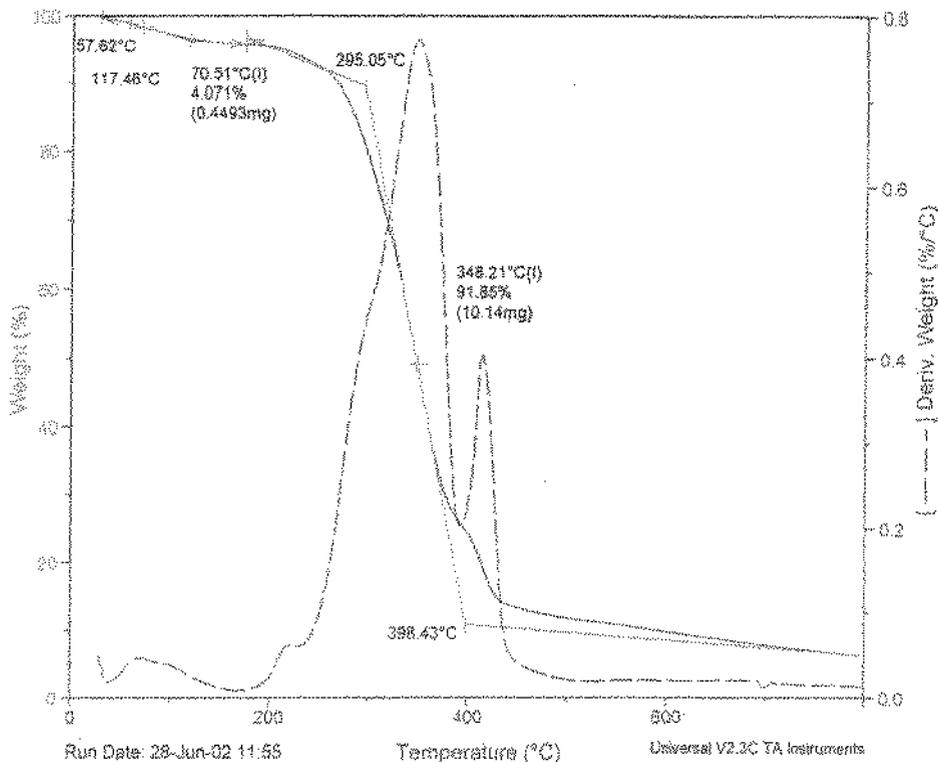


Figura 27: Curvas da Análise termogravimétrica para a castanha, em atmosfera inerte.

TGA - Babaçu Castanha - Atm. Reativa

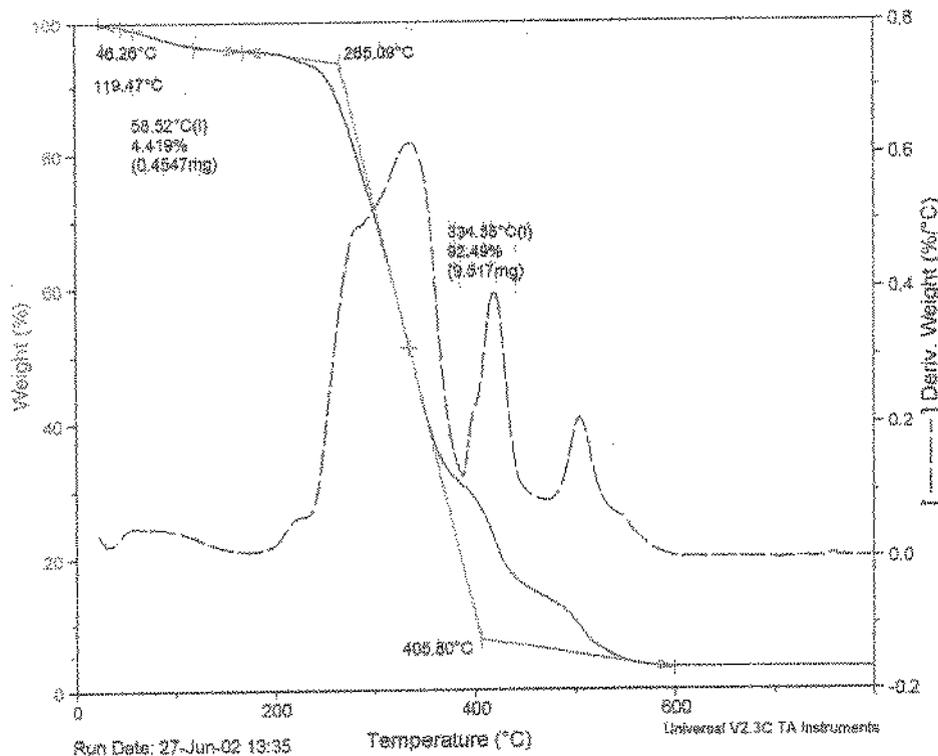


Figura 28: Curvas da Análise termogravimétrica para a Castanha, em atmosfera reativa.

Finalmente foi conduzida uma análise de fluorescência de raio-X, na qual foi identificada a presença de: P (Fósforo), S (Enxofre), Rh (Ródio), K(Potássio), Ca (Cálcio), Mn (Manganês), Fe (Ferro), Cu (cobre), Zn (Zinco), Rb (Rubídio), Ag (Prata) e Sb (Antimônio).

### 6.2.5.1 Dados de Literatura

Na obra de Gonsalves (1955) é possível encontrar os dados para análise química da amêndoa, resumida na Tabela 25.

Tabela 25: Análise química das amêndoas (Gonsalves, 1955).

Componente	Percentual
Água	13,220
Óleo	66,750
Proteína	2,612
Substâncias nitrogenadas	0,885
Sacarose outros hidratos de carbono	2,500
Celulose (fibras)	2,500
Sais Minerais	0,780

### 6.2.6 Outros Dados

Em função da não disponibilidade de material *in-natura* (frutos inteiros) para a análise dos percentuais de composição do fruto, foi feita uma revisão de literatura, reunindo os diferentes valores encontrados na Tabela 26.

Tabela 26: Composição percentual dos constituintes do fruto.

Componente	Fontes / Percentuais de cada componente no fruto [%]						
	Abreu (1940)	Gonsalves (1955)		Vivacqua Filho (1968)		Vivacqua Filho (1981)	May (1990)
				Normais	Mais Prod		
Epicarpo	11	12,6	± 0,5	11,0	13,6	12	11
Mesocarpo	23	22,3	± 1,14	23,0	21,2	20	23
Endocarpo	57	57,3	± 5,4	59,0	56,5	63	59
Amêndoa	9	7,6	± 0,3	7,0	8,7	7	7
Óleo	-	0,05	-	-	-	-	-
Total	100	-		100	100	102	100

## 6.3 Perfil Energético

Seguindo a metodologia proposta, o levantamento do perfil energético de uma instalação típica de processamento de castanhas de Babaçu, aproximadamente 30 toneladas de castanhas por dia de capacidade instalada, foi feito primeiro com relação ao tipo de tecnologia empregada em plantas novas e depois na análise de plantas já em operação.

### 6.3.1 Plantas novas

No trabalho de consulta à fornecedores de plantas de extração de óleo de Babaçu foram consultados as seguintes empresas:

1. JAUMAQ – Indústria e Comércio de Máquinas Industriais Ltda. – Rua Florentino Lima 225 – Jaú – SP – CEP 17208 - 560. Tel 014 – 622 5056 Fone/Fax: 014 – 622 8644.
2. ECIRTEC – Equipamentos e Acessórios Industriais Ltda. Rua Dr. José Ranieri, 1-80 – Bauru – SP – CEP 17030 – 370 – Tel: 014 – 231 2256 Fax: 014 – 231 2325 . [www.ecirtec.com.br](http://www.ecirtec.com.br) - [vendas@ecirtec.com.br](mailto:vendas@ecirtec.com.br).
3. Aboissa Óleos Vegetais Ltda. – Largo do Arouche 396 – São Paulo – SP – CEP 01219 – 010. Tel: 011 – 3353 3059 Fax: 011 – 3353 3033. [www.aboissa.com.br](http://www.aboissa.com.br) – [aboissa@aboissa.com.br](mailto:aboissa@aboissa.com.br)

Em todos os 3 casos foi pedido o projeto para uma instalação para processamento de 15 toneladas de castanhas a cada 24 horas, com possibilidade de expansão para até 30 toneladas.

O perfil de cada unidade sugerida, em termos de equipamentos propostos, pode ser visto na Tabela 27.

Tabela 27 Lista de equipamentos dos orçamentos de fornecedores nacionais.

Fase do Processo	Fornecedor <sup>11</sup>		
	Jaumaq <sup>12</sup>	Ecirtec <sup>13</sup>	Aboissa <sup>14</sup>
Pré Limpeza		1 elevador de caneca 1 ton. Castanha/h (1,5 CV) 1 peneira de pré limpeza PLE – 1000 (3 CV)	1 rosca transp. (1 CV) 1 elevador de canecas (1 CV)  1 peneira de pré limpeza (7,5 CV)  1 silo 20 m <sup>3</sup> 1 rosca transp. (1 CV)
Moagem	1 elevador de corrente (5 CV) 1 moinho de martelos C-30 (30 CV)	1 rosca transportadora (1,5 CV) 1 moinho de martelos TEM – 1000 (15 CV)	1 elevador de canecas (1,5 CV) 1 moinho de martelos (40 CV)
Cozinhador	1 elevador de corrente (5 CV)  1 Cozinhador (15 CV)	1 rosca transp. (1,5 CV) 1 elevador de canecas (1,5 CV)  1 rosca transp. (2 CV)  1 cozinhador vertical CVE – 134 (7,5 CV)	1 elevador de caneca (1 CV)  1 rosca transp. (1,5 CV)  5 cozinhadores (5 CV)
Prensa	1 prensa PM/PR - 60 (60 CV) 1 elevador de corrente (5 CV)	1 prensa contínua Ecirtec MPE – 300E (25 CV) 1 rosca transp. de óleo e finos	5 prensas (15 CV) 2 roscas transp. (1 CV)
Tratamento de óleo	1 Tanque de óleo de 1m <sup>3</sup> 1 clarificador capacidade 5 m <sup>3</sup> e camisa de vapor (5 CV) 4 Bombas de engrenagens de 2" (5 CV cada) 1 trocador de calor 1 bomba de vácuo (10 CV) 1 filtro prensa 25 placas de 630 x 630	1 tanque decantador (com serpentina de vapor) 1 bomba de engrenagens para o óleo bruto (2 CV) 1 filtro prensa de 20 placas e 21 quadros modelo FPE – 63/20 1 tanque pulmão com serpentina a vapor	1 peneira estática 1 tanque p/ bombeamento do filtrado 1 filtro prensa UB – 760 x 760 1 tanque de óleo bruto filtrado 1 branqueador (7,5 CV) 1 capela terra

<sup>11</sup> A menção de marcas não consiste recomendação por parte do autor.

<sup>12</sup> JAUMAQ – Indústria e Comércio de Máquinas Industriais Ltda. – Rua Florentino Lima 225 – Jaú – SP – CEP 17208 - 560, Tel 014 – 622 5056 Fone/Fax: 014 – 622 8644.

<sup>13</sup> ECIRTEC – Equipamentos e Acessórios Industriais Ltda. Rua Dr. José Ranieri, 1-80 – Bauru – SP – CEP 17030 – 370 – Tel: 014 – 231 2256 Fax: 014 – 231 2325 . [www.ecirtec.com.br](http://www.ecirtec.com.br) - [Vendas@ecirtec.com.br](mailto:Vendas@ecirtec.com.br).

<sup>14</sup> Aboissa Óleos Vegetais Ltda. – Largo do Arouche 396 – São Paulo – SP – CEP 01219 – 010. Tel: 011 – 3353 3059 Fax: 011 – 3353 3033. [www.aboissa.com.br](http://www.aboissa.com.br) – [aboissa@aboissa.com.br](mailto:aboissa@aboissa.com.br)

	1 tanque de piso 10 m <sup>3</sup>	1 bomba centrífuga de óleo filtrado (3 CV)	
Tratamento da torta	1 moinho de martelo C – 30 (30 CV)		1 rosca transp. (1,5 CV)
	1 silo pulmão (3 m <sup>3</sup> ) 1 rosca transp. (5 CV)		
Caldeira	1 caldeira 1500 kg vap/h a 8 kgf/cm <sup>2</sup>	1 caldeira horizontal compacta Power Fire	
		Modelo: Capas ASTM-A-285-GrC para vapor saturado a 1000 kg vap/h 10 kgf/cm <sup>2</sup>	
Utilidades	1 tanque de depósito de 30 m <sup>3</sup>	1 compressor 15 CFM a 8,3 Bar, reservatório de 150 m <sup>3</sup> (5 CV)	Tub. de vapor, óleo e condensado 1 bomba de engrenagens 1,5 "UB – 15 (3 CV) 1 Tanque de 50 m <sup>3</sup> para armazenagem de Óleo
Preço R\$ <sup>15</sup>	192.000,00	345.000,00	533.700,00
Local de entrega	Jaú – SP	Baurú – SP	Jaú – SP
Notas	Potência inst. ± 210 CV  Fator de Utilização 0,7 Consumo de vapor 800 kg/h (600 por prensa)  Pressão mín. 6 kg/cm <sup>2</sup> Temp. Chaleira 90~110° C  Prazo p/entrega 4 meses. Prédio produção 250 m <sup>2</sup> Dep. mat. Prima 40 m <sup>2</sup>  Área total planta 680 m <sup>2</sup>	Fazendo-se a mesma relação entre potencia caldeira e pressão mínima trabalho dos outros fornecedores chega-se à 8 kgf/cm <sup>2</sup> e 400 kg vap/h	Consumo de vapor: 120 kg/k por conj. Prensa/Coz. = 600 kg/h a 5 kgf/cm <sup>2</sup>
Capacidade	15 ton./24 horas	15,6 ton./24 horas	18 ton./24 horas
Potência Instalada	190 CV	70,5 CV	178,5 CV

A distribuição dos custos entre os equipamentos, para os fornecedores que escalonaram os custos pode ser vista na Tabela 28.

<sup>15</sup> Preços em Reais, tomados como base no mês de Janeiro de 2001.

Tabela 28 : Orçamento fornecidos pelos fabricantes de equipamentos, em US\$.

Fase do Processo	Distribuição do preço % [US\$]		
	Jaumac	Aboissa	Ecirtec
Pré Limpeza			
Moagem	8,03 [7.900,00]	16,93 [46.610,00]	
Cozinhador			
Prensa	40,42 [39.700,00]	60,59 [165.970,00]	
Tratamento da torta	7,93 [7.800,00]		
Tratamento de óleo	23,91 [23.400,00]	21,67 [59.540,00]	
Caldeira	14,56 [14.300,00]		
Tanque de 30 m <sup>2</sup>	5,18 [5.100,00]		
Tubulação		0,16 [830,00]	
Compressor de ar			
Preço Total US\$ <sup>10</sup>	98.200,00	272.950,00	176.450,00

Obs.: As áreas preenchidas representam os itens presentes nas propostas.

### 6.3.2 Análise da demanda térmica - Plantas novas

Com base nos parâmetros fornecidos pelos fabricantes, foi possível estimar o desempenho termodinâmico de cada unidade, chegando-se aos valores da Tabela 29.

Tabela 29 : Índices de desempenho termodinâmico das unidades propostas pelos fabricantes.

Fornecedor	Capacidade [tonCast./24h]	Pressão Mín. [kPa]	Fluxo Calor [MJ/h]	Demanda Elétrica [kW/ton. Bab]	Consumo Vap [kg vap/ton Bab]	Calor Esp. [MJ/tonCast]
Jaumac	15	588	2.002	175	1.280	3.202
Ercitec	15	981	2.019	84	1.280	3.231
Aboissa	18	490	1.496	124	800	1.995
média	16	686	1.839	128	1.120	2.809
Máximo	18	981	2.019	175	1.280	3.231
Mínimo	15	490	1.496	84	800	1.995

## 6.4 Plantas existentes

### 6.4.1 Oleama S/A

A unidade da Oleama - Oleaginosas Maranhenses S/A, fica localizada a 10 km de São Luis, Estado do Maranhão, apresenta um portfólio de produtos que vão de parafina, com fabrico de velas, material para limpeza, óleo de Babaçu para consumo humano (na cozinha), sabão, sabonete e

detergente. Emprega 206 pessoas, operando em regime de 24 horas durante a safra, conforme pode ser visto no questionário de coleta de dados respondido pela empresa no Anexo 3.

Em termos de capacidade de processamento de castanhas de Babaçu, a unidade conta com duas linhas independentes de trabalho, uma operando com extração com prensagem a quente e outra com extração por solvente (processo SMET), como pode ser visto na Tabela 30. Esta última, como informado pela Empresa, encontra-se desativada por falta de matéria-prima no mercado disponível nos volumes e condições suficientes que levassem à validade de uso deste processo.

Tabela 30 : Capacidade de extração de óleo da Planta da Oleama.

	Rendimento da extração [%]	Volume residual de óleo [%]	Capacidade instalada [Ton. cast./24 h]
Prensagem a Quente	50	5	60
Solvente - SMET	52	1	130

Para análise do processo da planta da Oleama, em primeiro lugar esta foi analisada em termos de processo produtivo e depois em termos de fluxo de vapor, como pode ser visto nas figuras 29 e 30.

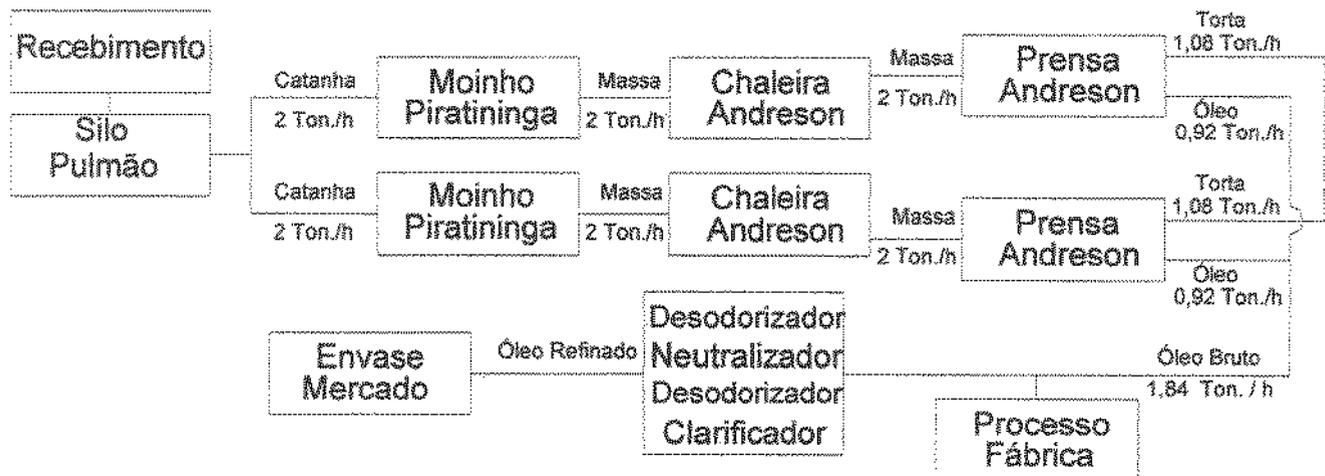


Figura 29: Desenho esquemático do fluxo de material da planta da Olema S/A.

<sup>16</sup> Preço em Dólares americanos na cotação comercial para venda, valor médio do mês de referência

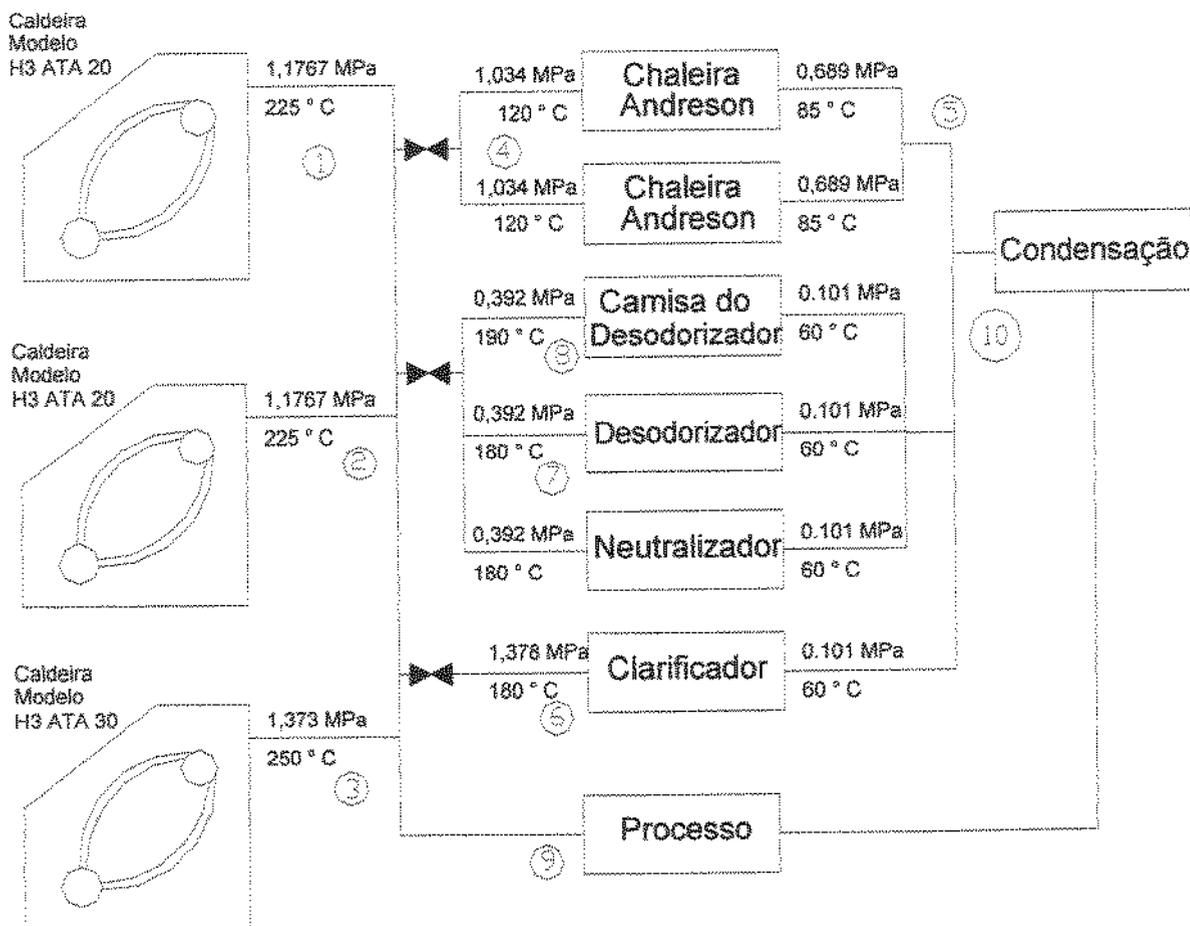


Figura 30: Desenho esquemático do fluxo de vapor da planta da Olema S/A.

Com base nestas informações, compiladas no questionário que pode ser visto no Anexo 2, foi montada a Tabela 31 com os principais dados dos fluxos de vapor utilizados na Planta.

Com base nestes parâmetros foi possível estimar os fluxos de calor associados à produção do Óleo de Babaçu, como pode ser visto na Tabela 32. Notar que existe uma diferenciação entre os consumo energético para Extração/Refino e extração somente. Neste caso, a extração envolve o aquecimento da massa nas chaleiras e o clarificador, e no caso do refino incluiria as demandas para o neutralizador e o desodorizador.

Tabela 31 : Possíveis condições do vapor para análise do ciclo Termodinâmico da Planta da Oleama<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> Dados obtidos utilizando o Programa desenvolvido por Interllipro Inc. como parte do livro: Moran, Michel J & Shapiro, Howard N. Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 2<sup>nd</sup> Edition.

Ponto	Estado do vapor <sup>1</sup>	Pressão [MPa]	Temp. [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
1	Vap Super Aquecido	1,176	225	2.877	6,727	4.000	0,1849	2.659,0
2	Vap Super Aquecido	1,176	225	2.877	6,727	5.000	0,1849	2.659,0
3	Vap Super Aquecido	1,372	250	2.927	6,757	10.000	0,1669	2.698,0
4	Liq. Sub-resfriado	1,034	120	511	1537	6	0,001069	509,5
	Liq. Saturado			769	2,153		0,001129	768,0
	Vapor Saturado			181,4	2.779		6,573	0,1882
5	Liq. Sub-resfriado	0,689	85	360	1138	6	0,001037	359,3
	Liq. Saturado			695	1,986		0,001107	693,8
	Vapor Saturado			164,4	2.762		6,712	0,2766
6	Liq. Sub-resfriado	0,392	180	2.818	7,088	2	0,5194	2.614,0
	Liq. Saturado			601	1,769		0,001083	601,0
	Vapor Saturado			142,9	2.737		6,901	0,4708
7	Vap Super Aquecido	0,392	180	2.818	7,088	6.000	0,5194	2.614,0
8	Vap Super Aquecido	0,392	190	2.839	7,134	2	0,5322	2.630,0
9	Liq. Sub-resfriado	1,378	180	772	2148	2	0,001144	77,6
	Liq. Saturado			822	2268		0,001146	820,9
	Vapor Saturado			193,4	2.788		6481	0,1454
10	Liq. Sub-resfriado	0,101	60	253	0,8324	19.000	0,001019	253,0
	Liq. Saturado			419	1307		0,001044	418,8
	Vapor Saturado			100	2.675		7,353	1673

Nota: 1 - A área sombreada foi a condição considerada para análise

Tabela 32 : Análise do consumo de calor para a extração de óleo na planta da Oleama S/A.

Parte do fluxograma	Vazão [kg vap/h]	Delta Entalpia [kJ/kg]	Fluxo Calor [MJ/h]	Calor Específico [MJ/Ton Cast.]
Soma 1,2 e 3 p/ 10	19.000	2.650	50.354	20.142
de 4 para 5	6	2.085	11,465	4,586
de 8 para 10	2	2.586	5,172	2,069
de 7 para 10	6.000	2.565	15.389	6.156
de 6 para 10	2	2.484	4,97	1,987
de 9 para 10	2	2.535	5,07	2,028
Total fábrica	19.000	2.650	50.354	20.142
Extração/ Refino de óleo	6.010	2.586	15.411	6.164
Extração de óleo	8	2.484	16,43	6,57

Com base nestes valores foi possível organizar as demandas de calor e potência como disposto na Tabela 33 (capacidade da Planta 60 ton.Cast./24h, número de prensas: 2)

Tabela 33 : Resultado da análise do consumo de calor para a planta da Oleama S/A.

Pressão Mínima [kPa]	Fluxo de Calor [MJ/h]	Demanda Elétrica [kW/ton. Bab.]	Consumo Vap [kg vap/ton Bab.]	Calor Esp. [MJ/ ton Cast.]
----------------------	-----------------------	---------------------------------	-------------------------------	----------------------------

Extr./Refino	1.379	15.411	2,927	2.404	6.164
Extração	1.379	16,43	1,932	3,000	6,57
Toda Planta	1.379	50.354,10	2,927	7.600,000	20.141,64

#### 6.4.2 Sabões Garoto S/A

A unidade da Sabões Garoto S/A, localizada na cidade de Pedreiras, a 250 km de São Luiz, estado do Maranhão, com um total de 127 funcionários, processa castanhas de Babaçu para fabricação de óleo bruto, refinado, sabões e desinfetante. Opera em regime de 24 horas com capacidade de processamento de 55,3 toneladas de castanha de Babaçu por 24 horas.

A maior parte do equipamento tem mais de 5 anos com itens da planta já em operação por mais de 20 anos. A fábrica passou recentemente pro uma reforma para poder aumentar sua capacidade produtiva, de 22 para 27 toneladas de óleo a cada 24 horas. Esta reforma incluiu a instalação de mais uma caldeira, um moinho e 4 novos conjuntos de chaleiras com Expellers (estes últimos equipamentos projetados inicialmente para extração de óleo de algodão, comprados de antigas instalações).

Como parte dos trabalhos, as instalações da Sabões Garoto foram analisadas em termos de fluxo de vapor na unidade e processo produtivo, conforme esquemas dispostos nas Figuras 31 e 32.

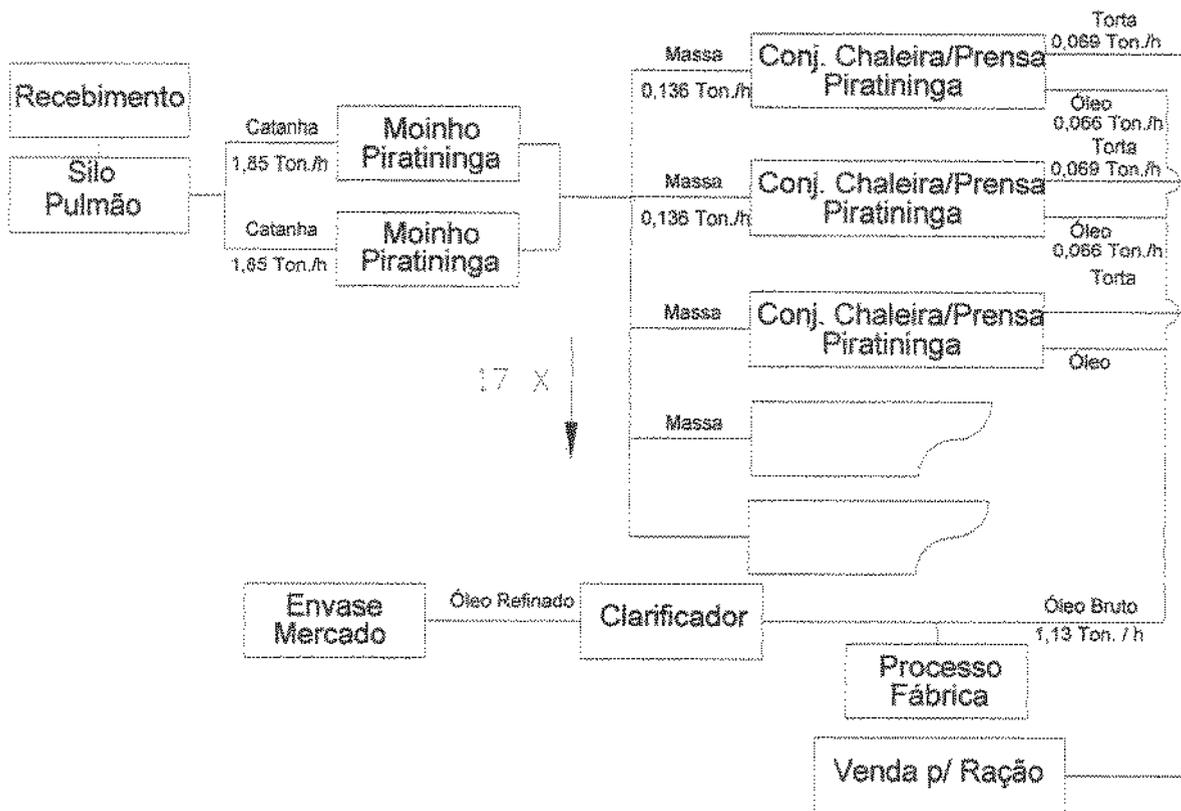


Figura 31: Desenho esquemático do fluxo de material da planta da Sabões Garoto S/A.

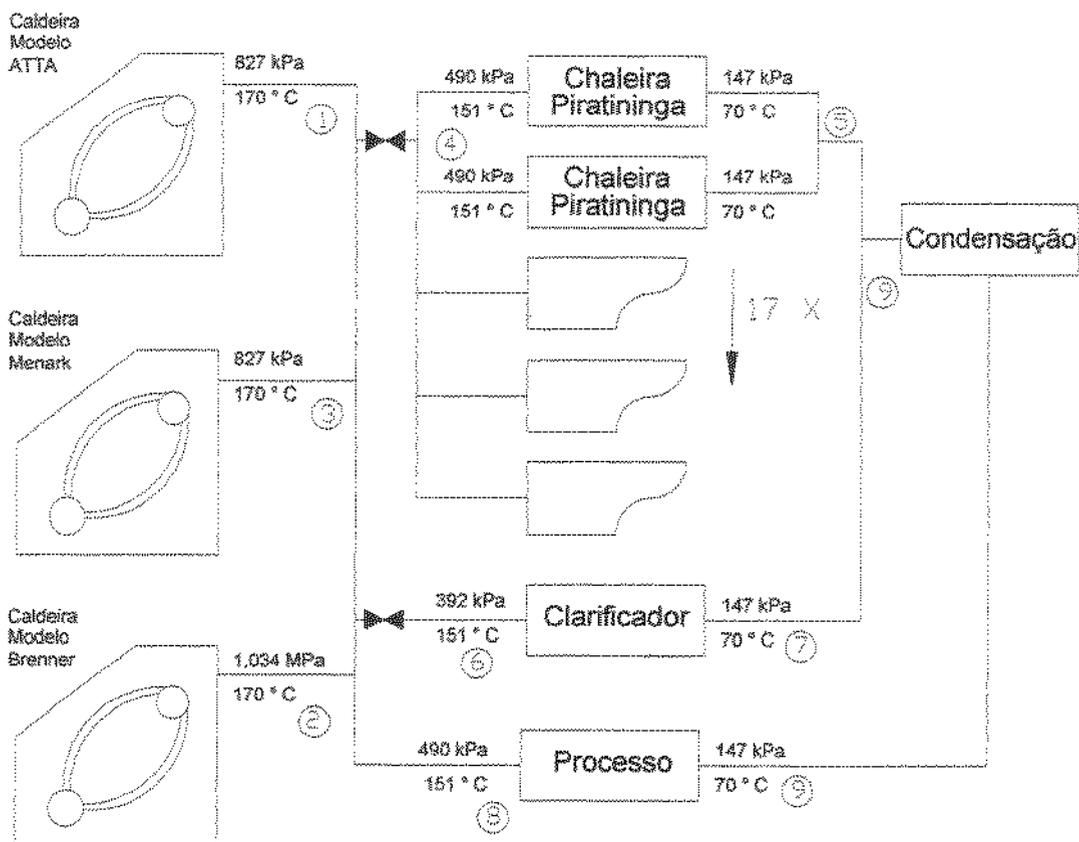


Figura 32: Desenho esquemático do fluxo de vapor da planta da Sabões Garoto S/A.

Com base nestas informações, compiladas no questionário que pode ser visto no Anexo 4, foi montado a Tabela 34 com os principais dados dos fluxos de vapor utilizados na Planta.

Tabela 34 : Possíveis condições do vapor para análise do ciclo Termodinâmico da Planta da Sabões Garoto.

Pto.	Estado do vapor <sup>1</sup>	Pressão [kPa]	Temp. [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg ° C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m3/kg]	U [kJ/kg]	
1	Líquido Saturado	827,37	171,8	727	2,06	5.000	0,001117	0,2	
	Vapor Saturado		171,8	2.770	6,65		0,2328	2.577,0	
	Água Subresfriada		170	730	2053		0,001134	729,1	
2	Líquido Saturado	1034,21	181,4	769	2,153	10.000	0,001129	769,0	
	Vapor Saturado				2.779		6,573	0,1882	2.584,0
3	Líquido Saturado	827,37	171,8	727,2	2,06	5000	0,001117	0,2328	
	Vapor Saturado		171,8	2770	6,65	0	0,2328	2577	
	Água Subresfriada		170	730	2053	0	0,001134	729,1	
4	Líquido Saturado	490,33	151,1	637	1853	17 X 100	0,001092	636,5	
	Vapor Saturado				2.747	66826	1.700	0,3814	2.560,0
5	Líquido Saturado	147,10	110	466	1,43	17 X 100	0,001053	465,5	
	Vapor Saturado			2.693	7,224	1.700	1,179	2.519,0	
	Lig Sub resfriado		70	296	0,9575	1.700	0,001026	295,7	
6	Líquido Saturado	392,26	142,9	601	1,769	100	0,001083	601,0	
	Vapor Saturado				2.737		6,901	0,4708	2.552,0
	Vapor Super aquecido			151	2.755		6,944	0,4708	2.566,0
7	Líquido Saturado	147,10	110	465,7	1,43	17 X 100	0,001053	465,5	
	Vapor Saturado		0	2693	7,224	1700	1,179	2519	
	Lig Sub resfriado		70	295,9	0,9575	1700	0,001026	295,7	
8	Líquido Saturado	490,33	151,1	637	1853	17 X 100	0,001092	636,5	
	Vapor Saturado			0	2747	66826	1700	0,3814	2560
9	Líquido Saturado	147,10	110	465,7	1,43	17 X 100	0,001053	465,5	
	Vapor Saturado		0	2693	7,224	1700	1,179	2519	
	Lig Sub resfriado		70	295,9	0,9575	1700	0,001026	295,7	

Nota: 1 - A área sombreada foi a condição considerada para análise

Com base nestes parâmetros foi possível estimar os fluxos de calor associados à produção do Óleo de Babaçu, como pode ser visto na Tabela 35 abaixo. Notar que existe uma diferenciação entre os consumo energético para Extração/Refino e extração somente. Neste caso, a extração envolve o aquecimento da massa nas chaleiras e o clarificador, e no caso do refino incluiria as demandas para o neutralizador e o desorizador.

Tabela 35 : Análise do consumo de calor para a extração de óleo na planta da Sabões Garoto S/A.

Parte do fluxograma	Vazão	Delta Entalpia	Fluxo Calor	Calor Específico
---------------------	-------	----------------	-------------	------------------

	[kg vap/h]	[kJ/kg]	[MJ/h]	[MJ/Ton Cast.]
1 para 9	5.000	2.474	12.371	5.366
2 para 9	10.000	2.483	24.831	10.771
3 para 9	5.000	2.474	12.371	5.366
Todas caldeiras	20.000	2.483	49.572	21.503
4 para 5	1.700	2.451	4.167	1.807
6 para 9	100	2.459	246	107
8 para 9	1.700	2.451	4.167	1.807
Total fábrica	20.000	2.483	49.572	21.503
Extração/ Refino de óleo	1.800	2.459	4.413	1.914
Extração de óleo	1.800	2.459	4.413	1.914

Com base nestes valores foi possível organizar as demandas de calor e potência como disposto na Tabela 36 (capacidade da Planta 55,33 ton. Cast./24 h, número de prensas: 17)

Tabela 36 : Resultado da análise do consumo de calor para a planta da Sabões Garoto S/A.

	Pressão Mínima [kPa]	Fluxo de Calor [MJ/h]	Demanda Elétrica [kW/ton. Bab.]	Consumo de Vapor [kg vap/ton Bab.]	Calor Específico [MJ/ ton Cast.]
Extr./Refino	490,33	1.875	6,067	781	1.914
Extração	490,33	1.875	6,135	781	1.914
Toda Planta	1.034,21	3.686	6,216	8.676	21.503

#### 6.4.3 Discussão

Para uma melhor compreensão dos dados apresentados, é necessário que possamos entender um pouco mais sobre a dinâmica de uma planta de processamento de óleo de Babaçu. Neste sentido é necessário observarmos com maior profundidade outros dados operacionais da planta, uma vez que o regime de trabalho não é constante ao longo do ano, variando em função da safra de Babaçu para a região em que a unidade esta inserida.

Para uma primeira análise, escolhemos lançar um olhar para o percentual de ociosidade, frente à capacidade de processamento instalada (60 toneladas de castanha a cada 24 horas para prensagem e 130 no processo SMET), consumo de combustível na caldeira e consumo de eletricidade da planta ao longo do ano, como pode ser visto na Tabela 37 e no gráfico da Figura 33.

Tabela 37 : Percentual de ociosidade e consumos de Eletricidade e Combustível para Caldeiras ao longo do ano, para a planta da Oleama S/A.

Grandezas	Mês
-----------	-----

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
% de ociosidade	10	50	50	60	60	60	40	40	30	10	10	10
Eletricidade [MWh/mês]	369	398	360	343	333	254	227	345	294	259	261	256
Óleo Comb. BPF [ton/mês] <sup>1</sup>	123,8	149,5	106,4	96,3	182,2	135,5	101,3	178,2	132,9	241,7	234,1	259,4

Nota: 1 - Óleo de Baixo ponto de Fluidez - Óleos pesados para caldeira, também conhecidos pela denominação Petrobrás de família A: A1 até A5. Poder calorífico considerado: 39.816,5 kJ/kg (Garcia e Bernardes, 1990).

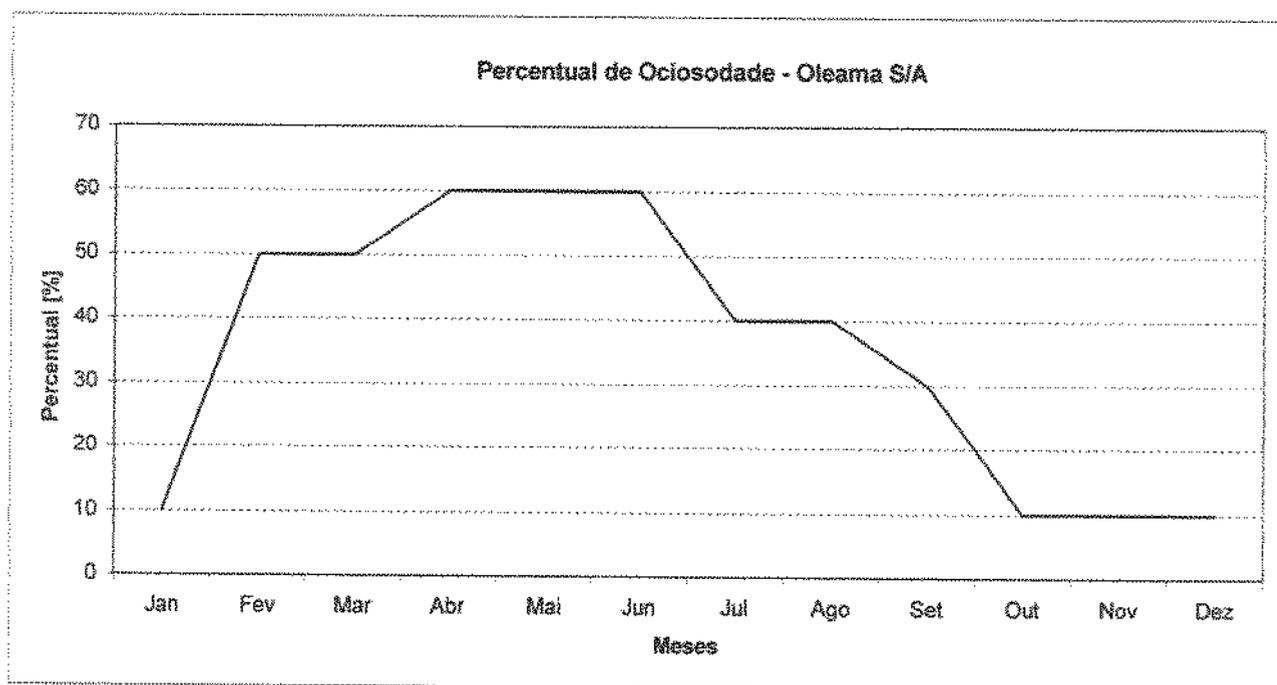


Figura 33: Percentual de ociosidade ao longo do ano na planta da Oleama S/A.

Por outro lado, podemos analisar os outros consumos específicos, da planta, tais como: consumo térmico e consumo de energia elétrica específica por tonelada de castanhas processadas/mês na planta, nos levando aos gráficos das figuras 34 e 35.

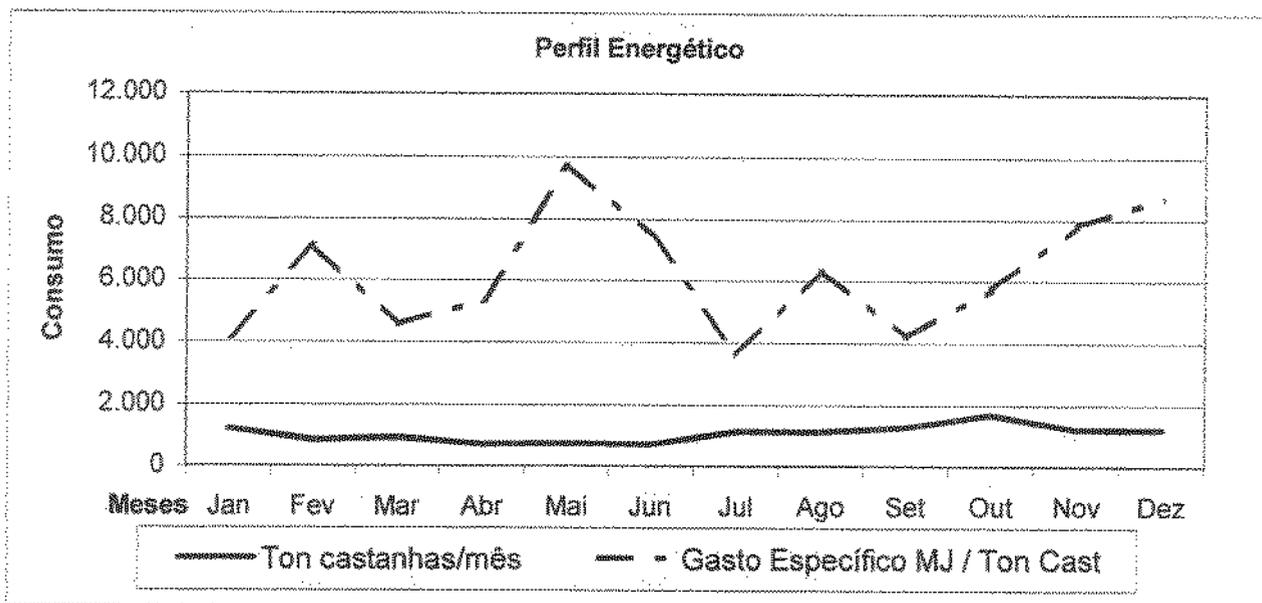


Figura 34: Correlação consumo de energia nas caldeiras com quantidade de Babaçu processado na planta da Oleama S/A, ao longo do ano.

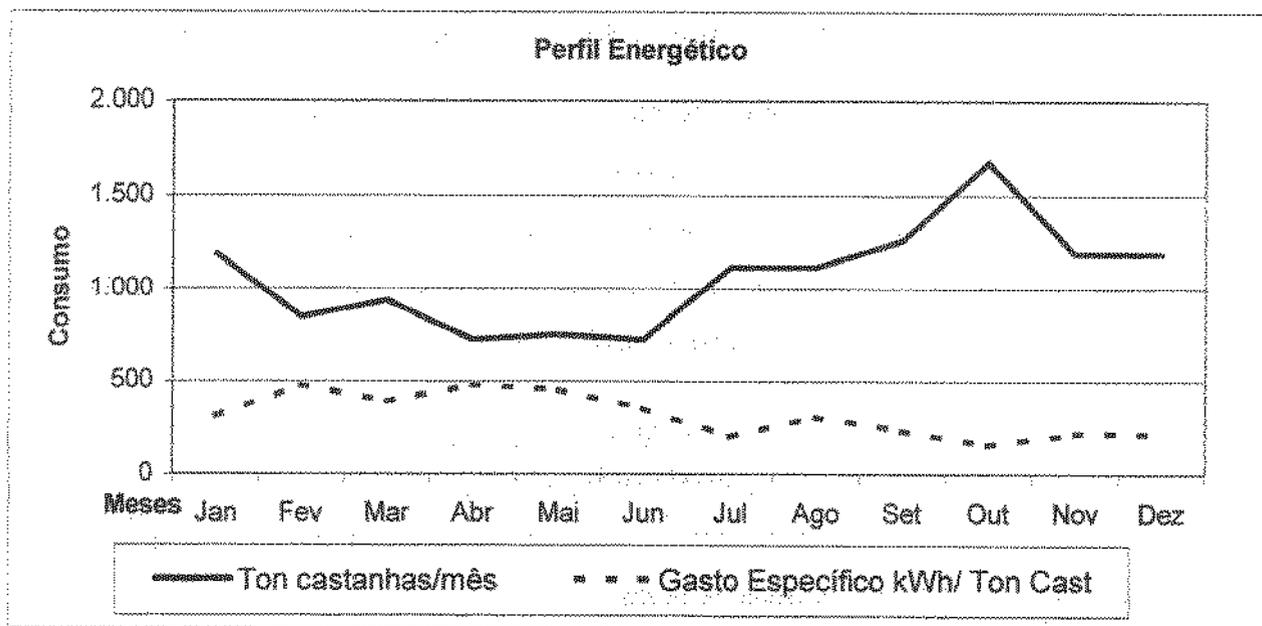


Figura 35: Consumo de energia elétrica específico ao longo do ano na planta da Oleama S/A.

Pela leitura dos gráficos, aparentemente não existe uma correlação entre consumos de energia elétrica com o volume de castanhas de Babaçu processado (ao menos em um nível significativo), como pode ser facilmente visualizado no gráfico da Figura 36, onde pode ser visto o consumo de energia elétrica ao longo do ano.

Já no caso da energia térmica, com o aumento do volume de castanha de Babaçu processado, ocorre um aumento no volume de combustível consumido, mantendo o consumo específico dentro

de uma certa faixa de variação, o que nos leva a sugerir que estejam relacionados.

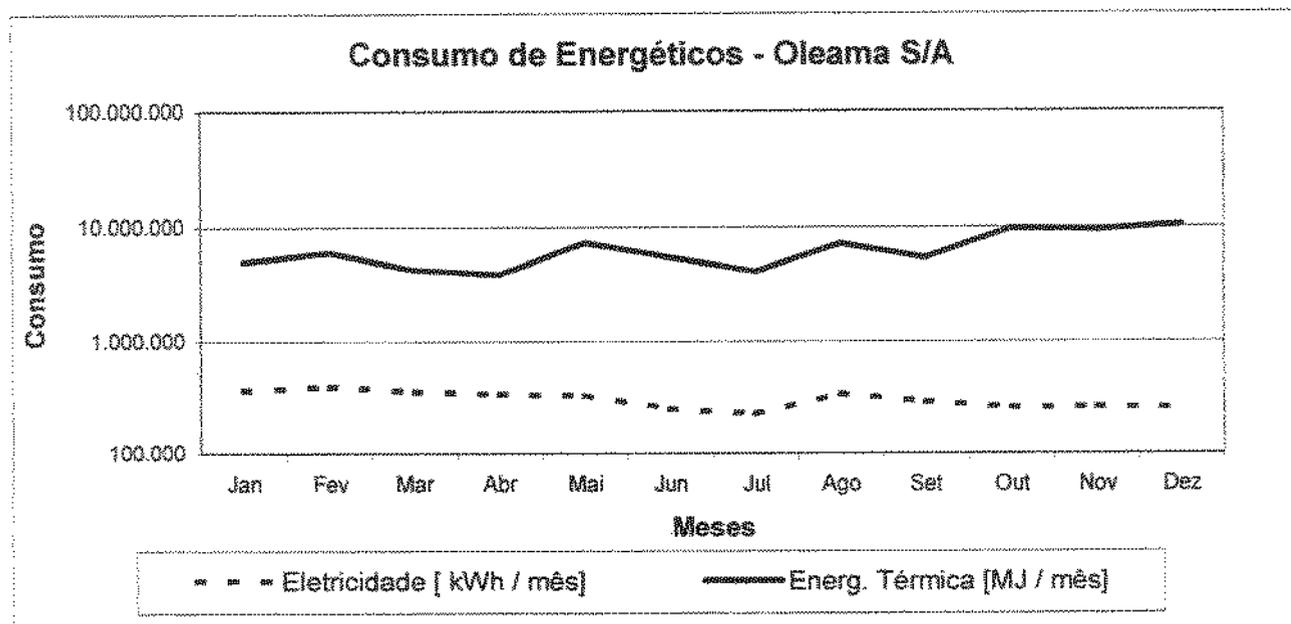


Figura 36: Consumo de energia térmica e elétrica ao longo do ano na planta da Oleama S/A.

Neste sentido claro que, para uma planta integrada de produção de óleo e seus produtos associados (sabão, sabonete, parafina, etc), a demanda de energia elétrica representada pelo processo de extração do óleo da castanha em si não é significativo dentro do perfil de consumo energético total da planta, o que não pode ser dito do consumo de energias térmica. No caso da Oleama, foram levantados os consumos energéticos mensais médios dispostos na Tabela 38.

Tabela 38 : Consumo energético mensal médio, Eletricidade e Combustível para Caldeiras, para a planta da Oleama S/A.

Índices	Média
Ociosidade [%]	35,8
Processamento médio [ton de castanha/24 horas]	22,58
Eletricidade [kWh/mês]	308.780
Óleo Combustível - BPF [ton/mês]	161,8
Energia Térmica [MJ/mês]	6.441.309
Gasto Específico [MJ/ton Cast.]	6.235

## 6.5 Comparação

Comparando os dados, é possível avaliar quais os parâmetros a serem adotados para a modelagem do sistema de cogeração, como pode ser acompanhado na Tabela 39.

Tabela 39 : Compilação dos dados de consumo de energia e condições de processo.

Planta	Capacidade da Planta [tonCast/24h]	Pressão Mínima [kPa]	Fluxo de Calor [MJ/h]	Demanda Elétrica [kW/ton Bab]	Consumo de Vapor [kg vap/ton Bab]	Calor Esp. [MJ/ ton Cast]	Nu. de Prensas
Novas							
Jaumac	15	588	2.002	175	1.280	3.202	1
Ercitec	15	981	2.019	84	1.280	3.231	2
Aboissa	18	490	1.496	124	800	1.995	5
média	16	686	1.839	128	1.120	2.809	3
Máximo	18	981	2.019	175	1.280	3.231	5
Mínimo	15	490	1.496	84	800	1.995	1
Oleama S/A							
Extração/Ref.	60	1.379	15.411	2,9	2.404	6.164	2
Só Extração	60	1.379	16,4	1,93	3,00	6,57	2
Toda Planta	60	1.379	50.354	2,9	7.600	20.142	2
Sabões Garoto S/A							
Extração/Ref.	55	490	1.875	6,1	781	1.914	17
Só Extração	55	490	1.875	6,1	781	1.914	17
Toda Planta	55	1.034	3.686	6,2	8.676	21.503	17
média	58	1.025	12.203	4	3.374	8.607	10
Máximo	60	1.379	50.354	6	8.676	21.503	17
Mínimo	55	490	16	2	3	7	2

## 6.6 Dados para Modelagem

De posse dos dados apresentados, foram levantadas as condições para modelagem do processo de cogeração para uma unidade de extração de óleo de Babaçu. Identificamos dois cenários básicos de nosso interesse para a simulação, um primeiro considerando somente uma unidade produtora de óleo refinado, sem subprodutos e um segundo modelo em que exista a produção de subprodutos, tais como sabão, parafina, etc.

Em ambos os dois cenários, o arranjo do ciclo de potência para geração de energia elétrica é o mesmo, operando com uma caldeira e uma turbina de extração condensação. A extração é feita para alimentar o processo e todo o restante da vazão levada a condensação, como pode ser visto na Figura 37.

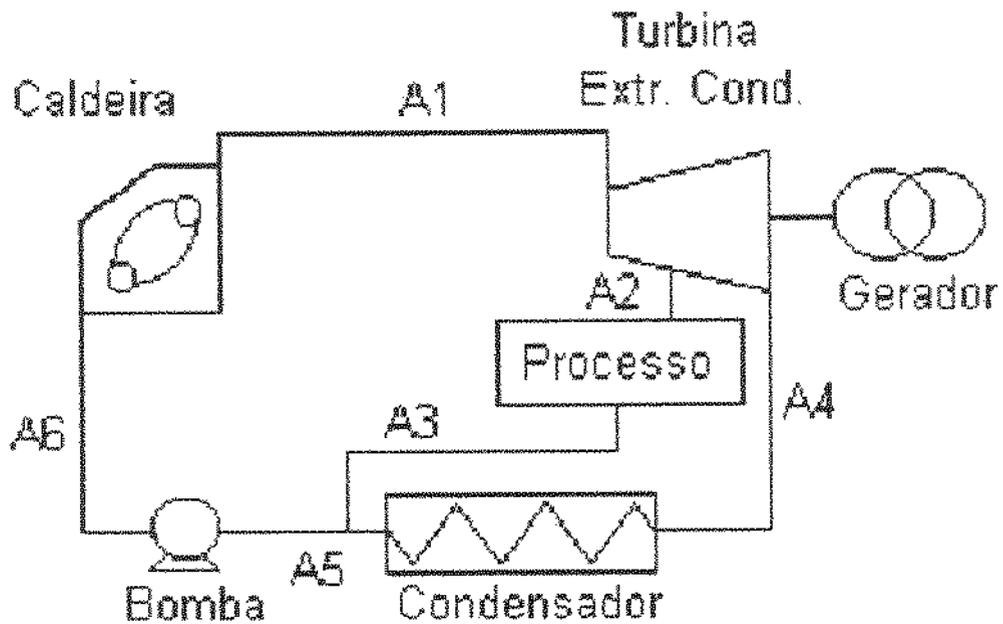


Figura 37: Esquema proposto pra operação de ciclo de potência à vapor para planta de processamento de castanha de Babaçu.

### 6.6.1 Descrição das instalações

Uma vez que os perfis das unidades de origem dos dados são diferentes, assim como o setor em si, de forma a poder estabelecer uma base para comparação dos dados reais fornecidos pelas indústrias, frente ao que se espera para a modelagem da planta, foi elaborado um fluxograma esquemático das instalações o qual pode ser visto na figura 38.

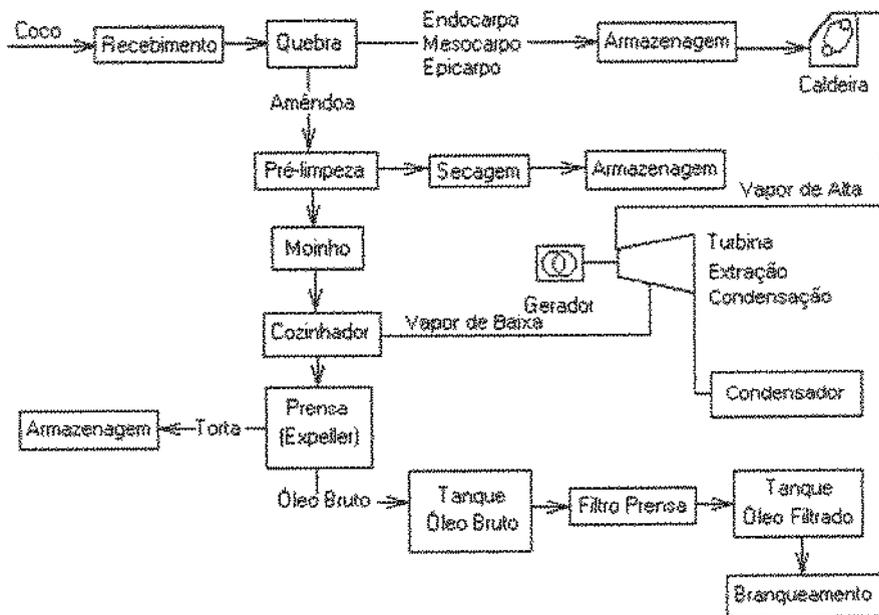


Figura 38: Desenho esquemático do sistema proposto (turbina de extração condensação).

Com base neste fluxograma, foi elaborada uma lista de equipamentos. Nesta lista, foram computados as potências de cada item, e o fator de uso, ou seja, qual fração do tempo é utilizado este item da planta frente ao tempo total de operação da unidade como um todo.

Esta lista tem como objetivo servir de base para um cálculo estimado do consumo de energia para a planta modelada, de forma a corroborar os índices de produção obtidos dos perfis das unidades produtoras. Estes dados estão compilados na Tabela 40.

Tabela 40 : Lista de equipamento de cada processo da planta, potência associada, fator de uso e consumo de energia estimado.

Fase do Processo	Quant.	Descrição do Equipamento	Potência [CV]	Fator de uso	Potência [kW]	Cons. Eletr. kW/h
Recebimento dos cocos	1	Moega		0,07	0,00	0
	1	rosca transportadora	2	0,07	1,49	60
	1	sistema de pré limpeza	1,5	0,07	1,12	45
Subtotal					2,61	104,44
Armazenagem dos cocos	2	Silo p/48h Matéria prima 1.375 m <sup>3</sup>		0,05	0,00	0
	2	Ventiladores	2	0,05	2,98	90
	2	Roscas transportadoras	1	0,05	1,49	45
Subtotal					4,48	134,28
Sistema de Quebra Pela e Separação-QPS	4	Peladora vertical	5	0,33	14,92	2.984
	4	Peladora separadora	0,25	0,33	0,75	149
	4	Moinho / ciclone / filtro de manga	0,25	0,33	0,75	149
	4	Centrífuga quebradora	3	0,33	8,95	1.790
Fora da unidade processadora	4	Separador por densidade	0,75	0,33	2,24	448
	4	Lavador	1	0,33	2,98	597
4 unidades Subtotal					30,59	6.117,20
Armazenamento dos produtos	6	Roscas transportadoras	1,5	0,05	6,71	201
	1	Silo p/ amido 36 horas, 241 m <sup>3</sup>		0,05	0,00	0
	1	silos p/ casca 24 horas, 198 m <sup>3</sup>		0,05	0,00	0
	1	Pátio p/ endocaro 24 h 1.500 m <sup>3</sup>		0,05	0,00	0
Subtotal					6,71	201,42
Pré Limpeza da amêndoa	1	Elevador de canecas (1 CV)	1	0,08	0,75	37
	1	Peneira de pré limpeza (7,5 CV)	7,5	0,08	5,60	280
Subtotal					6,34	317,05
Tratamento anti ranceificação & secagem	1	Célula de banho / limpeza e aquecimento		0,08	0,00	0
	1	Elevador de caneca	1,5	0,08	1,12	56
	1	Silo secador	2	0,08	1,49	75
	1	Trocador de calor ar - ar	0	0,08	0,00	0
	1	Ventilador	4	0,08	2,98	149
Subtotal					5,60	279,75

Armazenamento	1	Silo 20 m3 24 horas		1	0,00	0
	1	Rosca transportadora (1 CV)	1	1	0,75	448
		Subtotal			0,75	447,60
Moagem	2	Elevador de corrente (5 CV)	5	1	7,46	4.476
	2	Moinho de martelos Piratininga	25	1	37,30	22.380
		Subtotal			44,76	26.856,00
Cozinhador	1	Rosca transp. (1,5 CV)	1,5	0,3	1,12	201
	1	Elevador de canecas (1,5 CV)	1,5	0,3	1,12	201
	2	Rosca transp. (2 CV)	2	0,3	2,98	537
	2	Cozinhador Anderson	7,5	0,3	11,19	2.014
		Subtotal			16,41	2.954,16
Prensa	2	Prensa Anderson	50	0,375	74,60	16.785
	2	Elevador de corrente (5 CV)	5	0,375	7,46	1.679
		Subtotal			82,06	18.463,50
Tratamento da torta	1	Silo pulmão (3 m3)		0,333	0,00	0
	1	Rosca transp. (5 CV)	5	0,333	3,73	746
		Subtotal			3,73	746
Tratamento do óleo	1	Tanque de óleo de 1m3		0,333	0,00	0
	1	Trocador de calor		0,333	0,00	0
	1	Bomba de vácuo (10 CV)	10	0,333	7,46	1.492
	1	Filtro prensa 25 placas 630x630		0,333	0,00	0
	1	Tanque de piso 10 m3		0,333	0,00	0
	1	Branqueador 5 m3 /camisa de vap	7,5	0,333	5,60	1.119
	1	Capela terra		0,333	0,00	0
	4	Bombas de engrenagens de 2"	5	0,333	14,92	2.984
	Subtotal			27,98	5.595,00	
Caldeira	1	Referente ao perfil de geração		1	0,00	0
		Subtotal			0,00	0,00
Turbina	1	Extração condensação		1	0,00	0
	1	Unidade de condensação		1	0,00	0
		Subtotal			0,00	0,00
Gerador	1	Gerador compatível		1	0,00	0
		Subtotal			0,00	0,00
Sist. de Interlig. c/ rede	1	Adaptado à planta	0		0,00	0
		Subtotal			0,00	0,00
Utilidades	1	Compressor 15 CFM a 8,3 Bar, reservatório de 150 m3 (5 CV)	5	0,03	3,73	75
	1	Sist. de tub. da planta de óleo	0		0,00	0
	2	Tanque p/ óleo filtrado 30 m <sup>3</sup>		1	0,00	0
		Subtotal			3,73	74,60
Total			165,25		207,76	56.696,00

Dos dados compilados, é possível estimar as potências instaladas e o gasto de energia elétrica por tonelada de castanhas de babaçu processadas, conforme mostrado na Tabela 41.

Tabela 41 : Potência e gasto de energia elétrica específicos para a planta teórica.

Parte do processo	Potência específica [kW/ton Cast.]	Energia específica [kWh/ton Cast. Bab.]
Toda a Planta	0,28	67,44
Subtraindo - particularidades		
Recepção cocos	0,0035	0,14
Armazenagem cocos	0,0060	0,18
Sistema de quebra	0,0408	8,16
Limpeza Amêndoa	0,0085	0,42
Armazenagem produtos	0,0090	0,27
Tratamento anti-rancificação	0,0075	0,37
Subtotal	0,075	9,539
Planta tradicional de extração e refino	0,202	57,90

### 6.6.1.1 Sistema de Separação do Coco

Um dos itens de maior polêmica no processamento dos frutos do Babaçu, é o sistema de separação da castanha do endocarpo. Assim sendo foi dada uma especial atenção a este item, pois se entende que a adoção de um novo sistema de separação de castanha seja um item importante para a viabilização da cogeração com Babaçu, dada a necessidade de se obter os ganhos de escala necessários para a viabilidade da planta, não possíveis se adotado somente a quebra manual.

Um dos sistemas de separação encontrados na literatura é o desenvolvido pela Indústria Piratininga, com o seu esquema simplificado de funcionamento descrito na figura 39 abaixo.

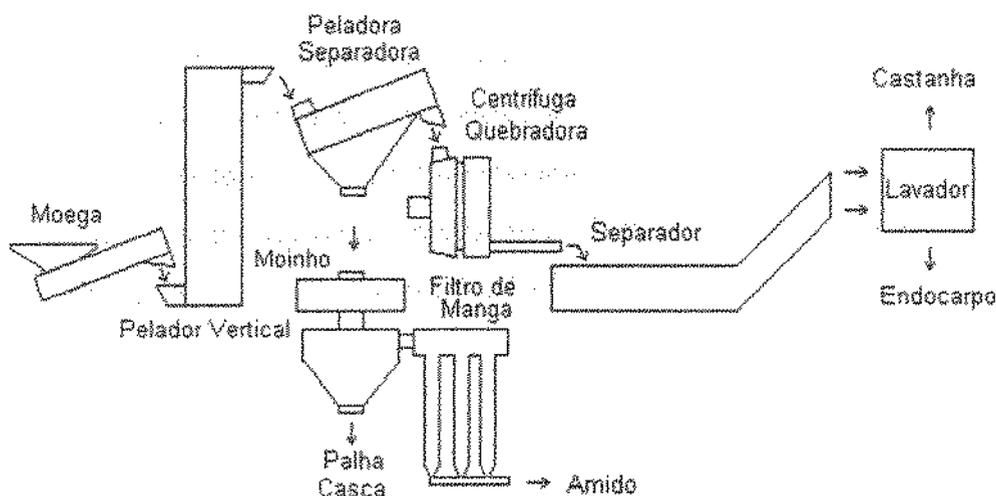


Figura 39: Sistema de quebra e despela preconizado pela Máquinas Piratininga S/A (Leme, 1981).

O sistema consiste de uma série de unidades, uma moega de recebimento, o coco passa por um pelador vertical (onde é separado epicarpo e o mesocarpo amiláceo de resto do coco), seguindo

para uma peladora/separadora que segrega a fração em pó do endocarpo, esta fração de material particulado segue para um moinho, onde é homogeneizada e as frações separadas em um ciclone e em um filtro de mangas.

O endocarpo e as castanhas seguem para uma centrífuga quebradora onde, por impacto, são separados o mesocarpo e a Castanha (em pedaços). Estes são separados no Separador por Densidade utilizando uma solução água-argila para fazer flutuar a Castanha e submergir o endocarpo.

Depois do separador, tanto o endocarpo quanto a Castanha são lavadas para recuperar a argila. Em função da quebra da Castanha, é necessário fazer um tratamento anti ranceficação das Castanhas fragmentadas, passando-as em um banho de água a 80° C de 2 a 5 minutos, desativando as enzimas de rancificação. Outra opção é sua utilização imediata após a separação.

Considerando-se a adoção destes sistema operacional, é necessário determinar as necessidades de calor, rendimento do sistema em termos de toneladas de cocos por hora, gasto de calor no desativador de enzimas e consumo energético dos motores utilizados.

Para este trabalho foi considerado o sistema de pela, quebra e separação - PQS, como proposto por Luiz Amaral para ser utilizado em conjunto com a proposta de coleta de frutos otimizada (Frazão, 2001). Este sistema tem como conceito sua instalação nos núcleos das comunidades de agricultores responsáveis pela coleta dos frutos.

O sistema utiliza um conjunto de equipamentos operados em regime de cooperativa pelos agricultores coletores, composto de um descascador que retira o epicarpo e mesocarpo, um quebrador que rompe o endocarpo para liberar as amêndoas, uma peneira que classifica o endocarpo pelo tamanho, e um separador hidráulico que separa o endocarpo fino das amêndoas. A capacidade instalada dos equipamentos de PQS é de 9 CV. A figura de dois dos equipamentos podem ser vistos nas figuras 40 e 41 .



Figura 40: Descascador p/coco de Babaçu (Frazão, 2001).



Figura 41: Quebrador de endocarpo de coco de Babaçu (Frazão, 2001).

Considerando este perfil de maquinário, a capacidade nominal instalada de processamento é de 500 kg de coco/hora, o que equivale a 4.000 kg de coco/dia considerando 8 horas de trabalho por dia. Durante o mês deverão ser beneficiadas cerca de 100.000 toneladas de coco, considerando-se que sejam trabalhados 25 dias.

Sendo instaladas próximas às áreas produtoras, o seu consumo energético não será considerado diretamente no desempenho da planta extratora, mas sim como parte do sistema produtivo. Considerando o fluxo de nossa unidade modelo, de 428 toneladas de cocos por mês, seria necessária a instalação de 4 a 5 unidades de processamento para atender à demanda.

Do ponto de vista de demanda energética, os dados das instalações estão reunidos na Tabela 42, perfazendo um total de 13.428 kWh/tonelada de castanha processada.

Tabela 42 : Dados de consumo energético de uma unidade sistema PQS (Frazão, 2001).

Equipamento	Potência [CV]	Consumo [kWh/ ton coco]
Pelador	5	7.460
Peneira	0,25	373
Quebrador	3	4.476
Bomba d'água	0,75	1.119
Total	9,00	13.428
Capacidade	100	[ton cocos/mês]
Horas trabalhadas	200	[horas mês]

A alimentação dessas unidades obedece ao conceito de eletrificação rural proposto pela Eletrobrás no seu programa Luz no Campo - Casa de Máquinas.

### 6.6.1.2 Parâmetros de operação da planta modelada

Voltando para a modelagem da unidade de extração e refino de óleo de Babaçu, objeto de estudo deste trabalho, para estimar a geração de calor, assim como consumo de energia térmica, foram considerados dois diferentes cenários, o primeiro referente a uma planta de extração e refino do óleo e uma outra mais verticalizada, com a produção de sabões, sabonetes, etc.

Para a modelagem foram utilizados os parâmetros abaixo relacionados:

1. Planta de Extração - Refino - Capacidade de processamento: 30 toneladas de castanhas por 24 horas, somente produzindo óleo refinado, sem produtos correlatos.
  - a. Parque turbogerador A - Turbina de Extração/Condensação, extração a 1,4 MPa, vazão máxima da extração - 2.000 kg vap/hora;
  - b. Demandas de processo pela planta: vapor de processo na pressão mínima de 1,4 MPa, demanda elétrica 78,3 kW/ton. Bab e consumo de calor específico 4.039,3 MJ/ ton Cast.
2. Planta de Extração com Produtos Associados - Capacidade de processamento: 30 toneladas de castanhas por 24 horas, com produção de itens associados, como sabão, sabonete, etc.
  - a. Parque turbogerador B - Turbina de Extração/Condensação, extração a 1,4 MPa, vazão máxima - 11.000 kg vap/hora;
  - b. Demandas de processo pela planta: vapor de processo na pressão mínima de 1,4 MPa, demanda elétrica 78,3 kW/ton. Bab e consumo de calor específico 20.822,4 MJ/ ton Cast.

Para a modelagem, foram considerados ainda que o vapor poderia ser gerado em 3 diferentes condições, como segue:

- A. Opção A - com o Vapor gerado a 2,06 MPa e 350 ° C - Caldeiras em uso pelo setor de cana-de-açúcar, já considerada tecnicamente obsoleta;
- B. Opção B - com o Vapor gerado a 4,56 MPa e 420 ° C - Considerado necessário para se atingir a auto-suficiência na planta de açúcar e álcool; e
- C. Opção C - com o Vapor gerado a 6,2 MPa e 450 ° C - Melhor opção para otimizar a produção de excedentes de energia elétrica.

Em todos os casos são consideradas alimentações com biomassa proveniente do beneficiamento do fruto do Babaçu tendo como base uma planta com capacidade para processar 30 toneladas de castanha de Babaçu por 24 horas. As características da biomassa podem ser vistas em Teixeira (2002). Desta forma resumimos as principais características do combustível como segue:

1. Epicarpo - material fibroso semelhante à bagaço de cana-de-açúcar, a vazão de 1.964 kg/h, poder calorífico inferior 20.239 kJ/kg (a 11% Umidade); e
2. Mesocarpo - material lenhoso, vazão de 10.535 kg/h, poder calorífico inferior 21.179 kJ/kg (12 % Umidade).

Em termos de parâmetro operacional, foi adotado uma eficiência líquida de 70% (Cortez & Lora, 1997, pg 136), referente ao uso de uma caldeira com 2 balões convectivos e grelha basculante.

## 6.7 Cogeração com Babaçu

### 6.7.1 Modelagem

Definido o perfil dos equipamentos, é possível passar à etapa de modelagem do ciclo de vapor para cada configuração, cujos resultados podem ser vistos nas Tabelas 43 a 55.

Tabela 43 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira A e Turbina A.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	2.060	350	3.135,00	6,94	55.156	0,1343	2.858,0
A2	1.400	240	2.902,00	6,94	5.181	0,1596	2.679,0
A3	147	110	465,70	1,43	5.181	0,0011	465,50
A4	147	110	2.584,78	6,94	49.974	1,1296	2.418,22
A4 Vap Sat.	147	110	2.693,00	7,22	-	1,1800	2.519,0
A4 Água Subresfr.	7,09	38	159,70	0,58	-	0,0010	159,7
A5	147	110	465,70	1,43	55.156	0,0011	465,5
A6	2.060	110	465,80	1,42	55.156	0,0011	463,6

Tabela 44 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira A e Turbina A.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	40,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	5.181,1	[kg vap/h]
Turbina		
Titulo calculado	95,73%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	6.378,6	[kW]
Potência bomba	1,53	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	6.279,1	[kW]
Eficiência de conversão	13,44	[%]

Tabela 45 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira B e Turbina A.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	4.560	420,00	3.250,00	6,77	52.923	0,0662	2.948,0
A2	1.400	240	2.902	6,77	5.181	0,1596	2.679
A3	7	110	465,70	1,43	5.181	0,0011	465,50
A4	7	38	2.518,48	0,58	47.742	1,0988	2.356,47
A5	147	110	465,70	1,43	52.923	0,0011	465,5
A6	4.560	110	468,20	1,43	52.923	0,0010	463,4

Tabela 46 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira B e Turbina A.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	40,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	5.181,1	[kg vap/h]
Turbina		
Titulo calculado	93,11%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	8.161,5	[kW]
Potência bomba	36,75	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	8.026,8	[kW]
Eficiência de conversão	17,17	[%]

Tabela 47 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira C e Turbina A.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	6.200	450	3.298,00	6,70	51.981	0,05029	2.986,0
A2	1.400	240	2.902	6,70	5.181	0,1596	2.679
A3	147	110	465,70	1,43	5.181	0,0011	465,50
A4	7	38	2.493,34	0,58	46.800	1,0871	2.333,05
A5	147	110	465,70	1,43	51.981	0,001053	465,5
A6	6.200	110	465,80	1,42	51.981	0,001048	459,3

Tabela 48 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira C e Turbina A.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	40,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	5.181,1	[kg vap/h]
Turbina		
Titulo calculado	92,12%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	8.824,5	[kW]
Potência bomba	1,44	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	8.725,0	[kW]
Eficiência de conversão	18,67	[%]

Tabela 49 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira A e Turbina B.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	2.060	350	3.135	6,94	55.156	0,1343	2.858
A2	1.400	240	2.902	6,94	11.870	0,1596	2.679
A3	1.400	110	465,7	1,43	11.870	0,0011	466
A4	7,09	38	2.585	6,94	43.285	1,1296	2.418
A5	1.400	110	465,7	1,43	55.156	0,0011	466
A6	2.060	110	465,8	1,42	55.156	0,0011	464

Tabela 50 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira A e Turbina B.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	90,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	11.870,48	[kg vap/h]
Turbina		
Titulo calculado	95,73%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	5.907,1	[kW]
Potência bomba	1,53	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	5.807,6	[kW]
Eficiência de conversão	12,43	[%]

Tabela 51 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira B e Turbina B.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	4.560	420	3.250	6,77	52.923	0,0662	2.948
A2	1.400	240	2.902	6,77	11.870	0,1596	2.679
A3	147	110	465,7	1,43	11.870	0,0011	466
A4	7	38	2.518	6,77	41.053	1,0988	2.356
A5	147	110	465,7	1,43	52.923	0,0011	466
A6	4.560	110	468,2	1,43	52.923	0,0010	463

Tabela 52 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira B e Turbina B.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	90,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	11.870,48	[kg vap/h]
Turbina		
Título calculado	93,11%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	7.591,4	[kW]
Potência bomba	36,75	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	7.456,7	[kW]
Eficiência de conversão	15,95	[%]

Tabela 53 : Dados da modelagem para o cenário Caldeira C e Turbina B.

Ponto do ciclo	Pressão [kPa]	Temperatura [°C]	Entalpia [kJ/kg]	Entropia [kJ/kg °C]	Vazão [kg vap/h]	Vol Esp. [m <sup>3</sup> /kg]	U [kJ/kg]
A1	6.200	450	3.298	6,70	51.981	0,0503	2.986
A2	1.400	240	2.902	6,70	11.870	0,1596	2.679
A3	147	110	465,7	1,43	11.870	0,0011	466
A4	7	38	2.493	6,70	40.111	1,0871	2.333
A5	147	110	465,7	1,43	51.981	0,0011	466
A6	6.200	110	465,8	1,42	51.981	0,0010	459

Tabela 54 : Resumo dos dados para o cenário Caldeira C e Turbina B.

Uso de vapor na Planta		
Eficiência de uso do vapor na planta	90,00%	[%]
Fluxo de vapor para processo	11.870,48	[kg vap/h]
Turbina		
Título calculado	92,12%	[%]
Eficiência Turbina	80,00%	[%]
Cálculo da Potência líquida		
Potência turbina	8.217,0	[kW]
Potência bomba	1,44	[kW]
Potência instalada na Planta	97,99	[kW]
Potência Líquida p/ ger. de excedentes	8.117,5	[kW]
Eficiência de conversão	17,37	[%]

Tabela 55 : Resumo das potências estimadas para as diferentes configurações.

Caldeira	Potência [MW]	
	Turbina A - Somente Extração/Refino	Turbina B - Com produtos Associados
A - Vapor gerado a 2,06 MPa e 350 ° C	6,3	5,8
B - Vapor gerado a 4,56 MPa e 420 ° C	8,0	7,5
C - Vapor gerado a 6,2 MPa e 450 ° C	8,7	8,1

## 6.7.2 Cálculo do potencial

Assim como a cana-de-açúcar, o Babaçu também é uma fonte de biomassa que apresenta um período definido de disponibilidade durante a safra, de forma que o potencial disponível é na verdade um reflexo dos hábitos silviculturais das práticas de coleta dos frutos.

Esta sazonalidade é uma característica do sistema fornecedor de matéria prima, com reflexos diretos dos hábitos e práticas do sistema silvicultural que serve de base para o sistema de coleta e quebra dos cocos que assim disponibilizam as castanhas para o sistema produtivo industrial.

Na base deste sistema esta uma grande população de agricultores de baixa renda, principalmente mulheres, responsáveis pela coleta, quebra e reparação da castanha. Esta atividade está intrinsecamente ligada ao calendário agrícola, sofrendo sazonalidades e assim, a baixa disponibilidade de matéria prima, mesmo durante a safra, é uma realidade.

Com base nos dados coletados, assim como edafoclimatologia das principais regiões produtoras, foi elaborado uma estimativa de matéria prima ao longo do ano para conferir uma distribuição temporal aos dados de disponibilidade (Cenários A, B e C), como segue na Tabela 56.

Tabela 56 : Resumo da disponibilidade de matéria prima ao longo do ano para a indústria de extração de óleo de Babaçu.

	Disponibilidade Matéria Prima mensal [%] & [1000 ton cast/mês]												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Cenário	11,7	6,5	6,5	5,	5,2	5,2	7,8	7,8	9,1	11,7	11,7	11,7	100 %
A	13,6	7,5	7,5	6,1	6,1	6,1	9,1	9,1	10,6	13,6	13,6	13,6	116
B	34,1	18,9	18,9	15,2	15,2	15,2	22,7	22,7	26,5	34,1	34,1	34,1	292
C	86,6	4,1	48,1	38,5	38,5	38,5	57,7	57,7	67,4	86,6	86,6	86,6	741

Nota: Área sombreada faz referência à época de safra do Babaçu, e os meses em negrito aos picos de trabalhos dos agricultores nas atividades de quebra.

Com base nesta distribuição, assim como no potencial de geração apontados em cada uma das configurações, foi possível estimar o potencial de geração de energia, para os diferentes cenários, como pode ser visto na Tabela 57.

Tabela 57 : Resumo das potências estimadas para as diferentes Configurações/Cenários.

<b>Cenário A</b>	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	81,55	104,25	113,32
Turbina B	75,43	96,84	105,43
Máximo	113	Mínimo	75
<b>Cenário B</b>	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	203,88	260,62	283,29
Turbina B	188,57	242,11	263,57
Máximo	283	Mínimo	189
<b>Cenário C</b>	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	517,27	661,24	718,76
Turbina B	478,42	614,27	668,71
Máximo	719	Mínimo	478

## 6.8 Custos

Como proposto pela metodologia, foram consultados preços para fornecimento junto à diferentes fornecedores de equipamentos no Brasil, cujos valores aproximados para os diferentes equipamentos propostos foram agrupados nas Tabelas 58 a 62.

Tabela 58: Custo das Turbinas, fornecedor Dresser-Rand <sup>18</sup>.

Condição	Custo das Turbinas [R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	2.816.100	3.007.200	3.132.150
Turbina B	2.728.950	2.928.450	3.078.600

Tabela 59: Custo das Turbinas, fornecedor TGM - Engeturb <sup>19</sup>.

Condição	Custo das Turbinas [R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	4.620.000	4.620.000	4.620.000
Turbina B	4.620.000	4.620.000	4.620.000

Tabela 60: Custo dos geradores, fornecedor Dresser-Rand.

Condição	Custo do Gerador [R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	1.008.000	1.281.000	1.386.000
Turbina B	840.000	1.071.000	1.281.000

<sup>18</sup> DRESSER-RAND - Engeturb, sob os auspícios do Sr. Sílvio Bottino. WWW.dresser-rand.com, E-mail: Silvio\_botino@dresser-rand.com - Tel: 019 - 3728 8605 - Fax: 019 - 3227 8200.

<sup>19</sup> TGM Turbinas Ind. E Com. Ltda. Rod. Armando de Salles Oliveira, km 4,8 - Sertãozinho/SP - Tel: 016 - 645 2600 - Fax: 016 - 645 8276 - E-mail: vendas@tgmturbinas.com.br.

Tabela 61: Custo dos geradores, fornecedor WEG <sup>20</sup>.

Condição	Custo do Gerador [R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	991.515	991.515	991.515
Turbina B	1.186.710	1.186.710	1.186.710

Tabela 62: Custo das Caldeiras fornecedor Dedini <sup>21</sup>

Custo [R\$]	Custo das Caldeiras [R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
	5.400.000	6.300.000	7.100.000

Com base nas condições de contorno propostas para a análise de viabilidade econômica, foram obtidos os resultados mostrados nas Tabelas 63 a 66.

Tabela 63 : Valores dos investimentos totais para as 6 configurações propostas.

Configuração	Custo total do Investimento [1000 R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	11.868	13.623	14.948
Turbina B	11.539	13.251	14.744
Máximo	14.948	Mínimo	11.539

Tabela 64 : Valores da Taxa Interna de Retorno - TIR para as 6 configurações propostas.

Configuração	Mapeamento da TIR		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	14,44 %	16,90 %	16,44 %
Turbina B	13,50 %	13,64 %	15,28 %
Máximo	16,90 %	Mínimo	13,50 %

Tabela 65 : Distribuição do Valor Presente Líquido para as 6 configurações propostas.

Configuração	Valor Presente Líquido [1000 R\$]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	3.790	6.800	6.959
Turbina B	2.882	3.869	5.612
Máximo	6.959	Mínimo	2.882

Tabela 66 : Custo do kW instalado para as 6 configurações propostas.

Configuração	Custo do kW Instalado [R\$/kW]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Turbina A	2.096	1.882	1.900
Turbina B	2.204	1.971	2.014
Máximo	2.204	Mínimo	1.882

<sup>20</sup> WEG Indústrias S/A - Div. Máquinas Av. Waldemar Grubba, 3000 - Jaraguá do Sul - SC /- 89256-900 - Tel: 047 - 372 - 4658 - Fax: 047 - 372 4030 - E-mail: casiano@weg.com.br.

<sup>21</sup> Dedini Caldeiras, sob os auspícios do Sr. Edgard de Godoy - Tel: 016 - 645 3111 - edgard.godoy@dedini.com.br.

## 6.9 O Mercado de Babaçu

O objetivo desta parte do trabalho é fazer um estudo da situação do mercado de óleo de Babaçu no Brasil, na medida em que a palmeira de Babaçu sempre foi um recurso natural intensivamente utilizado pelos habitantes das regiões Norte e Nordeste (em especial nos estados do Maranhão e Piauí), de forma que os moradores das áreas rurais próximas dos Babaçuais passaram a aproveitar todos os componentes da planta: folhas para cobertura, tronco para construção, frutos para fornecer amido, óleo, lenha, etc (Vivacqua Filho, 1968).

Ainda que o óleo represente somente uma pequena fração do peso do fruto, a única indústria relacionada a esta palmeira que se estabeleceu nessas regiões foi a de extração do óleo, voltada para a obtenção de óleo Láurico com fins de exportação para fora dos estados produtores, quer seja para indústrias de alimentos ou de cosméticos.

Historicamente a indústria de extração de óleo se estabeleceu em regime de uso auto-sustentado de 1911 a 1915, com as primeiras exportações para a Alemanha, durante a Primeira Guerra Mundial (Amaral Filho, 1990). A partir deste momento, as castanhas passaram a ter um valor comercial, alimentando o crescimento de uma estrutura de comercialização que acompanhava a expansão da fronteira agrícola do algodão (dado que a palmeira de Babaçu é uma cultura sucessional - primeira a surgir após a retirada da cobertura original - e o desmatamento favorece o aparecimento de Babaçuais).

O complexo de comercialização das castanhas de Babaçu para fora dos estados produtores continuou crescendo até os anos 50, quando filiais das grandes empresas do Sul do país se instalaram na região, consolidando-se nos anos 60, como uma forma de responder à necessidade de redução dos custos de transporte de matéria-prima até as indústrias de refino, as quais permaneceram nas regiões de origem (Amaral Filho, 1990).

De lá para cá se sucedeu uma série lenta, porém, inexorável, de mudanças no mercado de óleo, que levou ao colapso do modelo de exploração/industrialização do óleo vigente até então. Segundo informações de Pick (1985) estas mudanças estão relacionadas com:

1. Utilização de detergentes industriais no lugar de sabões;

2. Mudanças na paisagem urbana e rural, com a introdução de culturas mecanizadas e pecuária (incompatíveis com a presença dos Babaçuais);
3. Mudanças nos hábitos dos mercados consumidores do Sul do País, pois a população passou a adotar óleos mais leves (milho e soja) no lugar dos óleos de coco; e
4. A política energética nacional se voltou para o uso do álcool combustível a partir da cana-de-açúcar.

Ao longo do tempo, muitas foram as tentativas de implementar a chamada Indústria de Aproveitamento Integral do Babaçu, infelizmente, sem muito sucesso. A maioria dessas tentativas se concentrou nos anos 70, como uma forma de encontrar um substituto do petróleo durante as crises mundiais, dentre elas:

1. Petroleum Eng. - Planta em Coratá - MA, que tinha como objetivo produzir Coque e hidrocarbonetos - 1974. Proposta de grupo da United Fruits Company, desenvolvido pela Harvard Business School;
2. Projeto CIT/EIB - Companhia Industrial Técnica - Empresa Técnica de Bacabal - Bacabal - MA, que tinha como objetivo a extração de óleo, assim como produção e revenda do carvão do Babaçu - 1978 a 1982. Como causa apontada para o fechamento, foi apontado o problema de manuseio e transporte de material para a planta; e
3. Projeto Agrima - Sistema que incorporava centro de coleta para garantir suprimentos ao longo do ano. Foi montada inclusive uma planta piloto. Da experiência acumulada foi estimada a necessidade de atingir escala de 7500 a 2000 mega toneladas de frutos processados por ano para tornar a planta viável, o que não foi possível conseguir - 1972 a 1981;

Analisando essas diferentes tentativas, Pick (1985) coloca que as principais razões para os malogros foram: mau gerenciamento (uma vez que a principal motivação vinha de financiamentos governamentais), falta de comprovada tecnologia apropriada para armazenagem, carvoejamento, etc (excluindo-se extração do óleo e quebra e separação do coco, que foi razoavelmente resolvida) e falta de capital (com o fim dos subsídios governamentais, os promotores não conseguiram adesão de líderes e investidores).

Ainda subsistindo às mudanças que solaparam a base do modelo em que se desenvolveram ao longo do tempo, as indústrias de extração de óleo no Nordeste do Brasil, em termos atuais, possuem ainda as seguintes características principais, como colocado por Brito (1984):

1. Possuem problemas graves de fornecimento de matéria-prima, que dependem fortemente do comportamento dos pequenos produtores rurais e suas unidades familiares para a coleta e processamento dos frutos;
2. Como uma forma de responder à crise de abastecimento de matéria-prima, muitas das indústrias de extração passaram a trabalhar com outras culturas, como algodão, amendoim, oiticica, etc;
3. Falta de tecnologia adequada para a quebra e separação das castanhas;
4. Em relação ao capital: 85% têm capital local; 8,5% de outros estados e 6% estrangeiro;
5. No tocante ao pessoal empregado: 68,2% têm até 100 pessoas trabalhando, 15,3% de 100 a 250 e somente 16,5% de 250 a 1000 pessoas;
6. O pagamento para compra das castanhas é antecipado em 88,2% da produção (a maior parte do lucro fica com os agentes comerciais), 9,8% no ato da entrega e somente 2% após 20 dias. Esta é uma das causas da falta de capital nas unidades processadoras;
7. Como resultado das características do sistema de fornecimento de matéria-prima, o setor utiliza somente 53% da sua capacidade instalada, proporcional ao tamanho da unidade. Quanto maior, menor a ociosidade do equipamento, sendo 20% de ociosidade um número médio aceito pelo mercado.

Uma outra mudança de cenário no mercado de Babaçu foi a abertura de novas oportunidades, como o desenvolvimento do pólo metalúrgico de Carajás (para venda de carvão vegetal), assim como o aparecimento de compradores internacionais interessados em um produto que não cause danos ao Meio Ambiente (Grupo PENSA, 2000).

O setor não tem tido, já há algum tempo, a mesma importância que outrora no panorama econômico nacional, ou mesmo estadual. A sua real relevância está no aspecto social. Na base do setor temos mais de 450 mil famílias de pequenos produtores rurais (Pick et. al., 1985), sendo que a coleta, quebra e separação da castanha são algumas das atividades econômicas mais importantes para esta parcela da sociedade (Cunha, 1979). Vale ressaltar que, para essas famílias, sempre houve um aproveitamento integral do fruto (indicada como a única forma de revitalização do setor industrial),

uma vez que a palmeira é fonte de comida, energia, moradia e medicamentos.

Neste sentido, este trabalho procurou traçar o perfil do atual sistema de extração de óleo de Babaçu no Brasil, assim como sua estrutura produtiva, visando buscar subsídios para a tentativa de construção de uma base para o início de um trabalho junto aos diferentes agentes envolvidos ("stakeholders" associados nas mais diferentes áreas: social, industrial, política econômica, etc), para elaboração conjunta de uma agenda de ações voltada para a revitalização do setor.

#### 6.9.1 Modelo de Exploração da Palmeira de Babaçu

O atual modelo produtivo usado no sistema de exploração do Babaçu não tem mais relação com as atuais condições do mercado, estando numa situação descrita como insustentável a curto ou médio prazo. O mercado sofreu pequenos, porém, irreversíveis mudanças em resposta a novos determinantes, tanto tecnológicos como comportamentais na preferência do consumidor final. Assim, o modelo produtivo atual não é mais capaz de responder a este novo mercado.

Analisando as tentativas anteriores de revitalização do setor, a maioria levada a cabo no âmbito industrial, fica óbvia a insistência no modelo de Industrialização Integral do Fruto, o qual já se mostrou inútil, na medida em que é necessário que se faça uma reconfiguração de todo o sistema de forma a incorporar as mudanças do mercado.

Mesmo com grandes investimentos de capital federal nas indústrias e nas atividades de investigação, assim como a relevância do setor na economia local, a cultura de Babaçu nunca teve um sistema de pesquisa e desenvolvimento atuante, confiável, produtivo e tampouco capaz de garantir a manutenção do seu capital humano, além de sofrer uma crônica indefinição de linhas de pesquisa (Carvalho, 1998).

Assim sendo, fica clara a inutilidade das ferramentas de mercado nas tentativas de adequação do setor às novas condições, fazendo-se necessário o uso de outras ferramentas na busca por novas soluções (Grupo PENSA, 2000).

A maioria, para não dizer todas as tentativas de reformulação do setor nos últimos 50 anos não tiveram consideração alguma para com os problemas sociais que as mudanças tecnológicas poderiam causar na população local, a exemplo dos projetos de Industrialização Total dos anos 70

(Pick, 1985).

Deste modo, a única forma de readequação do sistema deve obrigatoriamente considerar a reformulação da cadeia de fornecimento de matéria-prima.

Analisando o atual modelo de mercado empregado no aproveitamento do Babaçu fica claro que qualquer novo modelo de exploração deste recurso natural deve incluir, por parte do sistema produtivo como um todo, um nova visão do setor agrário, passando a vê-lo como um sistema integrado de produção de alimentos e moradia, com uma alta dependência do nível de comprometimento de famílias de pequenos produtores rurais (principalmente mulheres), responsáveis pela coleta e processamento do fruto.

Este novo modelo deverá iniciar as mudanças por aquela que é a etapa mais crítica do processo, o fornecimento e transporte de matéria-prima até as plantas processadoras (Grupo PENSA, 2000). É importante considerar toda a cadeia de trabalho da extração silvicultural executada por essas famílias de trabalhadores rurais, mantendo em mente a necessidade de evitar danos à estrutura social, uma vez que a única justificativa para a continuidade do modelo produtivo atual vem da necessidade de manter produtivas economicamente as pessoas que dependem diretamente da exploração do Babaçu, evitando o risco de grandes danos à estrutura social da região.

Apesar das atuais mudanças e a modificação nas relações de trabalho, a mesma produção per capita vem se mantendo, incluindo: falta de acesso à terra, dependência financeira e aumento do número absoluto de pessoas envolvidas no sistema (Pick, 1985).

Mesmo com uma grande quantidade de estudos enfocados no aproveitamento integral do fruto, dado seu incontestável potencial energético, alimentar e olerífico, quase nenhuma das soluções apresentadas procuraram analisar novas cadeias de fornecimento, mantendo o foco no setor industrial, muitas vezes envolvendo grupos de empresários interessados no uso de verbas federais, sem qualquer relação com as áreas produtoras de Babaçu.

Assim sendo, uma nova visão do setor produtivo deve considerar os potenciais da cultura frente às condições do mercado e da tecnologia (em um segundo nível). Ou seja, a única forma possível de revitalização do setor é garantir a disponibilidade, estabilidade, qualidade e continuidade da cadeia de fornecimento de matéria-prima. Desta forma será factível reduzir o risco associado ao

uso desta biomassa, tornando possível a entrada do capital privado no sistema produtivo, assegurando a continuidade desta atividade de grande importância para a região (Grupo PENSA, 2000).

Este novo enfoque também deve propor soluções para problemas como posse da terra e de sua produção, pois 88% dos produtores de castanhas de Babaçu não são proprietários da terra (Cunha, 1979).

Também é sabido que um modelo que incorpore o conceito de Industrialização Total não resulta em melhorias sociais, como comprovado no estudo de Cunha (1979), realizado nas áreas onde foram implantados projetos industriais de aproveitamento integral do fruto.

Um dos modelos aplicáveis a este tipo de situação é o Sistema Integrado de Produção de Alimentos e Energia, para o qual é necessário garantir as seguintes condições abaixo (Ennes, 1984):

1. Políticas governamentais bem definidas;
2. Infra-estrutura industrial;
3. Mercado;
4. Recursos humanos;
5. Identificação das condições básicas de suporte à produção, como transporte e serviços de manutenção; e
6. Estudos da relação custo benefício que englobe as áreas social e econômica.

Para a implementação das mudanças necessárias para aumentar a viabilidade do potencial desta cultura é necessário optar por um método que considere a diversidade cultural e as condições locais.

## Capítulo 7

### Discussão

#### 7.1 Disponibilidade

Tomando como base os dados da Matriz Energética Nacional - BEN 2000 (MME, 1999) - e fazendo uma média da produção de biomassa no território nacional para os 3 últimos anos, é possível realizar uma análise comparativa com os volumes de disponibilidade de biomassa de Babaçu obtidos para cada um dos 3 cenários pesquisados. Os resultados desta comparação podem ser vistos na Tabela 67.

Nesta comparação, chega-se à conclusão de que o volume de biomassa de Babaçu pouco tem a acrescentar à Matriz Energética nacional, não sendo capaz de incrementar a produção total anual de biomassa, em toneladas por ano, nem mesmo em 5%.

Tabela 67: Comparação entre potencial de produção de biomassa de Babaçu e demais fontes de biomassas energéticas presentes na Matriz Energética Brasileira.

Produto	Toneladas/ano	Percentual do total [%]
Babaçu		
Cenário A	1.168.880	0,8
Cenário B	2.922.200	1,9
Cenário C	7.414.093	4,8
Lenha *	69.332.333	45,8
Bagaço de Cana *	82.177.667	54,2

\* Fonte: MME, 1999

Entretanto, é conveniente lembrar que a grande maioria desta biomassa - Cana de Açúcar e Lenha - se concentra na região Sudeste, nos estados de Minas - lenha - e São Paulo e, em oposição, o

potencial do Babaçu se concentra nos estados do Norte/Nordeste (Maranhão, Piauí e Tocantins).

Um outro aspecto é o ganho conseguido entre os diferentes cenários, com a otimização do sistema de coleta (do cenário A para o cenário B) e com o aumento da área de coleta (do cenário B para o cenário C). Observando o Cenário A como base, notamos um incremento de 150% para o Cenário B e de 530% para o Cenário C.

Estes dados mostram que para um maior aproveitamento do potencial de geração de biomassa energética com base no Babaçu, a melhor forma de ação é dirigir os esforços para ao sistema coletor/ produtor de Matéria Prima, segundo conclusões de Teixeira (2001). Nesse trabalho, fica evidente que o ponto fraco da cadeia de produção de óleo de Babaçu é justamente o sistema de fornecimento de Matéria Prima para as indústrias.

## 7.2 Caracterização da Biomassa

A primeira comparação a ser feita é em relação ao comportamento cinético da queima dos constituintes do fruto, utilizando os resultados da Análise Imediata, como pode ser visto nas Figuras 42, 43 e 44.

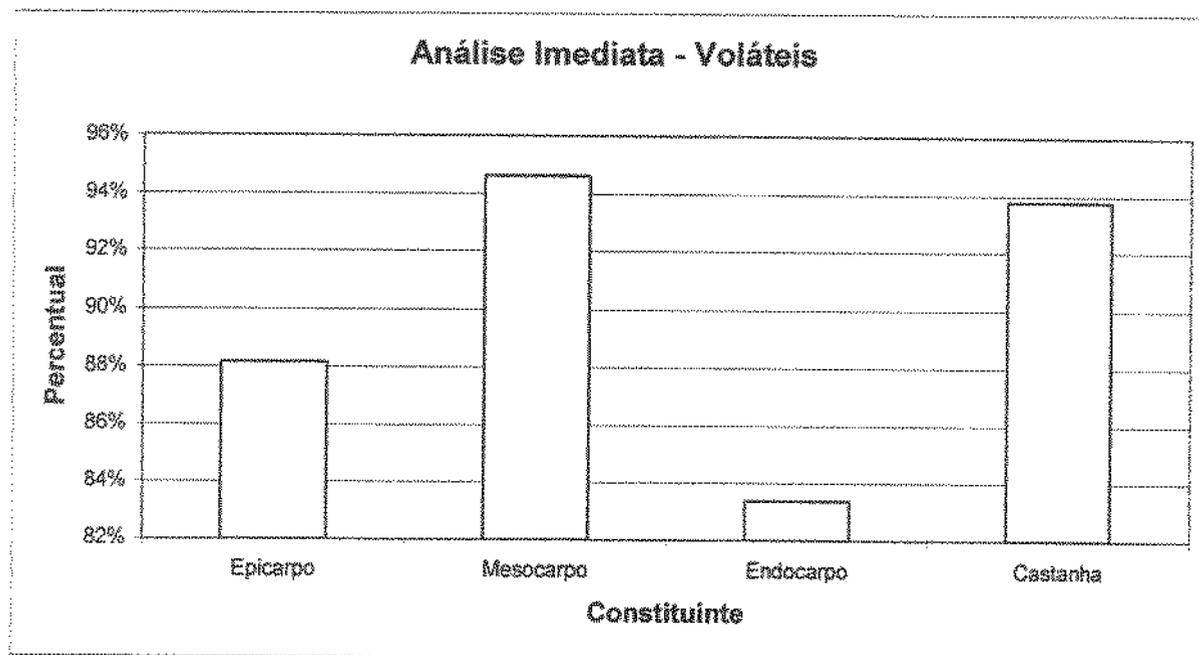


Figura 42: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Voláteis.

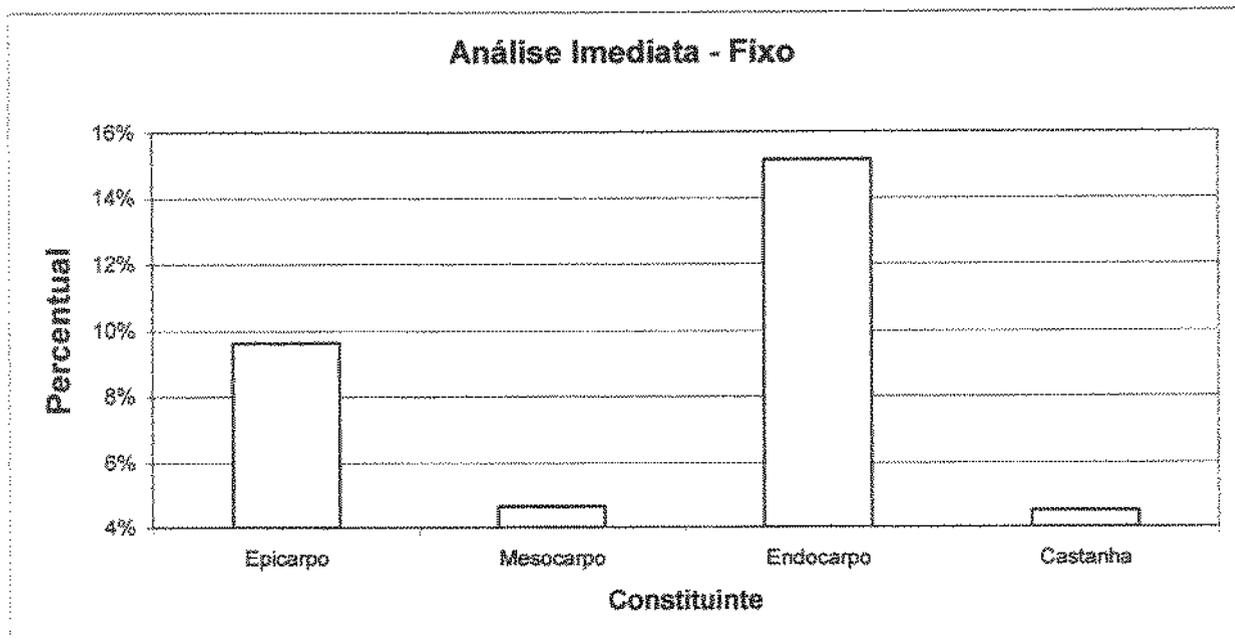


Figura 43: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Carbono Fixo.

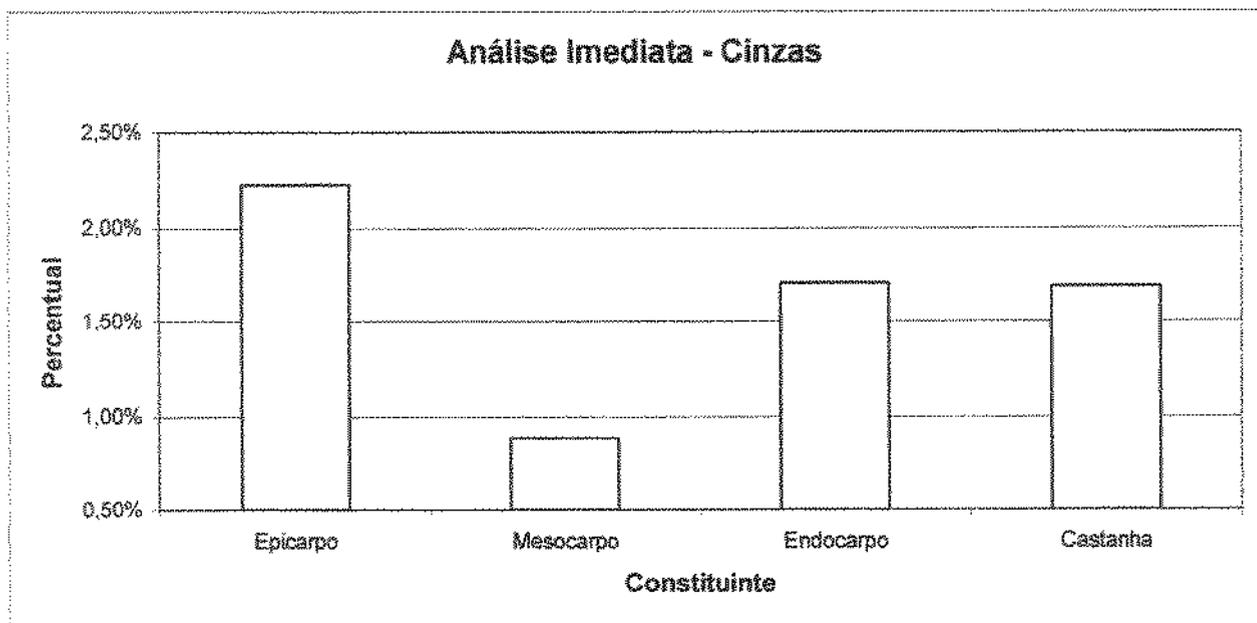


Figura 44: Resultados da Análise Imediata, dos componentes do fruto - Cinzas.

Analisando os resultados, conclui-se que os 4 componentes que constituem o fruto apresentam comportamentos de queima bastante distintos entre si. Comparando com dados de outras biomassas, relacionados na obra de Cortez & Lora (1997) (Tabela 68), é possível observar que:

1. Epicarpo - com o mais elevado conteúdo de cinzas (porém dentro da faixa de variação para biomassa) e elevado percentual de voláteis (8% a mais do que o eucalipto e 19% a

mais do que da cana de açúcar);

2. Mesocarpo - menor índice de cinzas (abaixo de 1%), porém com o mais elevado percentual de voláteis (16% a mais que o eucalipto e 28% superior à cana-de-açúcar). Este componente, apresenta uma queima bastante rápida, com rápida liberação da fração Volátil restando pouca cinza, indicando baixo rendimento para carbonização;
3. Endocarpo - mediano teor de cinzas (dentro da faixa de 2% esperado para biomassa) e o maior percentual de carbono fixo dentre os componentes do fruto (1,5% a mais do que a cana-de-açúcar, porém 15% a menos do que o eucalipto). Estas características desse material reforçam sua tradição de bom material para fabricação de carvão. Comparando com os outros componentes do fruto, apresenta uma queima mais lenta, produzindo pequena quantidade de cinzas; e
4. Castanha - comportamento bastante similar ao mesocarpo (farinha), com alto percentual de voláteis e pequeno de cinzas.

Tabela 68: Quadro comparativo dos valores de Análise Imediata de outras biomassas.

Material	Análise Imediata [%]		
	Voláteis	Fixo	Cinzas
Babaçu			
Epicarpo	88,16	9,62	2,22
Mesocarpo	94,62	4,66	0,88
Endocarpo	83,40	15,16	1,71
Outras biomassas *			
Eucalipto	81,42	17,82	0,79
Bagaço de Cana	73,78	14,95	11,27
Casca de Coco	67,95	23,80	8,25
Palha de arroz	65,47	16,67	17,89

\* Fonte: (Cortez & Lora, 1997)

Por meio destes dados, fica difícil preconizar o uso de uma mesma metodologia para aproveitamento energético dos diferentes componentes do fruto do Babaçu. Agregados em um mesmo fruto é possível notar 3 tipos distintos de combustíveis, com comportamentos diferentes de cinética de queima:

1. Epicarpo (casca) - maior percentual de cinzas, menor densidade e médias concentrações no tocante à carbono fixo e voláteis;
2. Mesocarpo e Castanhas - elevado percentual de voláteis (acima de 92%) e baixo

percentual de cinzas; e

3. Mesocarpo - maior percentual de carbono fixo (acima de 14%) aliado a baixo teor de cinzas.

Em se tratando do Poder Calorífico Inferior, para possibilitar uma análise histórica dos dados encontrados na literatura, foram agrupados na Tabela 69 os dados de Poder Calorífico Inferior e os valores obtidos em laboratório para os materiais analisados.

Tabela 69: Valores do Poder Calorífico Inferior dos componentes do Babaçu encontrados nas fontes pesquisadas em comparação aos dados obtidos.

	Fonte/Poder Cal. [kJ/kg]				Ensaio		
	Abreu (1940)	Gonsalves (1955)	Vivacqua Filho (1968)	Vivacqua Filho (1981)	Poder Cal. [kJ/kg]	Umidade [%]	Erro ± [%]
Epicarpo	17.375	-	18.045	16.256	20.238	11	5,1
Mesocarpo	15.072	-	16.202	10.048	13.744	15	30
Endocarpo	17.584	17.584	18.589	19.510	21.179	12	9,3
Amêndoa	29.307	-	-	25.330	-	-	-
Fruto inteiro	18.036	-	18.840	17.584	16.573	-	-

Quanto ao Poder Calorífico Superior, na Tabela 70 podem ser vistos valores para diferentes biomassas (Cortez & Lora, 1997).

Tabela 70: Valores do Poder Calorífico Superior para diferentes biomassas.

Material	PCS - Ensaio bomba calorimétrica [kJ/kg]
Epicarpo	21.724
Mesocarpo	15.522
Endocarpo	22.698
Eucalipto *	19.420
Bagaço de Cana *	17.330
Casca de Arroz *	16.140
Casca de Coco *	19.040

\* Cortez e Lora (1997)

Com relação ao comportamento hidrocópico dos componentes do fruto do Babaçu, é necessário analisa-los frente à outros tipos de biomassa similares, para tanto, foram agrupados diferentes dados de umidade de equilíbrio para diferentes materiais na Tabela 71 e nos gráficos 45 e 46.

Tabela 71: Valores do Umidade de Equilíbrio para diversos materiais, incluindo componentes do

fruto de Babaçu.

	Umidade relativa do ambiente [%] e umidade do produto [%]							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Endocarpo	6,0	10,2	10,9	10,5	10,9	11,7	13,1	14,2
Farinha	8,3	12,3	11,0	10,9	13,6	16,0	20,3	23,9
Castanha	5,1	7,6	8,2	7,5	7,9	8,8	13,0	17,8
Algodão Semente <sup>1</sup>			6,9	7,8	9,1	10,1	12,9	19,6
Arroz Grão <sup>1</sup>	8,0	9,5	10,9	12,2	13,3	14,1	15,2	19,1
Amendoim Grão <sup>2</sup>	3,1	4,2	5,3	6,1	7,2	8,3	10,9	13,0
Soja <sup>2</sup>	5,0	6,5	8,0	8,0	9,3	10,6	15,0	18,8
Trigo <sup>2</sup>	7,2	8,5	9,8	10,5	11,5	12,5	15,8	19,3

Fonte: <sup>1</sup> - Bala (1997) <sup>2</sup> - Hartman & Esteves (1982).

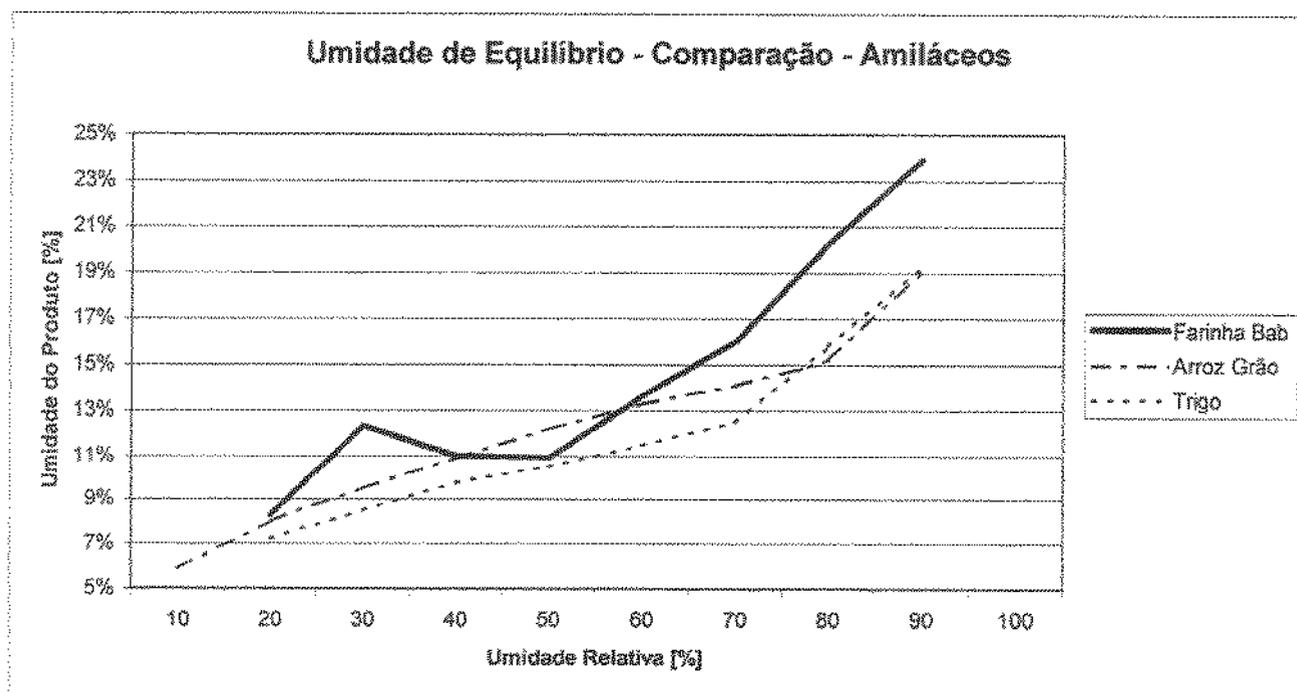


Figura 45: Resultados do ensaio de umidade de equilíbrio Mesocarpo de Babaçu, comparado com outros amiláceos (fonte: - Bala, 1997 e Hartman & Esteves, 1982).

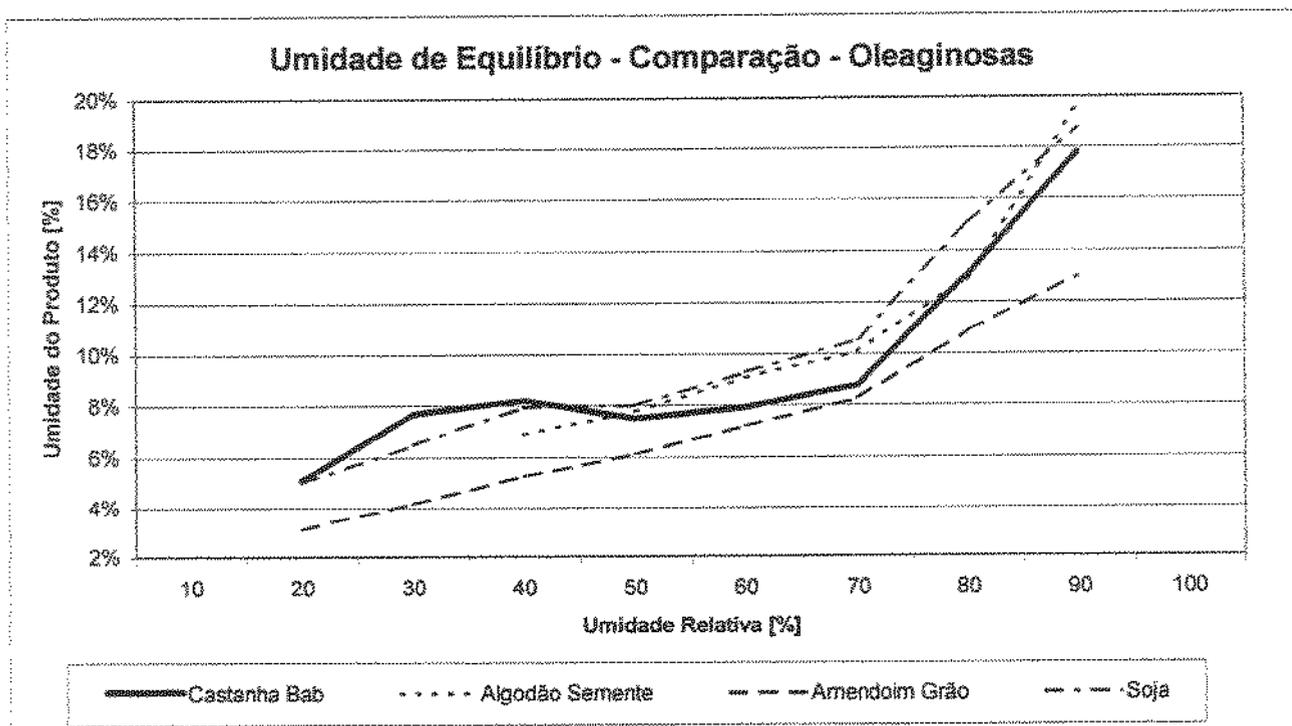


Figura 46: Resultados do ensaio de umidade de equilíbrio Castanha de Babaçu, comparado com outras oleaginosas (fonte: - Bala, 1997 e Hartman & Esteves, 1982).

Com base nos dados observados, chegamos à conclusão que os componentes do fruto do Babaçu analisados têm comportamento semelhante a outros materiais biológicos de mesma natureza, com especial correspondência à curva da Castanha, que tem uma hidrofobiacidade diretamente proporcional ao seu teor de óleo (Amendoim 45%, soja 20%), como observa Hartman & Esteves (1982).

No caso das densidades, temos um resumo comparativo entre os resultados obtidos e valores para outras biomassas na Tabela 72.

Tabela 72: Valores do densidade para os componentes do Babaçu e outras biomassas.

Material	Aparente	Densidade [kg/ m3]		
		Erro + -	Real	Erro + -
Epicarpo	-	-	-	-
Mesocarpo	582	5,15%	-	-
Endocarpo	505	2,21%	1.360	1,71%
Castanha	564	6,58%	1.022	5,21%
Eucalipto <sup>1</sup>	390			
Cana <sup>2</sup>	200		600	

Fontes: 1 - MME, 1999. 2 - Hugot, 1969.

Dos números apresentados na Tabela 72, nota-se a superioridade do endocarpo de Babaçu em termos de densidade, o que nos leva a um espaço menor para estocagem e armazenamento, quando comparado com outras plantas de biomassa.

É conveniente notar a correlação entre qualidade do lote de castanhas (representada aqui pela quantidade de frutos quebrados ou infestados frente à de frutos inteiros e sadios) e sua densidade aparente, de forma que, sendo a densidade aparente da castanha um parâmetro facilmente mensurável, a medição da densidade de lotes de castanhas pode ser utilizada para se avaliar qualitativamente o material, uma vez que uma maior densidade é indicativa de um menor percentual de castanhas quebradas ou defeituosas (próximo de 598 kg/m<sup>3</sup>, melhor qualidade até 565 kg/m<sup>3</sup>, menor qualidade). É importante notar que quando nos aproximamos de 90% de castanhas com defeito, há uma discontinuidade no gráfico, muito provavelmente em função da maior variabilidade nos valores de densidade das castanhas com defeito, quer elas sejam bichadas, quebradas e/ou fungadas.

Com relação aos valores de análise elementar, foram reunidos os dados obtidos junto a valores de referência para outras biomassas na Tabela 73 e no gráfico da Figura 47.

Tabela 73: Dados de composição elementar para diferentes biomassa e para o fruto do Babaçu.

Material <sup>1</sup>	Composição elementar base seca [%]					
	C	H	O	N	S <sup>2</sup>	Cinzas
Eucalipto	49,00	7,87	43,97	0,30	0,01	0,72
Bagaço de Cana	44,80	5,35	39,55	0,38	0,01	9,79
Casca de Coco	48,23	5,23	33,19	0,47	0,01	1,40
Palha de arroz	40,96	4,30	35,86	0,40	0,02	18,34
Babaçu						
Epicarpo	45,69	5,65	45,87	0,57	-	2,22
Mesocarpo	39,27	6,47	52,97	0,41	-	0,88
Endocarpo	44,18	5,65	47,96	0,50	-	1,71
Castanha	63,90	10,26	22,49	1,66	-	1,69

Nota: 1: Fonte: Cortez e Lora (1997). - 2: Valores não computados para os componentes do Babaçu.

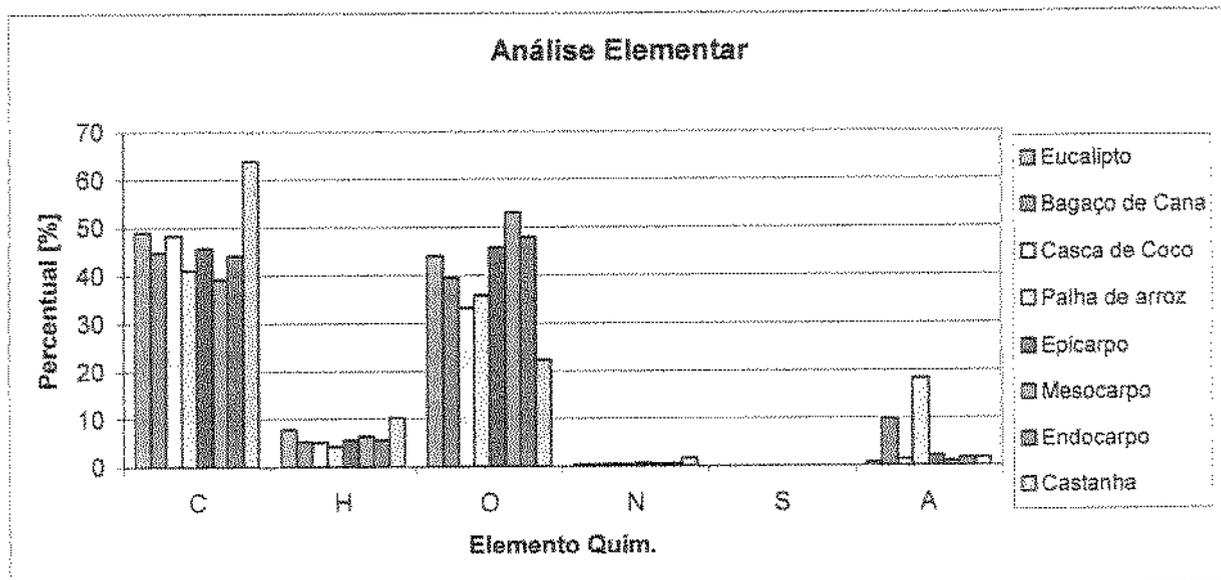


Figura 47: Resultados da Análise Elementar dos componentes do fruto e outras biomassas.

Com base nestes valores é possível estimar o poder calorífico destes materiais, com uso da equação proposta por Channiwala (Siddhartha & Reed, 1998) para o PCS e a equação de Mendeliev para o PSI (Cortez & Lora, 1997), cujos resultados podem ser vistos nas Tabelas 74 e 75, já incluindo uma comparação, com a variação percentual entre os valores calculados e os valores obtidos para a bomba calorimétrica.

Tabela 74: Comparação entre PCS calculado e obtido com bomba calorimétrica (ASTM D 270-33).

	Calculado segundo Channixwala		Ensaio ASTM D 270-33		Diferença [%]
	[kJ/kg]	Erro [%]	[kJ/kg]	Erro [%]	
Epicarpo	19.756	1,32	21.724	5,13	-9,1
Mesocarpo	17.504	0,48	15.522	30,2	12
Endocarpo	18.960	1,82	22.698	9,29	-16

Tabela 75: Comparação entre PCI calculado e obtido com bomba calorimétrica (ASTM D 270-33).

Fração	Umidade [%]	Calculado segundo Mendeliev		Ensaio ASTM D 270-33		Diferença [%]
		[kJ/kg]	Erro [%]	[kJ/kg]	Erro [%]	
Epicarpo	11,0	16.287	1,32	20.239	5,13	-19
Mesocarpo	15,0	13.938	0,48	13.744	30,2	1,4
Endocarpo	12,0	15.467	1,82	21.179	9,29	-27

As diferenças observadas nos casos do epicarpo e do endocarpo, em uma primeira instância, podem ser atribuídas à heterogeneidade do material, pois no processo de trituração, homogeneização e preparação da amostra (que trabalha somente com uma quantidade diminuta de material, da ordem de 10 miligramas de material), podem levar à divergência nos dados.

No caso específico da aplicação da equação de Channixwala, esta prevê a aplicação de parte do percentual de Enxofre, o que no caso não foi computado, levando a um erro associado a este cálculo. No caso específico do mesocarpo, o erro associado à medição do poder calorífico obtido pela utilização da bomba calorimétrica se sobrepõe à diferença encontrada entre os valores, invalidando qualquer análise. De forma geral, os valores encontrados não diferiram em mais de 20%, o que, considerando a variabilidade do material de origem biológica, é uma margem aceitável.

Com base no ensaio de Termogravimetria - TGA, é possível traçar uma comparação entre os percentuais de voláteis, carbono fixo e percentual de cinzas, para as diferentes situações em análise, assim sendo, foram montados nas Tabelas 76, 77 e 78, assim como nos gráficos 48, 49 e 50, comparando os resultados obtidos.

Tabela 76: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/epicarpo.

Fração	Percentual [%]		
	Análise Atm. Inerte	Análise Atm. Reativa	Método da Estufa
Voláteis	57,04	88,18	88,16
Carbono Fixo	41,10	5,32	9,62
Cinzas	1,86	6,50	2,22
	100,00	100,00	100,00

Tabela 77: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (Norma ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/endocarpo.

Fração	Percentual [%]		
	Análise Atm. Inerte	Análise Atm. Reativa	Método da Estufa
Voláteis	72,36	60,99	83,40
Carbono Fixo	25,17	33,23	15,16
Cinzas	2,47	5,78	1,71
	100,00	100,00	100,26

Tabela 78: Percentual de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa (Norma ASTM D 3172 & D-3175) e TGA, p/Castanha.

Fração	Percentual [%]		
	Análise Atm. Inerte	Análise Atm. Reativa	Método da Estufa
Voláteis	73,94	85,98	93,78
Carbono Fixo	21,26	11,57	4,53
Cinzas	4,80	2,45	1,69
	100,00	100,00	100,00

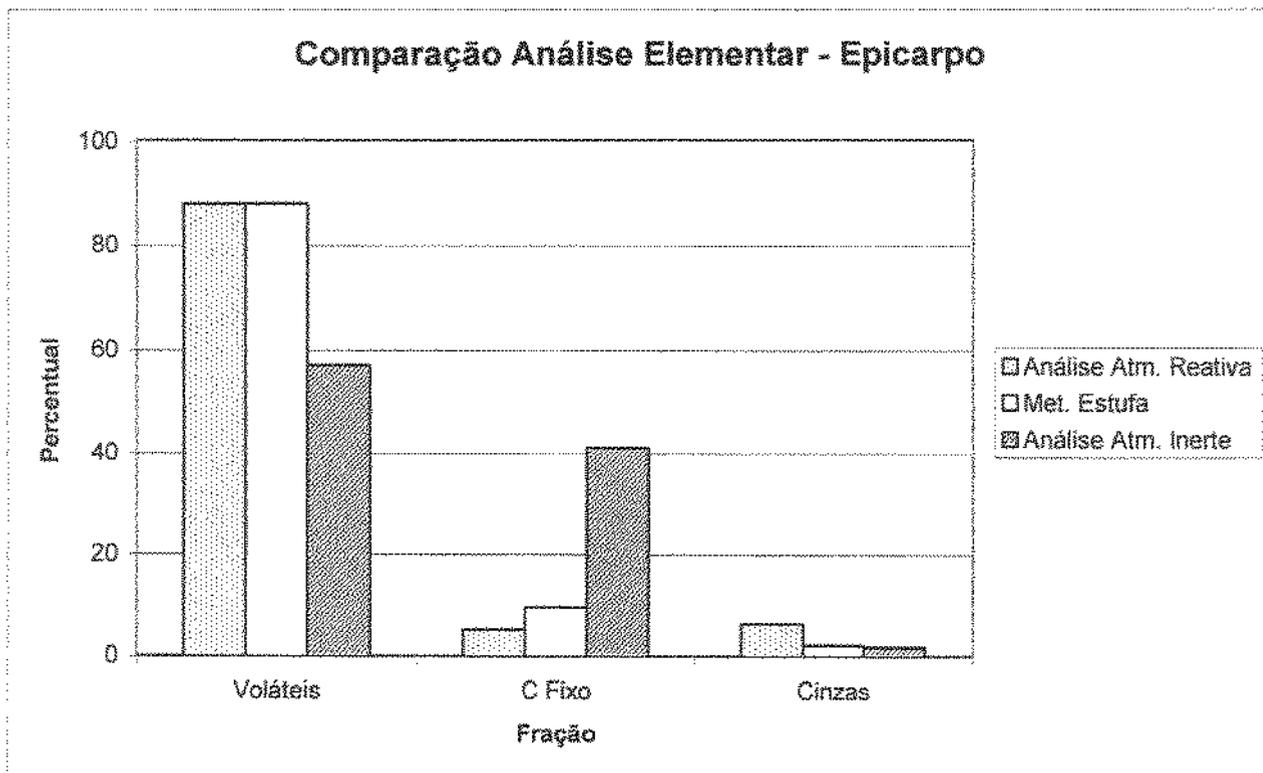


Figura 48: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/epicarpo.

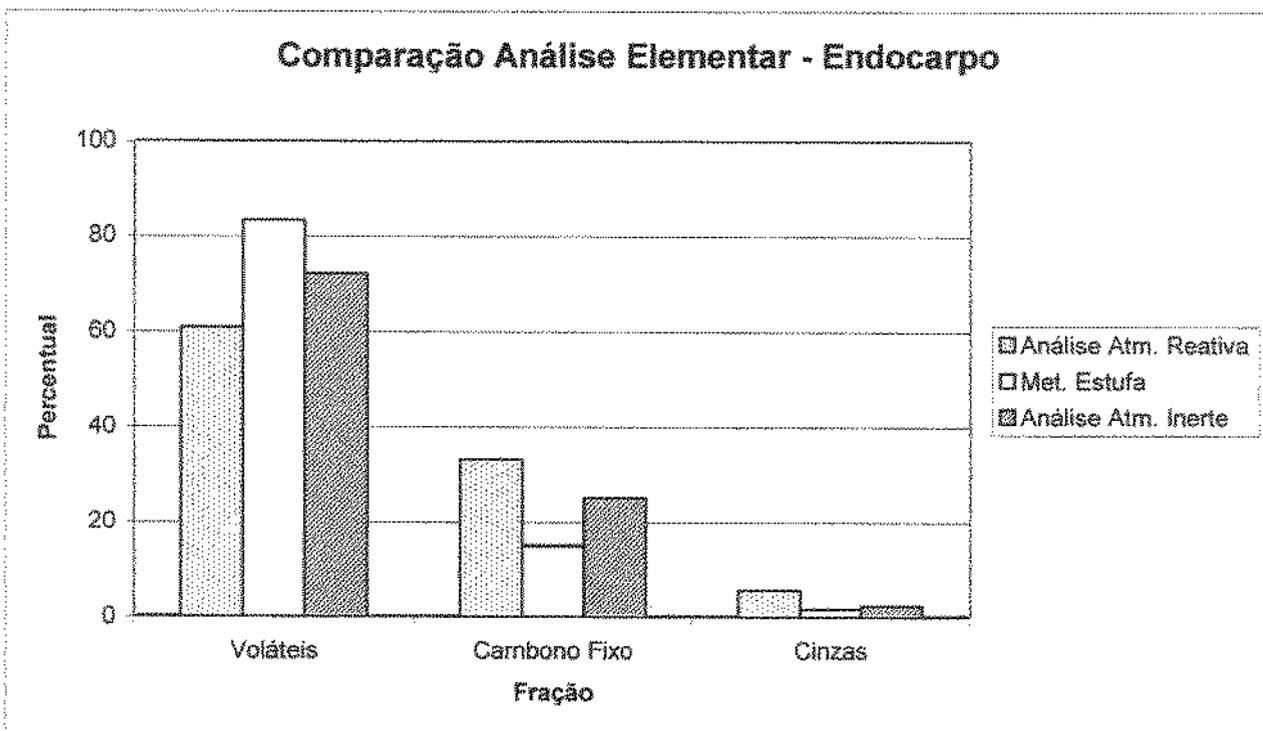


Figura 49: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/endocarpo.

## Comparação Análise Elementar - Castanha

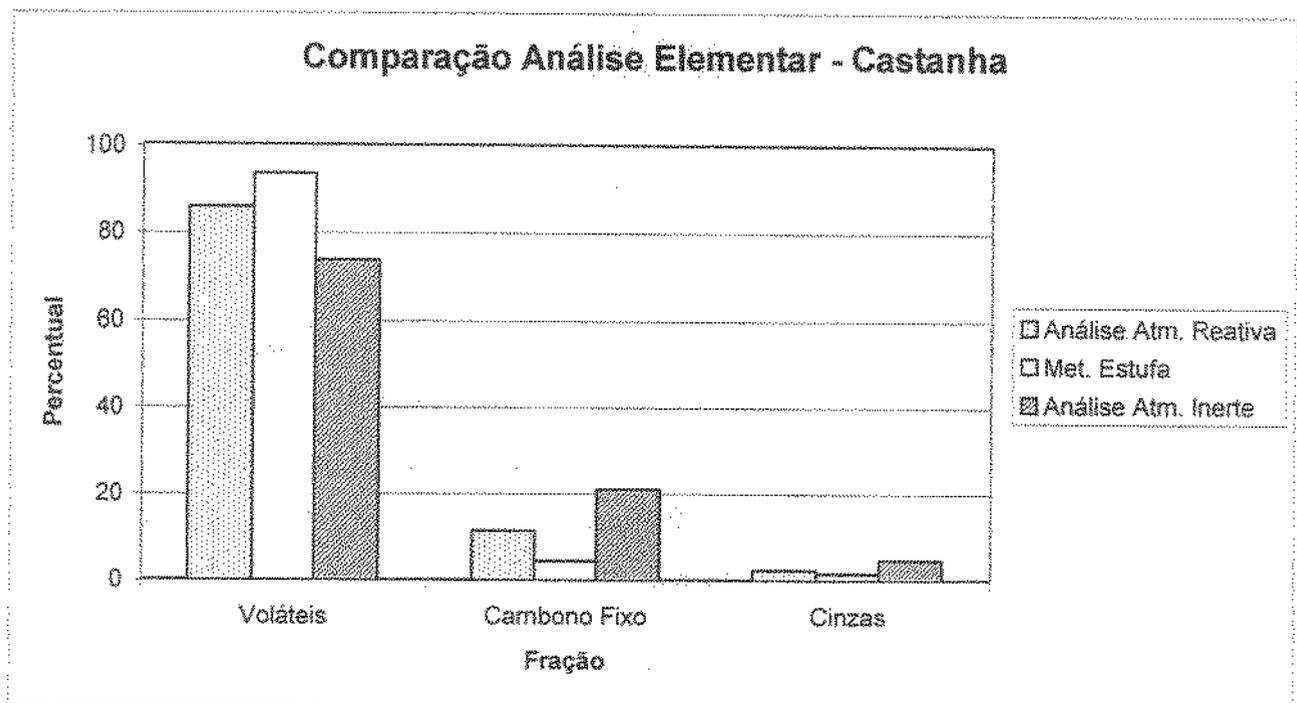


Figura 50: Comparação de % de voláteis, carbono fixo e cinzas, entre estufa e TGA, p/Castanha.

Os dados encontrados nos sugerem um comportamento similar, mas não exatamente igual, quando se comparam os diferentes procedimentos para obtenção dos percentuais de voláteis, carbono fixo e cinzas. Esta diferença de comportamento é esperada, em função da diferente natureza das reações que ocorrem no material ao ser aquecido nas diferentes atmosferas, para os ensaios do TGA. No primeiro há somente pirólise e, no segundo, combustão.

No caso do epicarpo, nota-se uma significativa diferença entre o comportamento dos percentuais de voláteis e carbono fixo entre os diferentes procedimentos. Existe um significativo aumento no percentual de carbono fixo para o TGA com atmosfera inerte. No gráfico de perda de massa percentual pela temperatura em atmosfera inerte (Figura 15), vemos que esta fase está bem caracterizada, com um segmento bem orientado com inclinação distinta da fase de liberação dos voláteis, porém quando observamos a curva de atmosfera reativa (Figura 16), parece haver não duas, mas sim 3 fases distintas de queima do material, representadas pelos 3 diferentes segmentos de reta com inclinações diferentes.

Esta observação parece sugerir que este comportamento de aumento do percentual de carbono fixo seja característica da curva de degradação de um componente específico do epicarpo. Este material seria responsável pela variação no percentual de carbono fixo, pois apresenta uma cinética de queima distinta que leva à variação nos percentuais.

Esta observação reforça ainda mais a necessidade de se tratar distintamente os materiais componentes do fruto, pois em função do seu objetivo (pirólise ou queima direta), deve-se aplicar uma metodologia diferente de forma a poder maximizar o resultado.

Ao contrário do epicarpo, os valores encontrados para o endocarpo ficaram relativamente próximos, prevalecendo um aumento no percentual de carbono fixo para o TGA em atmosfera inerte, como seria esperado. Uma análise do gráfico de TGA em atmosfera inerte (Figura 22), leva a indicação da temperatura de 370 °C como a temperatura máxima do processo de pirólise para maximização do rendimento em carbono fixo, este é o patamar de 32% de carbono fixo, ou seja rendimento de 32% nos processo de carbonização.

No caso da Castanha, os valores se mantiveram bastante próximos, com uma interessante variação para mais no percentual de carbono fixo para a metodologia da estufa (Norma ASTM D 3172 & D-3175), creditada à presença do epitélio (casca) da castanha no cadinho para este tipo de ensaio, dado que esta metodologia trabalha com quantidade maior de material, quando comparada com o TGA, que, em função da pequena quantidade de amostras, acaba por utilizar somente o material interno da castanha, menos fibrosa e com maior percentual de voláteis, a exemplo do próprio óleo que ocorre em até 65% da castanha em peso.

### 7.3 Perfil Energético

O perfil de consumo de energia elétrica e calor pelas plantas de processamento de castanhas de Babaçu é tão heterogêneo quanto o próprio setor em si. Como não existe, a exemplo do setor de cana-de-açúcar, uma homogeneidade dos equipamentos, a demanda térmica fica condicionada ao perfil da planta em que se analisa.

O principal fator condicionante para a demanda térmica, conforme os dados coletados sugerem, é o porte das máquinas de beneficiamento (*chaleiras e expellers*). Neste sentido, se a unidade opta por uma quantidade pequena de equipamentos de grande capacidade ou se faz uso de uma bateria de equipamentos de menor porte, ocorre uma significativa variação da demanda de calor e potência, no caso do uso de baterias de equipamentos de pequeno porte, há uma perda associada

aos múltiplos direcionamentos do fluxo de vapor.

De forma a podermos estabelecer uma base de comparação, foram agrupados na Tabela 79, dados de consumo energético para o processamento de algumas fontes de biomassa, cana-de-açúcar e Dendê.

Tabela 79: Dados comparativos de perfil energético para setores que utilizam biomassa.

Biomassa	Fonte	Pressão Mín. [MPa]	Demanda Elétrica [kWh/ton. Mat. Prima]	Consumo Vap
Cana-de- Açúcar	Campos 1990 Fiesp 2001	2,06 0,25	11,3 -	[Cana] 400 [kg vap/ton Cana] 530 [kg vap/ton Cana]
Dendê	Coelho et. al. 2001	1,11	14,26	[Dendê] 340 [kg vap/ton Dendê]
Babaçu	Extração e refino	0,49	78,39	[Cast. Bab.] 829 [kg vap/ton Bab.]
Babaçu	Planta c/prod.assoc.	1,034	4,57	[Cast. Bab.] 7.600 [kg vap/ton Bab.]
Babaçu	Planta Teórica só extração/refino		57,90	[Cast. Bab.]
Babaçu	Planta teórica extr./refino +QPD		67,44	[Cast. Bab.]

Comparando os valores obtidos, e os dados coletados frente ao cálculo teórico, é possível se dizer que ocorrem dentro de uma mesma faixa de valores, dentro da própria variabilidade esperada para o setor, principalmente em função da escolha da planta por baterias de *expellers* de pequena capacidade ou por um menor número de equipamentos de maior porte.

Um outro ponto bastante significativo levantado é o uso de vapor saturado para os equipamentos de aquecimento da massa antes de serem processadas nos *expellers*, levando este vapor à condensação no interior das chaleiras, como forma de controle da temperatura.

Assim sendo, verifica-se que existe um grande potencial de otimização do processo como um todo, podendo se reduzir bastante a necessidade de fluxo de vapor para o aquecimento da torta, pois quando comparado ao processamento de outras biomassas o fluxo de vapor específico por tonelada de castanhas processadas é bem mais elevado do que para outras indústrias de processamento.

Isto se deve principalmente ao uso de vapor saturado a baixas temperaturas, sendo um forte indicativo de um grande potencial de otimização do processo, podendo-se aproximar as demandas térmicas para valores mais próximos dos em uso em outras indústrias de processamento de biomassa.

Com relação a esta análise foi elaborada a Tabela 80, comparando percentualmente a

diferença nos consumos específicos de energia térmica e elétrica com outros setores de processamento de biomassa.

Tabela 80: Comparação de consumos específicos para diferentes setores processadores de biomassa.

Comparações: Babaçu Extração e refino frente às indústrias de processamento de:	Demanda Elétrica	Consumo de Vapor
Cana de Açúcar	694%	207%
Dendê	550%	244%

Pelos percentuais nota-se a diferença na ordem de grandeza das demandas térmicas e de energia elétrica frente à outras indústrias de processamento do setor, o que leva a crer que existe uma margem razoável para otimização do processo.

#### 7.4 Cogeração com Babaçu

Com base nos dados compilados foram montadas as Tabelas 81 e os gráfico das Figuras 51 e 52. Cada uma delas apresenta o estudo de cogeração agrupado por natureza da indústria, se somente dedicada à extração e refino do óleo, assim sendo com menor demanda térmica (referente Turbina A), ou se apresentam uma produção mais verticalizadas com maior consumo de calor de processo (referente à Turbina B).

Tabela 81: Valores de potencial disponível para geração de excedentes de energia elétrica (MW) supondo ser esta feita em planta de simples extração e refino do óleo.

Turbina A	Potencial de geração de excedentes de energia elétrica [MW]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Cenário A	81,55	104,25	113,32
Cenário B	203,88	260,62	283,29
Cenário C	517,27	661,24	718,76

Tabela 82: Valores de potencial disponível para geração de excedentes de energia elétrica (MW) p/planta de extração e refino com produção de outros sub-produtos derivados do óleo bruto.

Turbina B	Potencial de geração de excedentes de energia elétrica [MW]		
	Caldeira A	Caldeira B	Caldeira C
Cenário A	75,43	96,84	105,43
Cenário B	188,57	242,11	263,57
Cenário C	478,42	668,71	668,71

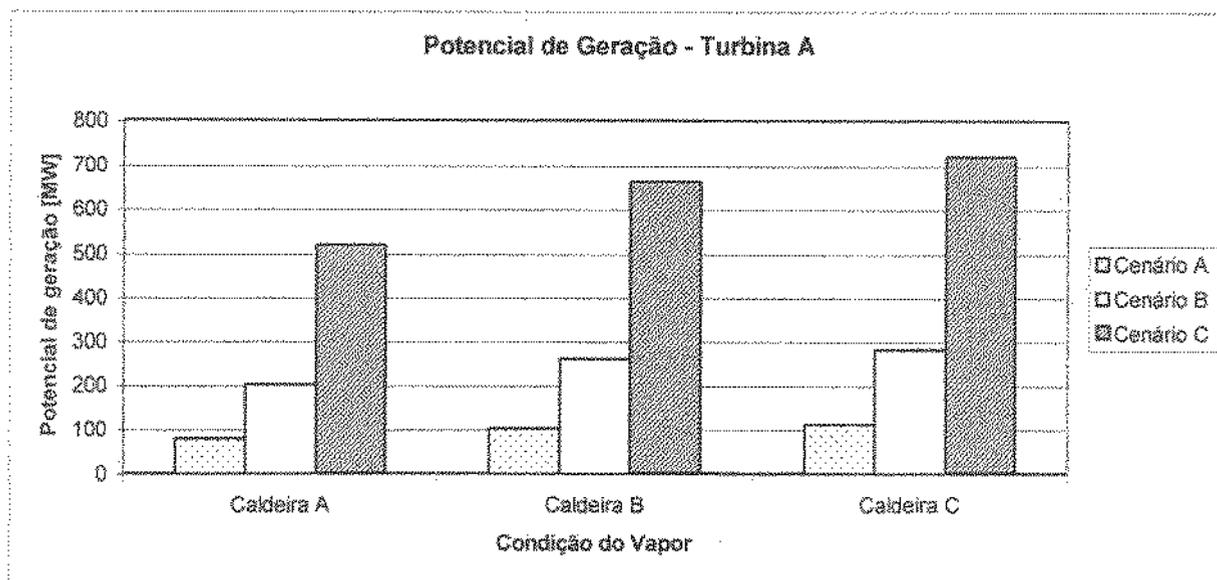


Figura 51: Potencial de geração de excedentes de energia elétrica p/planta de extração e refino.

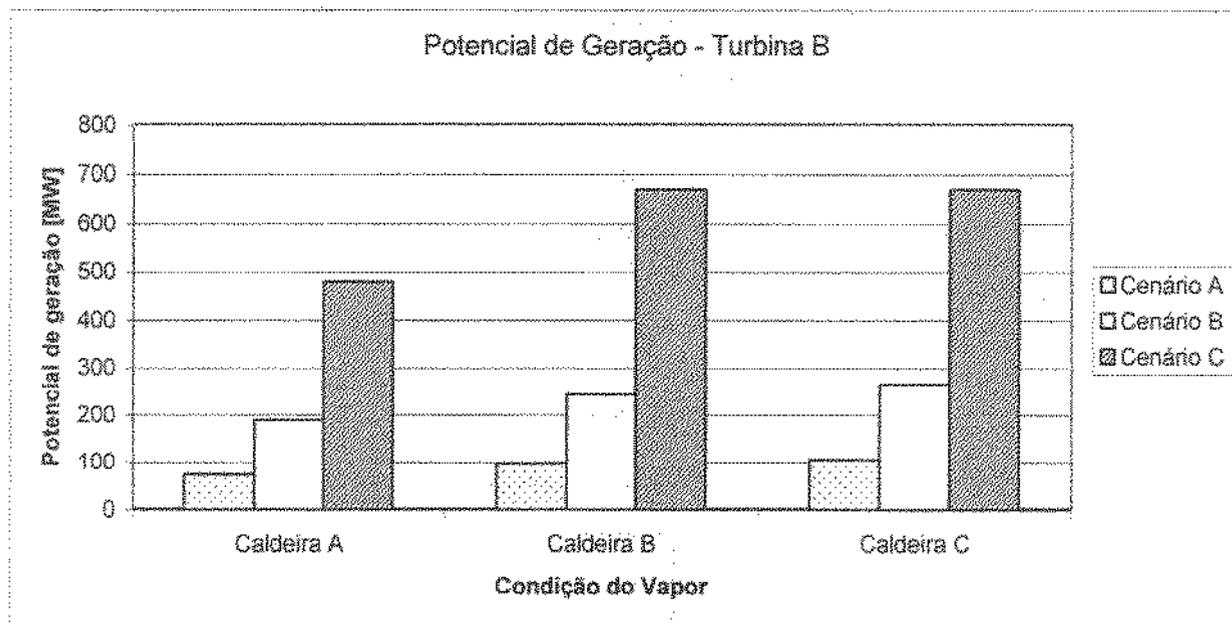


Figura 52: Potencial de geração de excedentes de energia elétrica em plantas c/produção associada.

O potencial de geração de excedentes de energia elétrica encontrado varia em função do tipo de tecnologia usada e do perfil de consumo da unidade de extração de óleo, oscilando de 76 a 114 MW, para o primeiro cenário; de 189 a 287 MW para o segundo cenário e de 479 a 720 MW para o terceiro cenário.

Frente ao potencial nacional como um todo estes números podem não parecer muito significativos, mas devemos lembrar que eles ocorrem em uma área complementar à outras fontes de biomassa. No caso do Maranhão (maior potencial de produção, com 92,5% da produção atual), podemos ver na Tabela 83, o potencial de geração de energia elétrica já instalados (representado por

duas Usinas Hidro-elétricas), em comparação à média dos incrementos de potencial com base na utilização do Babaçu.

Tabela 83: Valores de geração de excedentes de energia elétrica p/planta de extração e refino.

Instalado	[MW]	Participação Percentual
UHE - Tucuruí	4.245	95,1%
UHE - Boa Esperança	220	4,9%
Total	4.465	100%
Cenário A	89	2,0%
Cenário B	222	5,0%
Cenário C	573	12,8%

Com base nestes valores, vemos que a cogeração com Babaçu representa a possibilidade de aumento no potencial de geração de energia elétrica, para o principal estado produtor (com mais de 90% da produção total do País, o Maranhão) da ordem de 2 a 13%, dependendo do cenário da análise assim como da tecnologia escolhida.

Com base nos custos assumidos, foram elaborados os gráficos das Figuras 53 e 54, com a representação em barras dos valores da Taxa Interna de Retorno e do Valor Presente Líquido para as 6 configurações estudadas.

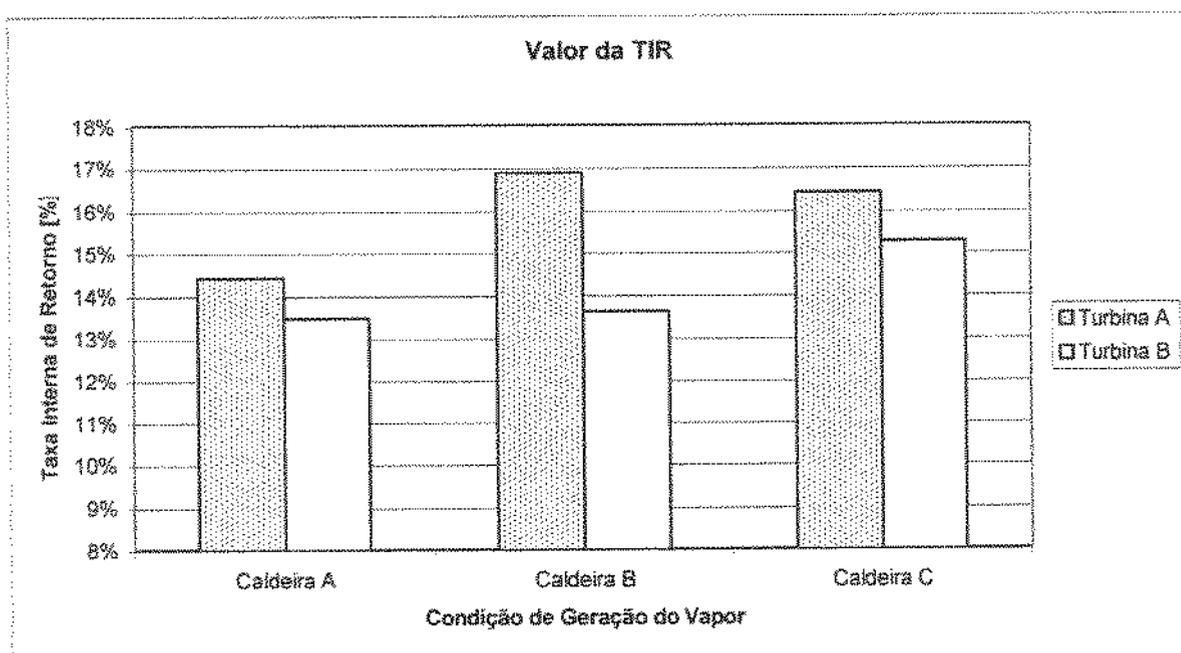


Figura 53: Gráfico dos valores da TIR, para as 6 configurações estudadas.

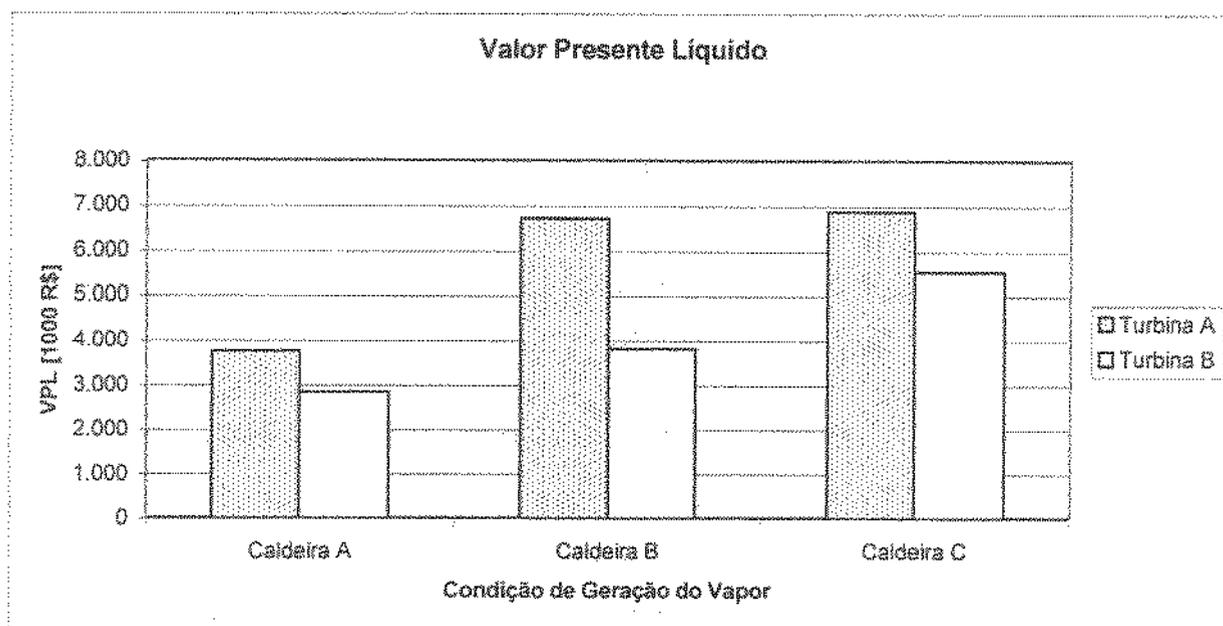


Figura 54: Gráfico do Valor Presente Líquido para as 6 configurações estudadas.

Com base nestes números, fica demonstrado que a opção tecnológica de maior rentabilidade para unidades de extração e refino de óleo seria a operação do sistema a média pressão de geração (Caldeira B, operando a 4,56 MPa e 420°C) e, para indústrias com produtos associados operando com sistemas de geração de vapor em alta pressão (Caldeira C, operando a 6,2 MPa e 450°C), principalmente em função do aumento dos custos de equipamentos sem a contrapartida em redução do consumo de utilidades pela planta e maior geração de eletricidade.

Como resultado, adotando-se um percentual de plantas operando com extração e geração de produtos associados equivalente à 10% da produção total (uma vez que a maioria das unidades vende o óleo para as unidades de fabricação dos produtos finais, incluindo aí exportação), o potencial final para o Cenário A de 104,6 MW, Cenário B 261,0 MW (sistema de coleta dos frutos otimizado) e para o Cenário C de 662,0 MW (potencial máximo para território nacional), como pode ser visto na Tabela 84.

Tabela 84: Valores do potencial de geração de excedentes de eletricidade para a indústria de extração de óleo de Babaçu no Brasil.

	Turbina A	Turbina B	Adotando 10% da extração c/prod. associados
Cenário A	104,25	105,43	104,37
Cenário B	260,62	263,57	260,92
Cenário C	661,24	668,71	661,99

## 7.5 Mercado de Óleo de Babaçu

A expansão da área ocupada pela palmeira de Babaçu esteve ligada ao avanço da fronteira agrícola, por ser esta uma espécie nativa característica de mata sucessional (ou seja, a primeira a surgir após a retirada da cobertura original), o que favoreceu o crescimento da indústria de extração de óleo como um fator aliado às áreas agrícolas em expansão.

Em função da grande disponibilidade de matéria-prima, o setor industrial teve um grande crescimento, atendendo a um mercado exterior (nacional, no Sul do País e internacional, durante as crises de fornecimento de óleo). Este mercado sofreu os reflexos de uma mudança lenta e desfavorável do mercado consumidor, porém, a indústria de óleo de Babaçu mostrou-se incapaz de responder a essas transformações, sofrendo um decréscimo da capacidade produtiva.

Tomando como base a análise histórica até os dias de hoje, nota-se que o ponto fraco da cadeia produtiva é a falta de um sistema de fornecimento de matéria-prima constante, confiável e de boa qualidade.

O modelo atual tem como prioridade a manutenção das condições sociais nas áreas de produção, e somente dentro destas áreas, tendo sido afetado muito pouco ou mesmo nada pelas modificações ocorridas no resto do País.

A crise do modelo atual motivou uma série de respostas isoladas, no sentido de tentar solucionar algumas das dificuldades encontradas na cadeia produtiva (como o Aproveitamento Integral do Fruto), quer seja por parte das indústrias, quer seja pelos produtores rurais.

Assim sendo, a única forma de revitalização deste setor produtivo depende de uma reforma do sistema de fornecimento de matéria-prima para garantir a disponibilidade, estabilidade, qualidade e continuidade. Agindo desta forma, se poderá reduzir o risco econômico associado ao uso desta biomassa, fazendo possível a entrada do capital privado e a continuidade de uma importante atividade econômica para a região.

Com base na descrição do sistema de produção de óleo de Babaçu, fica claro que se trata de um sistema bastante complexo, que envolve a ação conjunta de diferentes agentes produtivos, muitas

vezes com objetivos distintos a até mesmo antagônicos quando confrontados com outras partes do conjunto.

Desta forma, a cadeia de produção de óleo de Babaçu pode ser descrita com uma corrente de ações desempenhadas por agendas com percepções diferentes do sistema (assim como para muitos é um sistema de produção agrosilvicultural auto-sustentado, para outros é um setor produtor de uma commodity, sujeita às leis de mercado Internacional), assim como objetivos antagônicos (para as quebradeiras trata-se uma forma de independência financeira e resguardo de sua posição na família e para o setor industrial extrator uma forma de remunerar o capital investido).

Dado o panorama descrito, parece não haver uma única solução que possa por si só alavancar este setor da economia nordestina, a qual levaria um contingente significativo da população de baixa renda a auferir uma melhor condição de vida.

Na base deste conflito está o paradigma do setor produtor de óleo de Babaçu no Brasil. Se por um lado fortalecer a base do sistema fornecedor de matéria-prima, na figura das associações de mulheres quebradeiras por exemplo, parece ser a melhor resposta, por outro lado, na medida em que estas se fortalecem ocorre o crescimento da percepção que elevam o risco de colapso do sistema, com a corrupção dos conceitos associados aos valores produtivos, como no caso do direito à propriedade privada, no conflito de acesso às terras de propriedade particular e ao direito de venda sobre a produção de castanhas (a exemplo da Lei do Babaçu Livre) (Shiraishi Neto, 2001).

Porém, a solução deste impasse não virá por intermédio da aplicação das Leis de Mercado, nem pelo conflito declarado, como já observamos na análise histórica. Neste caso, somente pela formação de estratégias cooperativas conjuntas entre os diferentes agentes envolvidos, pela adoção de parcerias estratégicas (Carvalho, 2000), tornar-se-ia não só possível quanto viável reformular as antigas relações deste sistema produtivo, para uma nova situação em que a viabilidade do agro-negócio óleo de Babaçu seja uma realidade para todos, não mais do que para poucos.

A quebra deste paradigma só será possível com um trabalho de busca por parcerias estratégicas, que procurem valorizar as particularidades do sistema produtivo do Babaçu frente à realidade imposta pelo mercado.

Essas parcerias não buscam beneficiar uma parte envolvida em detrimento da outra, mas sim

alavancar o potencial sinérgico de uma associação entre parceiros com objetivos concorrentes (não necessariamente os mesmos). Um exemplo desse tipo de trabalho pode ser visto na análise de parcerias que já se caracterizam como um sucesso, na medida em que possibilitaram uma ruptura com o sistema existente.

Um destes casos pode ser encontrado junto à Associação das Mulheres Quebradeiras de Babaçu, não só pela efetiva capacidade em impor sua agenda ao mercado, como no caso da "Lei do Babaçu Livre" (Shiraishi Neto, 2001), mas também pela conquista de seu espaço dentro da estrutura produtiva, com a fábrica de sabões da comunidade de Ludovico.

O fortalecimento desta entidade se deu devido à busca por novas parcerias, fugindo das relações já institucionalizadas dentro do setor. Por exemplo, a parceria entre COPPPALJ, ASSEMA e Body Shop Internacional (empresa inglesa), que valoriza o óleo de Babaçu obtido pelo processo de quebra manual, que possibilitou a agregação de valor ao produto além de seu valor no mercado local (da ordem de 170 a 220%, dependendo da faixa de mercado interno a que se compara).

A forma de agregar este valor passou pela busca de um mercado que tivesse uma percepção das características do óleo de Babaçu produzido no Brasil como um diferencial de mercado, e não somente uma característica intrínseca ao sistema produtivo brasileiro. Para o mercado internacional, o óleo produzido pela ASSEMA caracterizou-se como um produto ambientalmente correto e responsável pelo desenvolvimento "Amazônico" (Mesquita, 2001), pelo qual deveria se pagar um valor maior.

A reforma do sistema que leve à quebra do paradigma do Babaçu deve envolver todos os diferentes agentes associados à produção no processo de construção conjunta de uma agenda de ações voltada para a revitalização do setor.

Este trabalho deve procurar ouvir todos os "stakeholders" associados nas mais diferentes áreas: social, industrial, política econômica, etc, de forma a não causar o colapso da estrutura social. Preconiza-se a adoção de metodologias que possam facilitar o cumprimento deste tipo de objetivo, de forma a podermos caminhar para novas parcerias estratégicas, dentro de uma estrutura cooperativa no setor.

### 7.5.1 Modernização do setor

É importante notar que este processo de modernização e reforma do sistema produtivo atual, o que inclui a reformulação das plantas atuais visando a inserção de novas tecnologias (como a quebra do coco), deve ser orientado por uma terceira parte, para que os agentes coletores quebradores (agricultores de baixa renda) não venham a ser excluídos do sistema produtivo, levando a um dano social irreversível, como citado em UNIFEM (1989). Esta terceira parte que poderia estar gerenciando o desenvolvimento destas ações podem ser instituições criadas especialmente para estes fins, como no caso do Instituto de Agronegócio do Maranhão<sup>22</sup>.

Considerando as possibilidades existentes, juntamente com as formas de trabalho adotadas no passado, o autor recomenda a adoção da Metodologia de Geração de Tecnologia Apropriada em Áreas Rurais, proposto por Herrera (1981), como uma metodologia para a ser construída a base para um novo sistema de pesquisa e desenvolvimento capaz de encaminhar os trabalhos em busca de soluções que preservem as condições e características locais, incorporando as dimensões sociais, econômicas e tecnológicas.

Este modelo preconiza a intensa participação dos envolvidos ao longo do processo de definição das linhas de pesquisa, dado que o caminho a ser seguido deve ser indicado pelos integrantes do sistema produtivo, de forma que seja possível uma correta orientação dos recursos da pesquisa, técnicas produtivas e produção de material educativo (como exemplos possíveis). As características deste modelo podem ser vistas na figura 55.

Esta recomendação se faz tendo-se como base a análise do desenvolvimento das tecnologias ligadas ao desenvolvimento do uso energético da Cana-de-açúcar, que nem sempre foi feito em território nacional, nem sempre levando em conta a geração de eventuais externalidades que poderiam ter sido evitadas se tivessem sido desenvolvidos dentro de uma política que levasse em conta os anseios dos diversos agentes envolvidos, como discutido em Teixeira (2000b).

Para melhor exemplificar as diferentes naturezas das possíveis formas de atuação, estas foram divididas em dois principais blocos: um primeiro conjunto de ações orientadas para a integralização dos agentes envolvidos no setor, abrangendo todos os agentes da cadeia, focados em

uma mudança estrutural do setor (Linhas de Ação Integralizadoras); e um segundo bloco, focado no desenvolvimento de parcerias específicas entre agentes com boas possibilidades de trabalho conjunto, cujos reflexos atingem mais diretamente itens específicos da estrutura produtiva (não necessariamente a esta como um todo), podendo ser pensados isoladamente (Linhas de Ação Direcionadas).

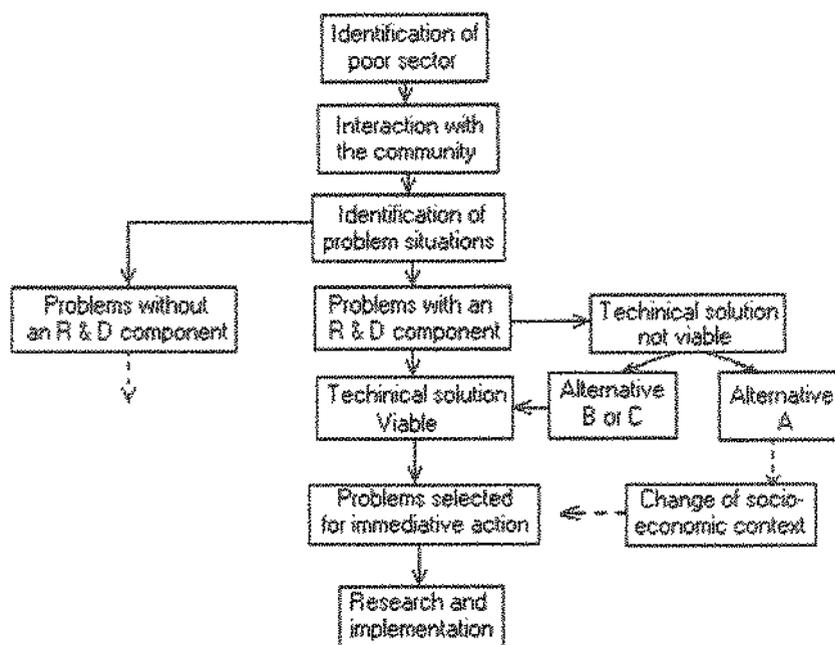


Figura 55: Sistema de produção de tecnologia apropriada proposto por Herrera (1981).

### 7.5.1.1 Linhas de Ação Integralizadoras

Dentro do âmbito específico da construção dos itens desta Agenda, focada em uma perspectiva de modificação das relações estabelecidas dentro do modelo atual, destacamos os seguintes pontos a serem trabalhados:

No âmbito mercadológico, atuar no sentido de valorizar os diferentes subprodutos obteníveis do processamento da Palmeira do Babaçu, de forma a poder viabilizar a entrada de novos players à cadeia produtiva, assim como diversificar a base de ganho dos já envolvidos.

<sup>22</sup> Instituto de Agronegócios do Maranhão - Av. Jerônimo de Albuquerque, s/n - Casa da Indústria Albano Franco 3º andar - Tel: 098 - 246 1308 - [www.geplan.ma.gov.br/ciencia\\_tecnologia/inagro.htm](http://www.geplan.ma.gov.br/ciencia_tecnologia/inagro.htm) - E-mail: [isalipe@uol.com.br](mailto:isalipe@uol.com.br).

Esta diretriz de ação deve focar seus esforços na agregação de valor aos subprodutos mais próximos à etapa de coleta e separação da castanha, de forma a fortalecer a base da estrutura produtiva. Como exemplo, podemos citar o fomento a procedimentos pré-qualificados para a classificação do carvão de Babaçu, junto ao IBAMA, como produto ecologicamente correto, facilitando sua entrada no mercado de biocombustíveis (Carvalho, 1998), dado que sua diferenciação do carvão produzido com matas nativas é facilmente verificável.

Ainda nesta linha de ação, é conveniente observarmos outras experiências de sucesso na área, como aconteceu no Estado de Minas Gerais, na reformulação do modelo de administração florestal ambiental no setor de reflorestamento e plantio de eucalipto para fornecimento de carvão vegetal a guseiros (produtores de ferro fundido a partir do minério de ferro e carvão vegetal) e siderúrgicas, cujas ações de reformulação do modelo vigente foram explicitadas por Carvalho (1989):

1. Criação de um conselho administrativo do Estado responsável pelo setor, com participação paritária de organizações não governamentais e de entidades de classe relacionados a esse setor produtivo;
2. Criação de unidades operacionais regionalizadas e descentralização de todas as funções gerenciais de gestão financeira, material e patrimonial, antes centradas em uma única instituição estadual;
3. Ampliação da competência da instituição estadual, consolidada na executora da política florestal em seu sentido mais amplo, incluindo proteção à biodiversidade, gestão de atividades de conservação e preservação de recursos ictiológicos (relativos aos corpos d'água e fauna dos rios e lagos), sendo responsável pelo desenvolvimento sustentado e gestão ambiental no território estadual.

Ainda no âmbito mercadológico, fica ressaltada a necessidade de impor diferenças de mercado para os produtos provenientes da cadeia do Babaçu, a exemplo da criação de uma commodity diferenciada junto ao mercado internacional.

Esta diferenciação dever ser feita com base na percepção do Babaçu como fonte de óleo Láurico obtido da Região Amazônica, em regime de sustentabilidade, em contrapartida ao seu principal concorrente internacional, o óleo de Dendê (óleo de Palma), produzido na Malásia e

Indonésia. A associação de diferenciais da produção auto-sustentata aos produtos da palmeira do Babaçu levaria a uma maior facilidade de colocação do óleo em mercados específicos que melhor respondam a esta valorização, a exemplo do mercado Europeu, possibilitando a agregação de valor acima dos custos de produção.

Fomentar encontros periódicos com todos os agentes envolvidos (diretamente e indiretamente, tais como fabricantes de maquinário, agentes de financiamento, atravessadores, indústria de exportação, guseiros, etc), possibilitando o intercâmbio de informações, necessidades e expectativas. Este tipo de evento é necessário para que seja possível afinar as percepções entre os diferentes envolvidos na cadeia produtiva e assim melhor direcionar os esforços, como explicado no desenvolvimento da Metodologia de Desenvolvimento de Tecnologia Apropriada (Herrera, 1981).

Como exemplo desta natureza de evento pode ser citado o 1º Encontro do Babaçu, realizado no Piauí, em 1981, do qual não tomou parte representações das quebradoras de Babaçu, em antagonismo ao V Encontro Interestadual organizado pelo MIQCB - Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco de Babaçu.

Desta forma, num mesmo local poderiam se encontrar representantes de fabricantes de equipamentos, acadêmicos, EMBRAPA, associações de quebradeiras, poder público, etc. Dentro da política de incentivo ao intercâmbio entre os agentes do sistema, cabe fomentar o registro e divulgação das experiências acumuladas, não só em termos de novas práticas produtivas, como novidades referentes à mercados e equipamentos.

Na práxis deste registro escrito, é importante contemplar a diferentes tipos de mídia, que possam atingir a todos os envolvidos, a exemplo do uso concomitante de material escrito como um boletim ou coluna em veículo já existente (podendo ser por exemplo, uma coluna mensal no Diário Oficial do Estado), manutenção de uma base de dados permanente na Internet para referência dos atores e divulgação de lista de fornecedores locais (uma dificuldade encontrada ao longo dos trabalhos). Inclui-se, neste trabalho de divulgação, a elaboração, disponibilização (para "baixar da rede") e distribuição de cartilhas para divulgação das metodologias desenvolvidas, boas práticas de gerenciamento agrícola, etc.

#### **7.5.1.2 Linhas de Ação Direcionadas**

Nesta parte do trabalho procurou-se enumerar algumas das linhas de ação direcionadas na construção de parcerias entre agentes específicos do sistema produtivo.

No âmbito acadêmico, o fomento, criação e fortalecimento de centros de excelência em pesquisa e desenvolvimento que sejam capazes de responder às novas necessidades do setor. Estas ações envolvem não só a reformulação da grade curricular dos cursos de graduação, bem como daqueles de Pós-graduação, assim como a alocação de cotas de bolsas especificamente direcionadas para a manutenção de linhas de pesquisa dedicadas, junto aos órgãos de fomento estaduais.

Esta pesquisa não deve ser levada a cabo somente dentro do âmbito acadêmico institucional, mas também dentro das empresas, em trabalho de extensão universitária e geração de Pesquisa Aplicada.

Em se tratando de pesquisa básica podemos citar criação de linhas de pesquisa nas áreas de armazenagem, manuseio e conservação dos componentes do fruto e uso alimentício da farinha amilácea de endocarpo (possível de ser usada em adição à farinhas para panificação e na indústria alimentícia).

Outra linha importante é o estudo da utilização energética do endocarpo. Esta utilização pode ocorrer tanto na fabricação do carvão vegetal (Silva, 1986) quanto na própria planta, em regime de cogeração, tecnologia esta já empregada na indústria brasileira de cana-de-açúcar (Teixeira, 2001).

No âmbito agrícola/extrativo podemos citar a necessidade de formulação de políticas de ciência e tecnologia de apoio à cultura do Babaçu, com enfoque na adoção de melhoramento genético, práticas culturais e racionalização da produção, com o desenvolvimento de uma sistema gestor de recursos agro-silvicurais próprios.

No âmbito tecnológico, junto ao sistema produtivo, seria interessante, do ponto de vista de desenvolvimento regional, a adoção de projetos de unidades com uma arquitetura aberta (projeto mecânico e civil de domínio público, a exemplo de projetos de expelers desenvolvidos por centros de pesquisa e/ou universidades, para serem fabricados por produtores de equipamentos locais). Esta ação é importante não só para reduzir os custos de implantação, mas também para favorecer o fornecimento de equipamentos por empresas locais (uma vez que todos os fabricantes de

equipamentos poderiam ter acesso ao projeto de máquinas, ficando sujeitos somente às leis de oferta e procura).

Outro importante aspecto desse tipo de iniciativa é a redução do risco associado à implementação da planta pela adoção de um sistema cuja arquitetura já é considerada funcional. Em médio prazo, esta prática pode levar à uniformização dos processos produtivos, surgimento de equipamentos específicos para a produção do Babaçu, metodologias de trabalho otimizadas e, conseqüentemente, facilidade de formação de mão-de-obra qualificada e garantia de padrões de qualidade.

Fortalecer o modelo de cooperativas, com crédito e orientação, como meio de criar uma base de fornecimento sólida e duradoura de matéria-prima e garantir a continuidade, talvez até a expansão, do sistema produtivo baseado no aproveitamento do fruto do Babaçu, aplicando-se as técnicas de Desenvolvimento de Tecnologia Apropriada, de forma a garantir a integralidade do tecido social envolvido na produção do óleo de Babaçu, pela criação de um sistema produtivo que incorpore as particularidades da região, sem destruir a estrutura social e ainda assim garantir o fornecimento de uma commodity industrial que torne possível o crescimento do setor.

## Capítulo 8

### Conclusões

#### 8.1 Disponibilidade

Com a análise do potencial de disponibilidade realizada neste trabalho, fica claro que o Babaçu, como fonte energética, pouco tem a oferecer em âmbito nacional, uma vez que o país já dispõe de uma forte presença de biomassa em sua Matriz Energética. A análise quantitativa demonstrou que a adição da biomassa com base no Babaçu levaria a incrementos da ordem de 0,8 a 4,5 % no total de toneladas/ano. Por outro lado, se considerarmos a distribuição geográfica do Babaçu por estado, notamos que esse potencial tem um significado bem maior. Nos estados do Nordeste, em suas maiores áreas de ocorrência - Maranhão e Piauí - há pouca presença de biomassa como fonte energética em suas matrizes; assim, o potencial desse fruto como fonte energética adquire uma importância relevante.

Assim sendo, conclui-se que a definição pela exploração do potencial energético desta cultura é mais uma questão a ser decidida em âmbito Regional (Estadual) do que Federal, dado que ela apresenta uma importância muito pequena em âmbito nacional.

#### 8.2 Caracterização da Biomassa

Em paralelo, na análise dos componentes do fruto, observamos que os mesmos podem ser agrupados em três diferentes comportamentos de queima. O endocarpo (parte lenhosa), que possui elevado conteúdo de carbono fixo, é o mais indicado tanto para a carbonização quanto para a queima. O epicarpo (casca), por sua vez, mostra-se um bom combustível, porém apresenta baixo

potencial de carbonização. E finalmente, a castanha e o mesocarpo (farinha), ambos com menos de 5% de carbono fixo, mostram-se inadequados tanto para carbonização como para a queima se utilizados em uma caldeira otimizada para os outros componentes do fruto. Desta forma, a castanha e o mesocarpo necessitariam de caldeiras com projeto específico para eles.

Comparado a outras biomassas, o epicarpo (casca) apresenta um percentual de voláteis superior ao eucalipto e à cana de açúcar (8% para o eucalipto e 19% para cana), com um elevado percentual de cinzas, porém ainda dentro do esperado para uma biomassa. O mesocarpo (farinha) tem pouca cinza (abaixo de 1%), porém é o elemento do fruto que apresenta maior percentual de voláteis (16% a mais que o do eucalipto e 28% do da cana-de-açúcar). Assim, o mesocarpo apresenta uma queima bastante rápida, com intensa liberação da fração volátil e muito pouco resíduo, indicando baixo rendimento para carbonização, porém com potencial para gaseificação. O endocarpo (parte lenhosa) apresenta maior teor de cinzas que o eucalipto (1,71 contra 0,79%) e o maior percentual de carbono fixo dentre os demais componentes do fruto, - similar à cana-de-açúcar (1,5% superior ao da cana), porém ligeiramente inferior ao eucalipto (15% menor) - o que reforça o seu uso para fabricação de carvão. A castanha tem um comportamento similar ao do mesocarpo (farinha), com alto percentual de Voláteis e pequeno de cinzas.

Um exemplo do mau entendimento da cinética de queima dos componentes do Babaçu pode ser visto na carbonização integral do fruto. Neste caso, os voláteis gerados pela castanha ficam confinados no interior do fruto, aprisionados pelo endocarpo. Com o aumento da pressão, estes gases forçam sua saída, fragilizando a estrutura do carvão resultante. De forma similar, o mesocarpo (farinha amilácea), ao carbonizar, devido à sua alta concentração de voláteis e baixa de cinzas, cria um espaço vazio entre o epicarpo (casca) e o endocarpo (fração lenhosa), levando ao aumento do percentual de finos, pela pulverização do carvão resultante do epicarpo, e diminuindo o volume útil dos fornos de carbonização.

Em relação ao poder calorífico, foi possível estabelecer uma base científica de comparação entre os diferentes valores encontrados na literatura. Os dados usados no material bibliográfico pesquisado representam, na verdade, o Poder Calorífico Inferior, em média para umidades entre 15 a 18% (dados estes, que não constavam nas fontes pesquisadas).

Quando comparamos com outras biomassas, em se tratando de Poder Calorífico Superior,

tanto o epicarpo (casca) quanto o endocarpo (parte lenhosa) apresentam valores superiores ao eucalipto e à cana-de-açúcar, ficando o mesocarpo (farinha amilácea) com o menor potencial, menor até que a casca de arroz.

Quando efetuada a comparação entre os valores calculados frente aos obtidos nos ensaios com a bomba calorimétrica, se nota uma variação com uma margem significativa, porém ainda dentro de uma variabilidade esperada para biomassa, sugerindo que ainda é necessário se efetuar mais ensaios, em especial determinação de percentual de enxofre, para poder aplicar com maior acuracidade as fórmulas de cálculo do poder calorífico.

Com os ensaios de termogravimetria - TGA, é possível confirmar que a pirólise e a queima da biomassa constituinte do fruto do Babaçu realmente apresentam diferentes comportamentos, abrindo margem para futuros trabalhos de otimização do processo de beneficiamento e uso desses materiais, epicarpo e mesocarpo, como biocombustíveis.

Os ensaios de TGA com o endocarpo sugerem que o percentual máximo de rendimento para a carbonização do endocarpo ocorre quando a temperatura do processo de pirólise é mantida até o limite de 370 °C como, com um rendimento total de 32% nos processo de carbonização.

Uma outra contribuição deste trabalho é o levantamento de características e padrões físicos para os diferentes componentes do fruto, a exemplo da correlação entre percentual de castanhas quebradas e densidade aparente, podendo-se adotar esse parâmetro para a avaliação qualitativa de lotes de matéria prima.

Em resumo, com os dados resultantes deste trabalho, esperamos ter oferecido à comunidade Brasileira subsídios para que se estabeleça uma nova base para trabalhos com o Babaçu, elucidando a natureza do seu potencial energético e sua importância em âmbito regional. Ainda, com base nos parâmetros aqui levantados, é possível elaborar uma agenda política orientada a uma exploração mais racional dessa palmácea.

### **8.3 Perfil Energético**

Em função da heterogeneidade do perfil industrial das unidades no setor, é temerário

procurar índices médios padrões para o setor, dado que caso a caso cada unidade pode apresentar um comportamento bastante distinto das demais.

O uso de vapor saturado para aquecimento da massa seria um dos pontos a serem trabalhados na eventualidade de uma otimização do processo, assim como um trabalho de fomento a um programa de substituição do pátio de equipamentos com mais de 20 anos de uso por uma família de arquitetura aberta e com possibilidade de incorporação de uma tecnologia mais otimizada. Este procedimento não só seria uma importante iniciativa no âmbito tecnológico, pela melhoria do perfil técnico das unidades, assim como pela homogeneização da tecnologia empregada possibilitando aplicar políticas mais uniformes para o setor.

Quando comparado com outros setores de processamento de biomassa, é notada a diferença na ordem de grandeza das demandas térmicas e de energia elétrica do processamento das castanhas de Babaçu, superior aos índices das outras indústrias de processamento do setor, diferenças essas de aproximadamente 600% no tocante à demanda elétrica e aproximadamente 210% no tocante à consumo de vapor de processo. Estes percentuais claramente identificam uma lacuna de desenvolvimento tecnológico no setor, evidenciando o enorme potencial de otimização que ainda existe.

#### **8.4 Cogeração com Babaçu**

Com base nos dados coletados, a demanda por calor no processo de beneficiamento das castanhas de Babaçu é pequena comparada com o potencial calorífico presente nos elementos considerados combustíveis do fruto, o endocarpo e o epicarpo (biomassa energética), assim sendo não é possível preconizar o uso de turbinas de contra-pressão, sendo recomendado o uso de turbinas de extração condensação, como modelado neste trabalho.

Ou seja, nas condições de geração do vapor utilizadas neste trabalho, o volume mássico produzidos na caldeira, não poderia ser integralmente absorvido no processo de extração do óleo, sobrando um excedente de fluxo de vapor que só pode passar pela turbina se for acrescentado um condensador ao sistema.

Esta escolha tem a vantagem de, mesmo que não haja castanhas para beneficiar fora da safra,

com armazenamento de parte do endocarpo colhido durante a safra é possível operar a planta de cogeração, aumentando assim o tempo de utilidade desta e a possibilidade de venda para a rede.

A alta densidade (comparada à outras biomassa) do endocarpo favorece este tipo de procedimento, devendo ser dada preferência para queima do epicarpo durante o período de safra contra o armazenamento do epicarpo para regular a oferta de combustível.

Em termos de Brasil os potenciais de geração de excedentes podem não parecer muito significativos, mas devemos lembrar que eles ocorrem em uma área complementar à outras fontes de biomassa, favorecendo a flexibilização da matriz energética das regiões Norte-Nordeste do País.

Estrategicamente, esta complementaridade com relação à área de cultura do Babaçu com relação à cana de açúcar e eucalipto, possibilitaria ao País contar com a possibilidade de adoção de um sistema de produção de energia baseadas em biomassa em uma área mais abrangente do território nacional, ainda que o potencial de crescimento frente à capacidade instalada seja marginal, da ordem de 2 a 12%, para o principal estado produtor - Maranhão.

Comparado ao processamento de outras biomassas, em função principalmente das baixas temperaturas utilizadas, o fluxo de vapor específico por tonelada de castanhas processadas é bem mais elevado do que para outras indústrias de processamento, incluindo aí a indústria de óleo de Dendê, demonstrando um grau de otimização possível de ser trabalhado.

## **8.5 Mercado de Óleo de Babaçu**

Como resultado das características agrícolas da palmeira silvestre, o crescimento da indústria de extração de óleo esteve ligado ao avanço da fronteira agrícola como um fator de disponibilidade de áreas para expansão.

Em função da grande disponibilidade de matéria prima, o setor industrial teve um forte crescimento, atendendo a um mercado exterior (nacional, no Sul do País e internacional, durante as crises de fornecimento de óleo). Este mercado sofreu uma mudança lenta e desfavorável, incapaz de responder a estas mudanças. Sofreu um decréscimo da capacidade produtiva.

Tomando como base a análise histórica até os dias de hoje, nota-se que o ponto fraco da cadeia produtiva é a falta de um sistema de fornecimento de matéria prima, constante, confiável e de boa qualidade.

O modelo atual tem como prioridade a manutenção das condições sociais nas áreas de produção, e somente dentro destas áreas, sendo afetados muito pouco ou mesmo nada pelas modificações ocorridas no resto do País.

A crise do modelo atual motivou uma série de respostas isoladas, no sentido de tentar solucionar algumas das dificuldades encontradas na cadeia produtiva (como o Aproveitamento Integral do Fruto), quer seja por parte das indústrias quer seja pelos produtores rurais.

Assim sendo, a única forma de revitalização deste setor produtivo depende de uma reforma do sistema de fornecimento de matéria prima para garantir a disponibilidade, estabilidade, qualidade e continuidade. Agindo desta forma, se poderá reduzir o risco econômico associado ao uso desta biomassa, fazendo possível a entrada do capital privado e a continuidade de uma importante atividade econômica para a região.

Como resultado da análise conduzida ao longo deste trabalho, fica claro que existem diversas possibilidades de aprimoramento, desenvolvimento e geração de riquezas junto ao sistema produtivo que vem se mantendo desde da Primeira Grande Guerra, a despeito das turbulências internas e externas.

Fica claro também que as possibilidades de crescimento existem, dependendo fundamentalmente da identificação de novas parcerias que, atuando de forma estratégica, possam agregar novos valores aos bens comerciáveis passíveis de serem obtidos desta cadeia produtiva, pela valorização específica de suas particularidades.

Neste âmbito, este trabalho reforça a necessidade de maior intercâmbio entre os vários atores envolvidos, para que possam viabilizar um crescimento sinérgico que seriam incapazes de produzir caso atuem isoladamente.

Este processo poderia ser grandemente beneficiado por um correto monitoramento dos agentes do Estado, tanto nas esferas Federal quanto Estadual, atuando como facilitadores e

catalisadores destas novas parcerias.

Com base nos casos de sucesso analisados, a natureza dos problemas identificados pelas partes envolvidas (indústria, quebradeiras, etc.), este trabalho recomenda a adoção de uma Agenda para o Babaçu, onde poderiam ser tratados todos os problemas observados dentro da ótica particular de cada contribuinte potencial para a formulação de novas parcerias.

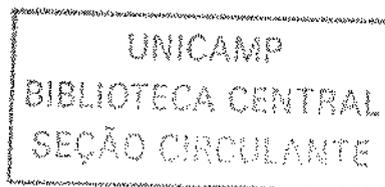
## 8.6 Conclusões Gerais

A cogeração com uso da biomassa proveniente do coco do Babaçu no Brasil é uma possibilidade técnica, porém sua viabilidade está condicionada à uma reformulação do setor produtivo, em que a cogeração pode desempenhar um papel particular na manutenção da viabilidade do Agronegócio Babaçu, mas não diretamente na sua revitalização.

Em termos tecnológicos este setor ainda carece de um grande aprimoramento no tocante à otimização do uso do vapor como fluido termodinâmico dentro da unidade, tendo-se como base a comparação com os níveis de demanda térmica na cadeia de processamento de outras matérias primas agrícolas.

A sua importância em termos energéticos é somente regional, condicionado à área de ocorrência da palmeira, indicando um incremento no potencial de geração de energia elétrica da ordem de 5% em relação ao atual parque gerador para o principal estado produtor, o Maranhão.

Assim sendo, optando-se pelo uso da configuração resultante da geração de vapor a 4,56 MPa e 420 °C e turbina operando em regime de extração condensação em indústria de extração e refino, e geração a 6,2 MPa a 450 °C para indústrias com fabricação de produtos associados, como sendo as melhores opções tecno-econômicas, segundo as condições de contorno adotadas neste estudo, o potencial de geração de energia elétrica no setor extrator de Babaçu no Brasil é de 104 MW. Com a otimização do sistema de coleta dos frutos, pode-se chegar a 262 MW, com potencial máximo para território nacional de 662 MW.



## Capítulo 9

### Propostas para Futuros Trabalhos

Segue abaixo algumas das idéias que surgiram ao longo do presente trabalho que poderiam apresentar uma proposta de continuidade do presente trabalho:

1. Estudo de eficiência de queima de biomassa de Babaçu em uma caldeira no intuito de levantar parâmetros operacionais e eficiências associadas (combustão incompleta, perda pelas cinzas, etc).
2. Estudo com experimentação à campo e comparação de diferentes temperaturas de carbonização para o endocarpo e o rendimento do processo para determinar a temperatura ótima.
3. Projeções de produtividade e produção com uso de áreas plantadas;
4. Estudo das configurações das unidades de beneficiamento dos frutos em pequenas comunidades adequando-se ao projeto Casa de Máquinas conforme proposto pela Eletrobrás;
5. Estudos de termogravimetria comparativa para otimização do processo de carbonização assim como o de queima;
6. No caso específico de análise voltada à planta com produção associada, estudo de uso de uma turbina de contra pressão.
7. Estudo de eficiência de quebra e armazenamento versus umidade.
8. Estudo para determinação das demandas térmicas e de potência para extração com solvente.
9. Estudo simplificado com relação à Logística e Gestão da produção com uso de um sistema com objetivo de maximizar o potencial de carbonização em paralelo ao sistema extrator de óleo.

## Capítulo 10

### Referências Bibliográficas

- Abreu, S. Fróes. O Côco Babacú. E o problema do combustível. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de tecnologia - Ministério de Trabalho, Indústria e Comércio 2ª edição, 1940.
- Amaral Filho, Jair do. A Economia Política do Bagaço: um estudo da organização da extrato-indústria do babaçu no Maranhão e suas tendências. São Luís: SIOGE - Serviço de Imprensa e Obras Gráficas do Estado, 312p., 1990.
- Bala, B. K.. Drying and Storage of Cereal Grains. Science Publishers, Inc.; Enfield, 1997.
- Bernini, Eduardo José. A produção independente e o Contexto Modernizador da Indústria de Energia Elétrica no Brasil. Revista Brasileira de Energia, vol. 5 nu 2, p. 49- 61, 1996.
- Brito, Maria Salete de. Aspectos da Produção de Oleaginosas e da Indústria de Óleos Vegetais no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil S.A., 1984.
- Brito, Sérgio de Salvo. Energia, economia, meio-ambiente: as fontes renováveis de energia no Brasil. Revista Brasileira de Energia, vol. 1 nu 3, p. 114-121, 1990.
- Calle, Frank Rosillo; Bajay, Sérgio Valdir & Rothman, Harry. Industrial Uses of Biomass Energy: the example of Brazil. London: Taylor & Francis Ltda., 2000.
- Campo, Eduardo Rafael Barreda del. Avaliação das possibilidades de incremento da cogeração em usinas açucareiras cubanas. Tese de mestrado apresentada na Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, 1995.
- Campos, Roberto de Moura. O potencial e a viabilidade econômica da geração de excedentes de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar. SBPE - Sociedade Brasileira de Planejamento Energético: Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Energia, Vol 1, nu 03, pg 68 - 78, 1990.

- Carvalho, Eveline Barbosa Silva. Estímulo à Estratégia Cooperativa como Condição para o Desenvolvimento Local. In: Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, Vol. 31 nu 03 p. 384-395 jul - set, 2000.
- Carvalho, José Carlos. Gestão Florestal em Minas Gerais. In: Gestão Ambiental no Brasil - Experiência e Sucesso. Fundação Getúlio Vargas ed.: São Paulo, Parte II, Pg. 127 - 154, 1989.
- Carvalho, José Herculano de. Programa nacional de pesquisa de Babacu: uma experiência a ser continuada e ampliada. Teresina: Emprapa, Documentos nu 32, 1998.
- CESP - Companhia Energética do Estado de São Paulo. Potencial de Cogeração no Estado de São Paulo, 1985.
- Coelho, Suani Teixeira; Silva, Orlando Cristiano da; Varkulya Jr., Américo & Paletta, Carlos Eduardo Machado. Potencial de Cogeração de Energia pelo uso de Resíduos Industriais na Produção de Óleo de Palma. Campinas: NIPE - Núcleo de Planejamento Energético. Caderno de Resumos AGRENER 2001, 2001.
- Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente. Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- COPERSUCAR. Projeto BRA/96/g31 Geração de energia por biomassa bagaço da cana-de-açúcar e resíduos. Informativo do Centro de tecnologia COPERSUCAR: Piracicaba, nu 01 Dezembro, 1997.
- Cortez, Luis Augusto Barbosa & Lora, Electo Silva (Coordenadores). Tecnologias de Conversão Energética de Biomassa. Série: Sistemas energéticos. Manaus: EDUA - EFEL, v. 2, 527p. 1997.
- Cunha, Bernardo da Silveira. Industrialização Integral do Coco do Babacu: efeitos sobre a renda e o emprego dos pequenos produtores no estado do Maranhão. Viçosa: UFV, 1979.
- Dimant, R. M. E. Total Energy. New York: Pergamon Press, 429p, 1970.
- EMBRAPA, Babacu - Programa Nacional de Pesquisa. Brasília: EMBRAPA, 1984a.
- EMBRAPA,. Zoneamento Edafoclimático do Babacu nos Estados do Maranhão e Piauí. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SNLCS - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos/SUDENE - DRN, 557 p., 1984b.
- Emmerich, Francisco Guilherme. Modelo granular, percolação resistividade, RSE e módulo de elasticidade da materiais carbonosos: aplicação ao endocarpo de babacu tratado termicamente até 2200°C. Campinas: Instituto de Física "Gleb Wataghin", tese de Doutorado apresentada em 08 de Julho de 1987.
- Ennes, Sérgio A. W.. Estratégias para Implementação de Sistemas de Energia Integrados. In: Anais

- do Seminário Internacional "Ecossistemas, Alimentos e Energia". Brasília: Finep/UNESCO, 1984.
- Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hanover. Sources of Energy in the Nineties: Reserves, Resources and Availability. Natural Resources and Development. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen, Federal Republic of Germany. V 47 p. 7 - 43, 1998.
- Fernandes, Eliana santos lima & Coelho, Suani Teixeira (org.). Perspectivas do Álcool Combustível no Brasil. USP - Instituto de Eletrotécnica e Energia: São Paulo, 1996.
- FIESP/CIESP. Ampliação da oferta de energia através da Biomassa. São Paulo: FIESP/CIESP, 2001.
- FINEP/PNUD. Anais do Seminário Internacional "Ecossistema, Alimentos e Energia": Capacitação para a tomada de Decisões na Área de Energia. Brasília: FINEP, 2 a 6 Setembro, 1984.
- Frazão, José Mário Ferro. Projeto Quebra Coco: Alternativas Econômicas Para Agricultura Familiar Assentada Em Áreas De Ecossistemas De Babacuais - Estudo De Viabilidade Econômica. Fevereiro, 2.001 (comunicação pessoal).
- Garcia, Roberto & Bernardes, Hegel José. Manual de Utilização de Óleos Combustíveis Ultra Viscosos. 1 ed. Belo Horizonte: Petrobrás, 1990.
- Gonsalves, Alpheu Diniz. O Babaçu. Considerações Científicas, técnicas e econômicas. Ministério da Agricultura: Rio de Janeiro, Se'rie Estudos e Ensaios nu 8, 1955.
- Goulet, Denis. Desenvolvimento Autêntico. In: Cavalcanti C. Meio Ambiente, Desenvolvimento sustentável e Políticas Públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997. P. 72-82.
- Grupo PENSA. Reorganização do Agronegócio do Babaçu no Estado do Maranhão. São Paulo: USP, arquivo eletrônico, 2000.
- Hall, D. O. & Overend, R. P.. Biomass - Renewable Energy. John Wiley & Sons, 1987.
- Hartman, Leopoldo & Esteves, Walter. Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais. Série tecnologia Agroindustrial, Vol 13. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 171p, 1982.
- Herrera, Amílcar O. The Generation of Technologies in Rural Area. World Development, Vol. 9 p. 21 - 35. London: Pergamon Press Ltd., 1981.
- Hoffmann, Ronaldo & Pretz, Ricardo. Geração regionalizada de energia , em potências inferiores a 1 MWe, a partir da geração de resíduo de biomassa da casca de arroz. Anais em CD - 1<sup>st</sup> International Congress on Biomass for Metal and Electricity Production, Belo Horizonte - MG -

- UFMG/ISS - Brazil (Iron & Steel Society Brazilian Section), de 08 a 11 de Outubro, arquivo E:\trab\5\_p\_17.htm, 2001.
- Hu, S. David. Cogeneration. Virginia: Reston Publishing Company Inc., 428p, 1985.
- Hugot, Emile. Manual de Engenharia Açucareira. Vol II. Editora Jou: São Paulo, 1969.
- IAA - Instituto do Açúcar e do Alcool. 1º Painel Nacional sobre Excedentes de bagaço e sua utilização na cogeração de energia. Brasil Açucareiro, nu LV, vol. 105 n.º 2 e 3, 1987.
- IBGE/SIDRA - Instituto de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico. IBGE: Brasília, 2000.
- Jannuzzi, Gilberto de Marinho. Planejamento de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Campinas: Autores Associados, 246p. 1997.
- Kula, E. Economics of Natural Resources and the Enviroment. London: Chappman & Hall, 287p. 1992.
- Leme, Plínio. Apresentação durante o 1º Encontro do Babaçu. Anais do 1º Encontro do Babacu. Terezina: SPC, pg.61 – 62, 1981.
- Lora, Electro Eduardo Silva. Perspectivas da Utilização de Biomassa com fins Energéticos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Tecnologia e Aplicação Racional de Energia Elétrica e de Fontes Renováveis na Agricultura. UFPB/SBEA: Campinas Grande - Paraíba, Brasil, 21 a 25 de Junho 1997.
- Maimon, Dalia. Passaporte Verde. Gestão Ambiental e Competitividade. Ed. Qualitymark: Rio de Janeiro, 111p, 1996.
- May, Peter, Manejo de Babaçuais para Produção Sustentável e Redução de Emissões de Carbono na Indústria de Ferro Gusa de Carajás. São Luis: Instituto Pró Natura - USA, comunicação pessoal, 1999.
- Mesquita, Beijamin Alvino de. As Relações de Produção e o Extrativismo do Babaçu os Estados do Maranhão, Piauí Pará e Tocantins. In: Economia do Babacu - Levantamento preliminar de Dados. MIQCB - Movimento Interestadual das quebradeiras de Coco Babaçu - Balaíos Typographia: São Luis, 2 ed. pg. 73 - 138 - 72, 2001.
- Messersmith, Charles; Warner, Cecil F. e Olsen, Robert A.. Mechanical Engeneering Laboratory. New York, John Wiley & Sons Inc. 2nd ed. p. 81 - 89, 1956.
- MIC/STI. Mapeamento e Levantamento do Potencial das Ocorrências de Babaçuais, nos Estados do Maranhão, Piauí, Mato Grosso e Goiás. Brasília: Ministério da Indústria e Comercio - Secretaria de Tecnologia Industrial, 1982.

- MME - Ministério da Minas e Energia. Balço Energético Nacional 2000. Ministério de Minas e Energia: Brasília, 1999.
- MME - Ministério da Minas e Energia. Balço Energético Nacional 2002. Ministério de Minas e Energia: Brasília, 2002.
- Orlando, J. A. Cogeneration Planner's Handbook. Lilbrun: The Fairmount Press Inc., 1991.
- Peixoto, Arioso Rodrigues. Plantas Oleaginosas Arbóreas. Biblioteca Rural. Ed. Nobel S.A., São Paulo, 1973.
- Pick, Pedro J. et. al.. Gradual Disappearance vs. Slow Metamorphosis to Integrated Agribusiness. New York: NY Botanic Garden, 1985.
- Pinatti, Daltro Garcia; Couto, Laercio; Soares, Alvaro Guedes; Vieira, Christian Alexandre & Conte, Rosa Ana. Report on Bioenergy in Brazil. Annual Meeting of International Energy Agency - TASSK 17. Alabama: Auburn University, September 6 - 9, 1999.
- Ramalho, Edna Lopes. Uma visão da Comercialização de Energia Elétrica. pela Indústrias de Açúcar e Alcool. diante da Reestruturação do Setor Elétrico Nacional. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, 1999, 114 p. Dissertação (Mestrado).
- Río, Gisela A. Pires do. Gestão Ambiental: Uma Avaliação das negociações para a implementação da ISO 14.000. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq/MCT, 1996.
- Rosa, Luiz Pingueli. A diferença entre a privatização das empresas elétricas e a participação privada necessária no setor energético. In: Revista Brasileira de Energia, vol. 3 nu 1: Rio de Janeiro: SBPE, 1993.
- Rosseti, J. P.. Crescimento e desenvolvimento. Diferenças fundamentais. Jornal da Tarde, 11 de Agosto de 1983.
- Sachs, Ignacy. Ecodesenvolvimento: Crescer sem destruir. Ed. Vórtice: São Paulo, 207p., 1986.
- Shiraishi Neto, Joaquim. Babaçu Livre: Conflito entre Legislação Extrativa e Práticas Camponesas. In: Economia do Babaçu - Levantamento preliminar de Dados. MIQCB - Movimento Interestadual das quebradeiras de Coco Babaçu - Balaios Typographia: São Luis, 2 ed. pg. 47 - 72, 2001.
- Siddhartha, Gaur & Reed, Thomas B.. Thermal data for natural and synthetic fuels. New York; Marcel Dekker, Inc., 1998.
- Silva, José de Castro e; Barrichelo, Luiz Ernesto George ; Brito, José Otávio. Endocarpos de Babaçu

- e de Macaúba comparados à Madeira de Eucalyptus Grandis para a Produção de Carvão Vegetal. In: Revista do IPEF Piracicaba: IPEF nu 34 Dezembro, pg 31 - 34, 1986
- Silveira, José Luz. Cogeração disseminada para pequenos usuários: estudos de caso para o setor terciário. Tese de doutoramento apresentada na Faculdade de Engenharia Mecânica UNICAMP, 1994.
- Teixeira, M. A. Aproveitamento Energético do Bagaço, Resgate de Uma Trajetória Tecnológica no Setor Sucro-Alcooleiro. Caderno de Resumos das IV Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia: Ciência Tecnologia & Sociedade e o Futuro da América Latina. Campinas - SP- IG – Instituto de Geociências, de 23 a 26 de Outubro 2000b.
- Teixeira, M. A. Biomassa de Babaçu no Brasil. Caderno de Resumos 4º Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER 2002, 29 - 31 de Outubro, NIPE: Campinas, 2002.
- Teixeira, Marcos A. & Milanez, Luiz F.. Cogeneration on Sugar Cane Sector: Future Scenarios and the New Legislation. Proceedings ECOS 2000 - International Conference on Efficiency, Cost, Optimisation, Simulation and Environmental Aspects of Energy and Process Systems, Part 3: Process Integration, Nederland, Universiteit Twente, 5 - 7 July 2000a. p. 1621 - 1630.
- Teixeira, Marcos Alexandre. Biomassa de Babaçu no Brasil. Caderno de Resumos: AGRENER 2002 - 4º Encontro de Energia no Meio Rural 28 a 31 de Outubro de 2002, UNICAMP, Campinas - SP, Brasil, 2002.
- Teixeira, Marcos Alexandre. La Industria Brasileña de Extracción de Aceite de Palma de Babassu, un Nuevo Enfoque. Comunicaciones - III CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. Granada, 25 - 28 Septiembre 2001, arquivo: PonenciasHtml/1329.htm, 2001.
- Tillman, David A.. Biomass Combustion in Hall, D. O. & Overnd, P. P. Biomass - Renewable Energy. Fohn Wiley & Sons LTDA, p 203 - 219, 1987.
- UNIFEM. Extracção de Óleo. Manual nu 1 de Tecnologia do Ciclo alimentar. UNIFEM - Fundo de desenvolvimento das Nações unidas para Mulheres: New York, 1989.
- Ventura Filho, Altino. Plano 2015. O plano Nacional de Energia Elétrica 1993/2015. Revista Brasileira de Energia, vol. 5 nu 2, 1996.
- Vivacqua Filho, Antônio. Babaçu, Aspectos Sócios - Econômicos e Tecnológicos. Brasília: Universidade de Brasília, 217p, 1968.
- Vivacqua Filho, Antônio. Petróleo e Coque Metalúrgico do Babaçu e Macauba. Anais Encontro do Babaçu. Teresina: SPC, p. 83 - 92, 1981.

Walter, A. C. S. et. Al.. Preliminary Evaluation of Cofiring Biomass (sugar-cane residues) + Natural Gas in Brazil. (no Prelo).

Walter, A. C. S. Viabilidade e Perspectivas da Cogeração e da Geração Termoelétrica junto ao Setor Sucro-alcooleiro. Tese de Doutorado: FEM - UNICAMP: Campinas, 1994.

## **Anexo 1 - Questionário para Coleta de Dados**



## Questionário

### Identificação (opcional)

Nome da Empresa: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_

Estado: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Telefone: ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_ Fax: ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

Área de atuação (qual área geográfica em que atua, por exemplo, raio de 50 km em torno de São Luiz).

\_\_\_\_\_

De que mês a que mês é a safra na sua região, se trabalhar com mais de um produto, indique a safra de cada um deles.

\_\_\_\_\_

Durante a safra, opera em regime de 24 horas?

\_\_\_\_\_

Quais são os seus principais produtos (se trabalha só com extração do óleo de Babaçu ou também trabalha com outras oleaginosas e/ou outros produtos, como sabão, por exemplo):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Pessoas empregadas.

Indique no quadro abaixo o número de pessoas empregadas em cada função/categoria, (aproximadamente).

Função	Número de funcionários
Gerente	
Pessoal de escritório	
Superviso	
Mecânico	
Mestre de prensa	
Químico	
Ajudantes	



\_\_\_\_\_

Como é realizada a compra da matéria prima, se compra só castanha, direto do produtor, ou adquire por intermédio de um atravessador?

\_\_\_\_\_

O pagamento é feito, a vista, em 30, 60, ou mais dias (indicar o percentual de pratica mais de uma modalidade)?

\_\_\_\_\_

**A extração do óleo**

Marcar no quadro abaixo quais os processos que usa, qual o rendimento de extração observado, ou o percentual de óleo residual (indicar NC se não mede ou não tem registro desta informação).

Processo	Usa (Sim ou Não)	Rendimento da extração	Percentual de óleo residual
Prensagem a quente (com aquecimento)			
Prensagem a frio			
Por solvente (solv. utilizado: _____)			
Outro: _____			

Após a extração, qual o destino da torta (se é utilizada na fábrica, se vendida e para que fim)?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Existem outras plantas associadas à fábrica, por exemplo, sabão, margarina, etc?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Capacidade de processamento:

Qual a capacidade máxima de processamento (indicar de operando 24 por dia ou expediente normal)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# Projeto Energia do Babaçu - Formulário de coleta de dados.

Normalmente opera na capacidade máxima, ou só raramente, indique o período e os percentuais de ociosidade.

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
% de ociosidade												

## Gastos com energia

Qual é o consumo de energia elétrica anual ? \_\_\_\_\_ kWh  
 Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) \_\_\_\_\_

Você poderia indicar no quadro abaixo o gasto de energia elétrica ao longo do ano:

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo eletricidade kWh												

Quais outras fontes energéticas utiliza? Indicar tipo e consumo anual, e/ou sua distribuição ao longo do ano:

Combustível: Lenha

Consumo anual \_\_\_\_\_ (indicar se não utiliza)  
 Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) \_\_\_\_\_

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo Lenha												

Combustível: Óleo combustível

Consumo anual \_\_\_\_\_ (indicar se não utiliza)  
 Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) \_\_\_\_\_

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo Óleo Combust.												



Combustível: \_\_\_\_\_

Consumo anual \_\_\_\_\_ (indicar se não utiliza).

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo												

### Equipamentos

Indicar nos quadros abaixo, quais os equipamentos que possui:

#### Caldeiras

Quant	Modelo	Combust.	Pressão	Vazão de vapor	Temp. do Vapor	Consumo	Idade (anos)

#### Moinho ou triturador

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas)

\_\_\_\_\_

#### Chaleiras

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Temp Vapor. Entr./Saída	Consumo		Idade (anos)
					Elétrico.	Vapor	

Qual as temperaturas e pressão na entrada e saída do vapor das chaleiras:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**Prensas**

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)

**Bombas**

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)

**Clarificador ou Braqueador**

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo		Idade (anos)
				Elétrico.	Vapor	

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas)

---



---

Outras informações:

Utilize este espaço para colocar quaisquer informações que achar interessante:

---



---



---



---

**Nota:** Com o avanço dos trabalhos, foi notado que é necessário levantar a forma de conexão com a rede, qual q faixa de tensão, de forma a poder estar melhor estimando os custos de interligação com a rede.

## Anexo 2 - Dados dos ensaios

Segue abaixo os dados dos ensaios efetuados com o material analisado.

### Densidade

Cálculo de densidade Endocarpo			Cálculo de Densidade Castanha			Dens. mesocarpo		
Pesos [g]		Tara 314,96 g - Vol 1,0866 l	Pesos [g]		Tara 271,8 g Cast + água	Vol. - 1,0947 l	Pesos [g] Tara 19,1 - Vol 0,107 l	
N	Só endocarpo	Endo + Água	N	Só castanha	Cast + água	Após Água	N	Só mesocarpo
1	840,02	1538,12	1	753,6	1268,9		1	79,8
2	859,55	1546,04	2	871,4	1389,8		2	78,3
3	868,82	1540,6	3	869,1	1383,7		3	78,5
4	861,99	1544,56	4	884,3	1385,1		4	79,8
5	869,14	1556,31	5	929	1393,1		5	80,3
6	871,14	1551,65	6	900,8	1376,4		6	75,4
7	882,63	1539,19	7	891,8	1372,3	915,8	7	87,5
8	873,09	1558,91	8	905,4	1385,9	933,5	8	84,8
9	856,28	1547,59	9	917,7	1382,5	946,7	9	84,5
			10	904,3	1394,5	-	10	85,1
			11	916	1386,4	943,5	11	81,3
			12	891,6	1376,9	918,3	12	81,2
			13	901,3	1381,6	-	13	81,9
			14	881,7	1398,3	909,9	14	80,5
			15	930,6	1410,7	963,2	15	84,9
			16	888	1396,4	-		

Densidade Castanhas X Percentual de quebrados - Peso por % de quebrados - Tara 271,8 g - Volume - 1,0947 L									
N	0,0%	100,00%	90,47%	81,94%	66,92%	52,13%	46,62%	39,77%	23,04%
1	926,3	879,4	891,6	894,2	896,9	913,5	645,2	927,5	931,4
2	926	896,4	901,3	908,6	910,4	893,7	628,8	907,6	935,9
3	932,3	870,1	904,2	902,0	903,6	926,4	639,5	924,0	924,1
4	925,7	915,8	899,9	886,4	922,6	906,8	637,9	920,8	909,6
5	924,2	884,5	902,5	877	924,2	915,4	653,1	905,3	934,2
6	939,4	895,5	897,2	901,8	905,3	919,5	644,2	934,7	925,4
7	934,4	901,8	924,9	887,6	910	899,5	647,3	916,7	924,3
8	918,3	884,8	904,4	895	898,1	906,3	637,4	914,1	909,2
9	913,8	899,9	884,7	899,4	903,6	910,2	626	910,5	909,8
10	939,2	898,8	896,5	880,2	905,1	909,5	635,9	913,4	946,1
11	922,2	887,7							
12	910,3	877,9							
13	927,8	884,6							
14	924,7	888,3							
15		887,5							

# Análise Imediata

## Mesocarpo

Cadinho	Peso [g]						Epicarpo				
	tara	Úmido quente	Úmido frio	Voláteis	Tara final	Cinzas	tara	Úmido	Voláteis	Cinzas	Tara final
1	18,191	19,3992	19,4191	18,2467	18,1939	18,1982	18,2101	19,3851	18,3358	18,2342	18,2145
2	17,6035	18,7574	18,7759	17,6562	17,607	17,613	17,6453	18,6957	17,7517	17,6668	17,6498
3	22,4857	23,7268	23,7463	22,5437	22,4915	22,4981	22,57	23,5316	22,6788	22,592	22,5758
4	18,5859	19,9821	20,0049	18,666	18,5897	18,5983	18,6629	19,737	18,7858	18,6851	18,6666
5	17,788	18,8272	18,8434	17,8589	17,7915	17,7972	17,8138	19,0479	17,9927	17,8494	17,8222
6	21,8915	23,5704	23,5906	21,9981	21,8966	21,9064	21,9328	23,2329	22,1069	21,9647	21,9356

## Endocarpo

Cadinho	Peso [g]				Peso [g]			
	tara	Úmido	Voláteis	Cinzas	tara	Úmido	Voláteis	Cinzas
1	18,5854	20,2057	19,0404	18,6289	18,191	19,7579	18,385	18,2113
2	17,6046	20,1482	18,0215	17,6491	17,6034	18,6789	17,7508	17,6184
3	18,1917	21,2615	18,6288	18,2346	22,4848	24,1192	22,736	22,5191
4	17,794	25,5715	18,1943	17,8325	18,5851	19,9747	18,8005	18,6128
5	22,4843	24,8155	23,0111	22,5419	17,7882	19,2026	18,0114	17,8104
6	-	-	-	-	21,8908	23,6556	22,1803	21,9201

## Endocarpo

Cadinho	Peso [g]					Peso [g]				
	tara	Úmido	Voláteis	Tara final	Cinzas	tara	Úmido	Voláteis	Cinzas	Tara final
1	18,2074	21,3168	18,7476	18,2067	18,2481	18,2067	18,7186	18,439	18,2471	18,209
2	17,6424	21,0878	18,2546	17,6439	17,6935	17,6439	18,6023	17,7694	17,668	17,6444
3	22,57	26,0103	23,1597	22,5687	22,616	22,57	23,7658	22,7414	22,6008	22,5714
4	18,6581	22,6317	19,3622	18,6594	18,7144	18,6594	19,638	18,7988	18,6849	18,6611
5	17,8139	22,2246	18,6397	17,8123	17,9393	17,8123	19,1917	18,0421	17,8504	17,813
6	21,9254	26,1862	22,6898	21,9263	21,9872	21,9263	23,3708	22,1614	21,964	21,9267

Castanha	Peso [g]					
	Cadinho	tara	Úmido	Voláteis	Cinzas	Tara final
1	1	18,1939	22,1733	18,4246	18,2573	18,2074
2	2	17,607	22,2743	17,8891	17,6831	17,6424
3	3	22,4915	27,0902	22,7584	22,574	22,57
4	4	18,5897	24,3711	18,9522	18,6894	18,6581
5	5	17,7915	24,088	18,2103	17,8968	17,8139
6	6	21,8966	28,8338	22,3668	22,0168	21,9254

## Umidade de Equilíbrio

Solução NaCl		Pesos [g]	Úmido						Seco	Tara seca
Forma	Material	Tara	30/4/02	17/5/02	14/6/02	15/7/02	14/8/02	14/8/02	Seco	Tara seca
376	Endo.	10,9975	13,3465	13,3692	13,3664	13,3726	13,3647	13,3600	13,1035	10,9989
316		8,0488	9,9237	9,9409	9,9390	9,9481	9,9376	9,9320	9,7313	8,0506
185		7,9611	11,0958	11,1257	11,1245	11,1316	11,1222	11,1164	10,7721	7,9610
51	Farinha	8,0098	9,6635	9,7283	9,7257	9,7324	9,7246	9,7217	9,4706	8,0098
336		7,8024	9,7254	9,8000	9,7976	9,8127	9,8010	9,7954	9,5016	7,7989
286		8,6040	10,4793	10,5511	10,5910	10,5578	10,5501	10,5456	10,2560	8,6061
237	Cast.	7,6546	9,7329	9,7566	9,7543	9,7580	9,7551	9,7500	9,5502	7,6564
109		6,8024	9,2789	9,3078	9,3041	9,3068	9,3073	9,3029	9,1189	6,8032
388		8,2710	10,6556	10,6847	10,6815	10,6846	10,6808	10,6770	10,4787	8,2724

Solução CH <sub>2</sub> COOK		Pesos	Úmido						18/8/02	Seco	Tara seca
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca	
227	Endo.	8,8976	10,5318	10,4803	10,4775	10,4777	10,4742	10,4731	10,3679	8,8993	
52		7,8653	9,9704	9,9073	9,9037	9,9064	9,8991	9,8977	9,7639	7,8657	
357		8,7218	11,4452	11,3608	11,3571	11,3580	11,3518	11,3508	11,1748	8,7242	
131	Farinha	8,1880	10,2479	10,2160	10,2143	10,2142	10,2097	10,2089	10,0366	8,1895	
322		8,2605	10,0908	10,0621	10,0613	10,0608	10,0570	10,0561	9,9059	8,2622	
117		8,3540	10,3801	10,3476	10,3459	10,3459	10,3415	10,3406	10,1647	8,3562	
88	Cast.	8,2793	10,8590	10,8262	10,8230	10,8238	10,8232	10,8227	10,6815	8,2824	
141		10,7218	12,1596	12,1490	12,1466	12,1472	13,1471	12,1463	12,0594	10,7245	
140		8,0985	9,8118	9,7839	9,7819	9,7826	9,7821	9,7815	9,6657	8,1027	

Solução LiCl		Pesos	Úmido						Seco	Tara seca
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/085/02	14/8/2002	Seco	Tara seca
264	Endo.	8,0844	10,5607	10,3632	10,3623	10,3624	10,3628	10,3627	10,3095	8,0860
397		10,7343	13,2307	13,0320	13,0313	13,0317	13,0321	13,0325	12,9794	10,7366
269		7,7884	11,1951	1,9179	10,9180	10,9183	10,9175	10,9182	10,8387	7,7904
403	Farinha	10,8006	12,7863	12,6552	12,6543	12,6524	12,6516	12,6543	12,5699	10,7986
412		10,5944	12,0465	11,9523	10,9522	11,9496	11,9494	11,9519	11,8962	10,5953
85		10,8940	13,1474	13,9982	12,9987	12,9520	12,9939	12,9967	12,9012	10,8957
225	Cast.	11,0601	12,2601	12,2278	12,2249	12,2259	12,2263	12,2259	12,1892	11,0645
144		8,0562	10,5204	10,4595	10,4549	10,4545	10,4511	10,2542	10,3849	8,0600
80		7,8450	10,3385	10,2710	10,2664	10,2657	10,2654	10,2655	10,1896	7,8256

Solução NaBr		Pesos	Úmido						Seco	Tara seca
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca
330	Endo.	10,7600	14,2209	14,1968	14,1925	14,1993	14,1852	14,1825	13,8639	10,7506
168		7,9298	11,5693	11,5424	11,5390	11,5451	11,5294	11,5273	11,1969	7,9219
294		10,9430	13,2144	13,1982	13,1949	13,1994	13,1900	13,1880	12,9846	10,9355
132	Farinha	10,9209	12,6521	12,6530	12,6504	12,6549	12,6487	12,6460	12,4721	10,9142
28		7,6202	9,8709	9,8708	9,8688	9,8736	9,8654	9,8623	9,6266	7,6128
147		8,8798	10,5005	10,5003	10,4981	10,5019	10,4951	10,4925	10,3284	8,8734
379	Cast.	8,1227	9,8736	9,8664	9,8641	9,8664	9,8627	9,8627	8,7453	7,1756
619		8,0669	10,6474	10,6372	10,6340	10,6337	10,6226	10,6322	10,4763	8,0708
155		7,7428	9,6215	9,6138	9,6114	9,6134	9,6100	9,6090	9,4837	7,7444

Solução K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>		Pesos Úmido									
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca	
71	Endo.	8,7562	11,5898	11,4659	11,6437	11,6533	11,6358	11,6273	11,2805	8,7583	
395		8,2934	12,2954	12,3692	12,3661	12,3770	12,3553	12,3464	11,8542	8,2954	
278		8,2477	10,6249	10,6742	10,6719	10,6802	10,6655	10,6571	10,3677	8,2487	
353	Farinha	8,3565	10,3086	10,4591	10,4525	10,4598	10,4344	10,4251	10,0474	8,3590	
240		8,7436	10,7569	10,9139	10,9056	10,9152	10,8902	10,8788	10,4910	8,7457	
394		8,3025	10,3910	10,5514	10,5439	10,5534	10,5282	10,5177	10,1134	8,3053	
398	Cast.	8,0582	11,2820	11,3812	11,3389	11,2884	11,2145	11,5208	10,8720	8,0600	
458		8,0510	11,0995	11,1956	11,1458	11,0878	11,0127	11,0027	10,6805	8,0510	
38		11,0156	13,6210	13,7005	13,6158	13,5629	13,4857	13,4769	13,2168	11,0170	

Solução NaNO <sub>2</sub>		Pesos Úmido									
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca	
263	Endo.	8,2827	10,2642	10,2888	10,2869	10,2910	10,2805	10,2755	10,0815	8,2982	
119		6,7441	10,6233	10,6329	10,6357	10,6413	10,6233	10,6186	10,2178	6,7469	
368		8,0927	11,3250	11,3333	11,3758	11,3897	11,3416	11,3659	11,0287	8,1307	
313	Farinha	10,8569	12,4050	12,4275	12,4296	12,4370	12,4283	12,4242	12,2225	10,8597	
391		8,1830	9,8229	9,8440	9,8468	9,8246	9,8469	9,8425	9,6279	8,1849	
309		8,2233	9,6179	9,6363	9,6382	9,6449	9,6371	9,6336	9,4540	8,2251	
406	Cast.	10,9206	14,0866	14,1028	14,1007	14,1081	14,0985	14,0959	13,8308	10,9251	
297		8,2078	11,5642	11,5767	11,5761	11,5820	11,5722	11,5690	11,3129	8,2129	
78		8,1565	11,3300	11,3434	11,3407	11,3474	11,3388	11,3360	11,1007	8,1619	

Solução CaCl <sub>2</sub>		Pesos Úmido									
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca	
153	Endo.	8,0805	11,2521	11,2561	11,2544	11,2521	11,2518	11,2376	10,9325	8,0849	
110		7,7477	10,6353	10,6276	10,6443	10,6356	10,6229	10,6183	10,3439	7,7499	
606		8,4374	10,7340	10,7734	10,7386	10,7342	10,7266	10,7228	10,5063	8,4420	
36	Farinha	7,9598	9,9480	9,9537	9,9514	9,9524	9,9487	9,9436	9,7182	7,9616	
385		8,3730	10,3418	10,3484	10,3458	10,3598	10,3481	10,3424	10,1196	8,3452	
158		7,8692	9,7779	9,7841	9,7822	9,7855	9,7807	9,7759	9,5600	7,8709	
303	Cast.	7,8660	10,3020	11,3083	11,3000	11,3013	11,1986	11,2966	11,0631	7,8717	
101		11,1528	14,1562	14,1629	14,1544	14,1579	14,1557	14,1537	13,9227	11,1562	
143		11,0388	14,2108	14,2219	14,2053	14,2096	14,2068	14,2051	13,9753	11,0416	

Solução K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		Pesos Úmido									
Forma	Material	Tara	30/4/2002	17/5/2002	14/6/2002	15/7/2002	14/8/2002	14/8/2002	Seco	Tara seca	
67	Endo.	8,2093	10,2568	10,2637	10,2608	10,2654	10,2585	10,2545	10,0515	8,2092	
126		7,9992	10,3587	10,3664	10,3641	10,3680	10,3602	10,3561	10,1463	8,0011	
270		7,9979	10,5480	10,5565	10,5545	10,5581	10,5492	10,5454	10,2689	7,9993	
337	Farinha	10,8710	12,4838	12,5015	12,4998	12,5053	12,4990	12,4963	12,3021	10,8719	
40		8,2252	9,3383	9,3508	9,3492	9,3534	9,3481	9,3458	9,2186	8,2260	
239		7,9503	9,5574	9,5745	9,5743	9,5787	9,5724	9,5700	9,3748	4,9509	
317	Cast.	7,7382	10,0322	10,0480	10,0367	10,0395	10,0374	10,0347	9,8491	7,7410	
351		8,3386	10,4713	10,4790	10,4764	10,4792	10,4768	10,4743	10,3054	8,3400	
241		8,2898	10,0277	11,0335	11,0308	11,0344	11,0320	11,0299	10,8349	8,2940	

Granulometria

### Endocarpo

Peneira		N (peso [g])							
mm	ABNT	1	2	3	4	5	6	7	8
50,8		0	0	0	0	0	0	0	0
38,1	1 1/2"	49,67	197,25	26,71	0,00	0,00	13,14	32,36	0,00
25,4	1"	106,38	0,00	91,39	175,99	212,11	124,99	182,68	198,04
19,1	3/4"	80,43	84,31	161,69	137,86	65,02	86,91	101,47	153,29
12,7	1/2"	45,31	0,00	38,86	53,10	24,68	19,60	12,82	20,61
Fundo		0,00	0,56	0,04	0,00	1,35	0,10	1,50	0,00
Total		281,66	281,61	318,68	366,95	303,16	244,74	330,83	371,94

### Castanha

Peneira				N (peso [g])				
mm	ABNT	TYLER	USB	1	2	3	4	5
19,1	3/4"	3/4"		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,7	1/2"	1/2"		174,79	177,26	112,87	124,11	168,58
4,76	4			146,40	77,29	68,15	88,28	78,63
Fundo				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				321,19	254,55	181,02	212,39	247,21

### Bomba Calorimétrica

Material	Endocarpo 1	Endocarpo 2	Endocarpo 3	Endocarpo 4	Padrão 1	Epicarpo 1.1	Epicarpo 2.1	Epicarpo 1.2	Epicarpo 3.1
Temp. Amb. [°C]	28,00	26,20	26,50	30,30	28,50	26,50	23,60	24,10	24,30
Pres. Atm [mmHg]	71,50	71,50	71,30	71,27	71,40		71,35	71,36	71,35
Umidade Rel. [%]	72,00	72,00	70,00	55,00	52,50		78,50	80,00	78,00
Peso Fio [g]		0,0048	0,0053	0,0054	0,0054	0,0054	0,0048	0,0052	0,0052
Peso Amos. [g]			1,2443	1,5602		1,3840	1,4885	1,5957	1,1905
Peso Conf. [g]	0,6062	1,8748	1,2429	1,5310	2,1054	1,3285	1,4542	0,9895	1,1593
Titulação [ml]	5,10	13,10	7,60	10,00	12,20	8,80	8,70	4,45	8,20
Cal antes [°C]	28,10	28,30	28,55	29,20	29,80	29,90	25,90	25,90	
Cal depois [°C]		28,40	28,90	29,50	29,90				26,40
Tempo [min]									
-7	25,980	27,140	24,390	26,350	27,135	27,520		23,060	24,130
-6	25,980	27,150	24,410	26,360	27,140	27,520	22,950	23,065	24,135
-5	25,980			26,370	27,145	27,530		23,080	24,140
-4	25,990	27,150		26,380	27,150	27,540	23,060	23,085	24,145
-3	25,990		24,410	26,390	27,155	27,540	23,070	23,098	24,150
-2	26,000			26,405	27,160	27,540	23,070	23,100	24,155
-1	26,000	27,150	24,410	26,410	27,160	27,545	23,070	23,115	24,160
Ignição									
0	26,000	27,150	24,420	26,415	27,160	27,555	23,080	23,120	24,170
0,5	26,010	27,160	24,490	26,420		27,560	23,090	23,130	24,180
1	26,010	27,170	24,520	26,540	27,190	27,570	23,100	23,135	24,305
1,5	26,040	27,220	24,660	26,620	27,490	27,690	23,115	23,195	24,580
2	26,060	27,220	24,670	26,720	27,940	27,900	23,130	23,250	24,630
2,5	26,090	27,360	24,570	26,740	28,440	28,170	23,170	23,275	24,825
3	26,120	27,530	24,660	26,830	28,980	28,335	23,210	23,390	24,930

3,5	26,160	27,740	24,785	26,990	29,330	28,525	23,270	23,490	25,225
4	26,190	28,030	24,970	27,320	29,620	28,640	23,335	23,640	25,375
4,5	26,220	28,220	25,140	27,500	29,870	28,780	23,390	23,790	25,480
5	26,250	28,380	25,260	27,640	30,080	28,860	23,440	23,920	25,565
5,5	26,280	28,570	25,400	27,800	30,200	28,935	23,480	24,020	25,615
6	26,300	28,720	25,500	27,950	30,380	28,990	23,520	24,100	25,670
6,5	26,320	28,880	25,590	28,040	30,440	29,060	23,560	24,155	25,705
7	26,340	29,010	25,660	28,060	30,680	29,100	23,600	24,220	25,730
7,5	26,340	29,110	25,760	28,190	30,775	29,150	23,640	24,260	25,740
8	26,370	29,200	25,840	28,280	30,830	29,210	23,665	24,290	25,760
8,5	26,380	29,260	25,890	28,350	30,890	29,230	23,695	24,325	25,775
9	26,400	29,310	25,940	28,370	30,950	29,250	23,725	24,395	25,785
9,5	26,420	29,340	25,970	28,420	30,970	29,290	23,755	24,420	25,790
10	26,430	29,405	26,000	28,440	31,000	29,310	23,790	24,440	25,790
10,5	26,440	29,460	26,070	28,470	31,030	29,355	23,810	24,460	25,800
11	26,450	29,515	26,090	28,490	31,060	29,370	23,975	24,470	25,810
11,5	26,470	29,560	26,110	28,510	31,080		24,050	24,480	25,810
12	26,480	29,559	26,190	28,520	31,100	29,385	24,130	24,490	25,810
12,5	26,490	29,610	26,220	28,530			24,340	24,500	
13	26,510	29,625	26,265	28,540	31,125	29,415	24,430	24,510	25,820
13,5	26,520	29,640	26,280	28,560			24,570	24,520	
14	26,530	29,660	26,305	28,570	31,140	29,430	24,650	24,525	25,820
15	26,550	29,685	26,340	28,590	31,155	29,450	24,830	24,545	25,830
16	26,570	29,715	26,360	28,610	31,160	29,450	24,895	24,560	25,830
17	26,610	29,730	26,370	28,620	31,160	29,460	24,980	24,570	25,835
18	26,620	29,740	26,380	28,630	31,160	29,465	25,040	24,570	25,835
19	26,630	29,750	26,390	28,640	31,165	29,470	25,065	24,580	25,840
20	26,660	29,760	26,390	28,640	31,165	29,470	25,110	24,585	25,840
21		29,760	26,400	28,650	31,165	29,475	25,140	24,590	25,840
22		29,760	26,410	28,650	31,165	29,480	25,180	24,600	25,845
23		29,760	26,420	28,650		29,480	25,200	24,602	
24		29,760	26,435	28,655		29,480	25,220	24,605	
25		29,760	26,440	28,660		29,484	25,250	24,609	

Material	Epicarpo 4.1	Epicarpo 2.2	Epicarpo 2.2	Mesocarpo 1.1	Padrão 2	Endocarpo 5	Mesocarpo 1.2	Mesocarpo 2.2	Mesocarpo 3.2	Padrão 3
Temp. Amb. [°C]	25,40	24,60	24,60	26,30	24,30		22,90	23,40		24,50
Pres. Atm [mmHg]		71,30	71,30	71,30		71,30	71,50	71,60		
Um. Rel. [%]		74,50	74,50	69,50		71,50	75,00	75,00		
Peso Fio [g]	0,0051	0,0051	0,0051	0,0057	0,0054	0,0051	0,0048	0,0052	0,0050	0,0048
Peso Amos. [g]	1,4158	1,1326	1,1326	1,8977	1,1733	1,5095	1,6028	1,5159	1,5591	1,5544
Peso Conf. [g]	1,2894	0,9995	0,9995	1,5009	1,1334	1,4980	1,4842	1,3941	1,4672	1,5535
Titulação [ml]	8,10	4,70	4,70	5,40	8,90	11,40	8,10	7,20	8,40	12,00
Cal antes [°C]	26,70	26,60	26,60	26,90	26,70	27,11	25,00	25,10	25,30	25,40
Tempo [min]										
-7	25,770	25,770	27,480		25,810	25,790	23,545	22,370	24,850	
-6	25,770	25,770	27,480	25,880	25,810	25,790	23,550	22,380	24,850	

-5	25,780	25,775	27,480	25,875	25,805	25,795	23,552	22,390	24,850	
-4	25,780	25,780	27,470	25,875	25,805	25,800	23,560	22,395	24,850	
-3	25,780	25,780	27,460	25,875	25,805	25,800	23,560	22,400	24,850	26,020
-2	25,785	25,785		25,875	25,805	25,800	23,560	22,415	24,855	26,000
-1	25,785	25,785	27,450	25,875	25,805	25,810	23,570	22,425	24,855	26,000
Ignição										
0	25,785	25,785	27,440	25,875	25,805	25,810	23,570	22,430	24,855	26,000
0,5	25,790	25,780	27,490	25,930	26,050	25,870	23,640	22,468	24,855	26,015
1	25,805	25,805	27,790	26,155	26,880	26,340	24,105	22,950	24,870	26,080
1,5	26,140	26,140	28,075	26,360	27,380	26,700	24,490	23,310	25,040	26,650
2	26,440	26,440	28,290	26,465	27,710	27,010	24,770	23,540	25,290	26,860
2,5	26,780	26,780	28,455	26,530	27,795	27,220	24,910	23,680	25,510	27,530
3	27,010	27,010	28,550	26,580	27,860	27,395	25,010	23,800	25,720	27,860
3,5	27,140	27,140	28,605	26,615	27,915	27,490	25,100	23,870	26,040	28,270
4	27,240	27,240	28,640	26,650	27,950	27,615	25,145	23,915	26,120	28,405
4,5	27,320	27,320	28,660	26,665	27,975	27,685	25,180	23,950	26,230	28,540
5	27,380	27,380	28,680	26,680	27,985	27,765	25,210	23,975	26,250	28,670
5,5	27,395	27,395	28,700	26,690	27,995	27,810	25,225	24,000	26,280	28,725
6	27,425	27,425	28,730	26,695	28,000	27,840	25,240	24,015	26,305	28,780
6,5	27,440	27,440	28,750	26,705	28,000	27,860	25,250	24,020	26,320	28,805
7	27,465	27,465	28,760	26,710	28,000	27,875	25,255	24,030	26,360	28,820
7,5	27,480	27,480	28,765	26,710		27,900	25,260	24,040	26,390	28,830
8	27,490	27,490	28,770	26,710	28,000	27,910	25,260	24,040	26,400	28,850
8,5	27,500	27,500				27,925	25,265	24,045	26,410	28,860
9	27,500	27,500	28,770	26,715	28,000	27,935	25,270	24,050	26,420	28,860
9,5	27,510	27,510				27,940	25,270	24,050	26,430	28,870
10	27,515	27,515	28,770	26,720		27,940	25,270	24,055	26,435	28,870
11	27,525	27,525	28,770	26,720		27,945	25,270	24,060	23,435	28,870
12	27,525	27,525	28,770	26,720		27,950	25,270	24,065	26,440	28,870
13	27,530	27,530		26,720		27,955	25,270	24,065	26,445	28,870
14	27,535	27,535		26,720		27,955	25,270	24,070	26,450	28,865
15	27,535	27,535				27,950	25,270	24,075	26,450	
16	27,535	27,535						24,080	26,450	
17	27,535	27,535						24,080	26,450	
18	27,535	27,535						24,080	26,450	
19	27,535	27,535						24,090	26,450	
20								24,090		
21								24,095		
22								24,095		
23								24,097		
24								24,100		

## Anexo 3 - Dados da Oleama S/A



## Questionário

### Identificação (opcional)

Nome da Empresa: Oleaginosas Maranhenses S/A-OLEAMA  
 Endereço: Rodovia BR 135, Km. 5 – Tibiri CEP: 65095-601  
 Estado: Maranhão Cidade: São Luís  
 Telefone: (98) 241-1266 Fax: (98) 241-1522

Área de atuação (qual área geográfica em que atua, por exemplo, raio de 50 km em torno da cidade de São Luís). R= Localizada a 10 quilômetros do centro de São Luís.

De que mês a que mês é a safra na sua região, se trabalhar com mais de um produto, indique a safra de cada um deles.

R= Amêndoas de Babaçu, período de safra – janeiro à outubro.

Durante a safra, opera em regime de 24 horas? R= Sim

Quais são os seus principais produtos (se trabalha só com extração do óleo de Babaçu ou também trabalha com outras oleaginosas e/ou outros produtos, como sabão, por exemplo):

R= Extração de óleo de Babaçu, fabricação de sabões, saonetes, velas, desinfetantes etc...

### Pessoas empregadas.

Indique no quadro abaixo o número de pessoas empregadas em cada função/categoria, (aproximadamente).

Função	Número de funcionários
Utilidades	04
Conservação/Obras	11
Segurança	12
Manutenção	06
Desinfetantes	15
Sabonetes	12
Sabão de Coco	13
Refinaria	09
Prensas	11
Almoxarifado	02
Departamento Industrial	05
Compras	03



Computação	01
Crédito Cobrança	01
Serviço Interno	07
Contabilidade	03
Tesouraria	01
Recursos Humanos	03
Fiscal	02
Expedição	10
Laboratório	04
Envase	05
Saboiaria	38
Velas	05
Frascos	15
Oficina Elétrica	03
Faturamento	02
Transporte	03
Total	206

Como é realizada a compra da matéria prima, se compra só castanha, direto do produtor, ou adquire por intermédio de um atravessador? R= Fornecedor e/ou atravessador.

O pagamento é feito, a vista, em 30, 60, ou mais dias (indicar o percentual de pratica mais de uma modalidade)? R= O pagamento é antecipado ao fornecedor.

### A extração do óleo

Marcar no quadro abaixo quais os processos que usa, qual o rendimento de extração observado, ou o percentual de óleo residual (indicar NC se não mede ou não tem registro desta informação).

Processo	Usa (Sim ou Não)	Rendimento da extração	Percentual de óleo residual
Prensagem a quente (com aquecimento)	Sim	50%	5%
Prensagem a frio	Não	-	-
Por solvente (solv. utilizado: Hexana)	Sim	52%	1%
Outro:	-	-	-

Após a extração, qual o destino da torta (se é utilizada na fábrica, se vendida e para que fim)? R= É vendida a agricultores, para alimentação de animais(ração animal)

Existem outras plantas associadas à fábrica, por exemplo, sabão, margarina, etc?



Sim



Capacidade de processamento:

Qual a capacidade máxima de processamento (indicar de operando 24 por dia ou expediente normal)

R= 60 t/amêndoas Prensas  
130 t/amêndoas De Smet (o qual não está em operação em função da problemática de fornecimento de matéria prima)

Normalmente opera na capacidade máxima, ou só raramente, indique o período e os percentuais de ociosidade.

% de ociosidade	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	10	50	50	60	60	60	40	40	30	10	10	10

**Gastos com energia**

Qual é o consumo de energia elétrica anual ?

R= 3.645.363 kWh/ano 303.780 kWh/média

Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) ?

R= R\$ 370.132,64

Você poderia indicar no quadro abaixo o gasto de energia elétrica ao longo do ano (vide média de contas de luz nas contas):

Consumo eletricidade kWh	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	369.704	398.205	360.280	343.191	333.848	254.767	227.347	345.621	294.113	259.976	261.490	256.821

Quais outras fontes energéticas utiliza? Indicar tipo e consumo anual, e/ou sua distribuição ao longo do ano:

R= Não utiliza.

Combustível: Óleo combustível

Consumo anual 1.941.333 Kg (indicar se não utiliza)

Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) R\$ 619.085,00



	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo Óleo Combust.	123,8	149,5	106,4	96,3	182,2	135,5	101,3	178,2	132,9	241,7	234,1	259,4

Combustível: Óleo BPF

Consumo anual 5 t/8h (indicar se não utiliza)

### Equipamentos

Indicar nos quadros abaixo, quais os equipamentos que possui:

#### Caldeiras

Quant	Modelo	Combust	Pressão Kg/cm <sup>2</sup>	Vazão de vapor [t/h]	Temp.vapor saída [°C]	Consumo Kg óleo /h	Idade (anos)
01	H3 ATA 20	BPF	12	4.000	220 - 230	3.000	27
01	H3 ATA 20	BPF	12	5.000	220 - 230	3.500	24
01	H3 ATA 30	BPF	14	10.000	250	7.000	03

#### Moinho ou triturador

Quant	Modelo	Capacidade [kg cast. / h]	Potência	Consumo	Idade (anos)
02	Moinho Piratininga	2.000	25 Cv	elétrico	30

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas) R= Sistema contínuo.

#### Chaleiras

Quant	Modelo	Capacidade	Potência HP	Consumo		Idade (anos)
				Elétrico.	Vapor	
02	Anderson	50 t massa /24h	7,½	5,5 Kw/h	5,5 Kg /h	30

Quais as temperatura e pressão na entrada e saída do vapor das chaleiras:  
R= 150 lbs-entrada (120 ° C) e 100 na saída (condensado entre 80 a 90 ° C)

#### Prensas

Quant	Modelo	Capacidade Regime contínuo	Potência	Consumo	Idade (anos)
02	Anderson	40 t/24h	1 motor 50 CV	Elétrico	30
			1 motor 30 CV	Elétrico	



Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 45 minutos, a cada 5 horas) \_\_\_\_\_

**Bombas**

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo KW / h	Idade (anos)
02	Mazziero Engrenagem p/ filtro	10m <sup>3</sup> /h	05 CV	11,0	5
01	Centrífuga para transp. o Óleo				

Na planta existem aproximadamente 40 bombas, sendo 6 a 7 na sapoaria (por exemplo)

**Clarificador ou Braqueador**

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo		Idade (anos)
				Elétrico	Vapor	
02	Michaeles	6 t óleo cada	0,2 CV	1,47 kW/h	200 lbs	30
	1 Sebo					
	1 Óleo					

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas) R= 6.000 Kg a cada 3 horas após a primeira que é de 8 horas.

Outras informações:

Utilize este espaço para colocar quaisquer informações que achar interessante:

R= Temos que observar que os nossos equipamentos são antigos.

## **Anexo 4 - Dados da Sabões Garoto S/A**



## Questionário

### Identificação (opcional)

Nome da Empresa: Sabões Garoto S/A  
 Endereço: Rua Manoel Trindade 145 CEP: 65725 – 000  
 Estado: Maranhão Cidade: Pedreiras  
 Telefone: ( 099 ) 642 1500 / 642 1610 Fax: ( 099 ) 642 1425  
 E-mail: saponoleo@ivmnet.com.br A/C Eng. Arisvalter e/ou Eng. Lucio Maia

Área de atuação (qual área geográfica em que atua, por exemplo, raio de 50 km em torno de Pedreiras).

---



---

De que mês a que mês é a safra na sua região, se trabalhar com mais de um produto, indique a safra de cada um deles. - Outubro à Janeiro

Durante a safra, opera em regime de 24 horas? - Sim, 25 dias por mês.

Quais são os seus principais produtos (se trabalha só com extração do óleo de Babaçu ou também trabalha com outras oleaginosas e/ou outros produtos, como sabão, por exemplo): - Sabão

### Pessoas empregadas.

Indique no quadro abaixo o número de pessoas empregadas em cada função/categoria, (aproximadamente).

Função	Número de funcionários
Gerente	03
Pessoal de escritório	15
Superviso	2
Mecânico	2
Mestre de prensa	4
Químico	1
Ajudantes	10(fabric. Óleo), 90 (fábric. Sabão)

Como é realizada a compra da matéria prima, se compra só castanha, direto do produtor, ou adquire por intermédio de um atravessador?

100% atravessador



O pagamento é feito, a vista, em 30, 60, ou mais dias (indicar o percentual de pratica mais de uma modalidade)?

A vista (antecipado uma semana antes da chegada da amêndoa na fábrica).

**A extração do óleo**

Marcar no quadro abaixo quais os processos que usa, qual o rendimento de extração observado, ou o percentual de óleo residual (indicar NC se não mede ou não tem registro desta informação).

Processo	Usa	Rendimento da extração	% óleo residual
Prensagem a quente (com aquecimento)	Sim	Inico Safra 46 – 47 % Per. seco ( menos casca) 48 - 50 % Inverno (mais úmido 18% Umid.) 43%	2%
Prensagem a frio	Não		
Por solvente	Não		

Após a extração, qual o destino da torta (se é utilizada na fábrica, se vendida e para que fim)? - Venda para ração animal.

Existem outras plantas associadas à fábrica, por exemplo, sabão, margarina, etc?

Sim – Sabão (capacidade da planta = 1500 toneladas\mes)

Desinfatante ( capacidade de 180000 litros/mês com máquinas de sopro)

Capacidade de processamento:

Qual a capacidade máxima de processamento (indicar de operando 24 por dia ou expediente normal) Atualmente: 27 toneladas de óleo cada 24 horas

Normalmente opera na capacidade máxima, ou só raramente, indique o período e os percentuais de ociosidade.

% de ociosidade	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	0	0	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0

OBS: Se o mercado de óleo se comportar como está (cotação alta) há uma tendência de oferta de amêndoa o ano todo, pois todo coco que cai na floresta será aproveitado e isso diminui nossa ociosidade por isso estou dando projeções para o ano que vem.



### Gastos com energia

Qual é o consumo de energia elétrica anual ?

OBS: o nosso medidor de energia elétrica mede a unidade de produção de sabões, a unidade de produção de óleo, a fábrica de desinfetante e escritório. Isto nos dá um custo médio de R\$ 25000 reais/mês.

Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais).

Para a fábrica de óleo nós calculamos 0,5% despesa.

Você poderia indicar no quadro abaixo o gasto de energia elétrica ao longo do ano:

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo eletricidade kWh												

Considere o percentual de ociosidade do quadro anterior deduzido do custo de 0,5% nos meses de menor produção

Quais outras fontes energéticas utiliza? Indicar tipo e consumo anual, e/ou sua distribuição ao longo do ano:

Combustível: Lenha

Consumo anual (indicar se não utiliza) – 30 m<sup>3</sup> st / dia de lenha e casca de coco (

Quanto isto representa nos seus custos (ou indicar gastos anuais) 0,3% dos custos

	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo Lenha m <sup>3</sup>	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Casca ton	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

01 tonelada de casca custa R\$ 35,00.

OBS: uma carrada de 20 m<sup>2</sup> custa R\$ 200,00

Atualmente estamos implantando uma caldeira que deverá consumir mais casca mas não tenho idéia do consumo. Se ficar maior em valores reais deveremos absorver isto pois o IBAMA está fiscalizando muito o consumo de lenha.

### Equipamentos

Indicar nos quadros abaixo, quais os equipamentos que possui:



### Caldeiras

Quant	Modelo	Combust.	Pressão Libras (PSI)	Vazão de vapor kg vap/h	Temp. do Vapor	Consumo	Idade (anos)
1	atta	Lenha	120 (max 200)	5000	170 °C	20m <sup>3</sup> st/dia	10
1	Brerner	Casca Babaçu	150	10000		Em fase instalação	5 adq. usada
1	menark	lenha	120	2000		10 m dia	10

Trabalha somente com vapor saturado - Título 70%

### Moinho ou triturador

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)
1	Piratininga	45 ton cast. / 24 horas	50 CV	70 a 75 A - 380 V	Mais de 20
1 - novo	piratininga		60 cv	60 A	

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas) - Trabalha 15 horas cada 24 horas

### Chaleiras

Quant	Modelo	Capacidade	Pot.	Temp Vapor	Consumo		Idade (anos)
				Entr./Saída	Elétrico.	Vapor	
				Estrada 4 a 5 kh/cm <sup>2</sup>			
17	Piratininga	120 a 130 kg baba/h	5 cv	151 / 164.2 ° C Entrada	6 a 10 A - 380 v	100 kg vap /h	Mais de 20
				70 ° C Saída			

Qual as temperaturas e pressão na entrada e saída do vapor das chaleiras:

Pressão entrada : 3 a 4 kgf/cm<sup>2</sup> – saída por meio de purgador de boia, operando entre 1,5 a 2 kg/cm<sup>2</sup> - para evitar perda de vapor "fresh".

### Prensas

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)
17	Pratininga p/ Algodão	120 a130 kg baba/h	15 CV	16 a 22 A 380 v	Mais de 20

### Bombas da fabrica de óleo

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo	Idade (anos)
1	Bomba rotor (Tancagem)	4000 lt/h	3 cv		6
1	Bomba engrenagem(filtro )	4000 lt/h	3 cv		5

### Clarificador ou Braqueador

Quant	Modelo	Capacidade	Potência	Consumo		Idade (anos)
				Elétrico.	Vapor	
01	próprio	1.67 ton óleo / hora	5cv		100 Kg/h 5 kg/cm <sup>2</sup> 151 °C	5 anos

Qual o regime de operação (Por exemplo, trabalha em bateladas de 1 tonelada, por 30 minutos, a cada 2 horas).



Regime de operação - 5 toneladas a cada 3 horas

Outras informações:

Utilize este espaço para colocar quaisquer informações que achar relevante:

Tensão de alimentação da rede 13,8 kV.

Responsável pela Linha de Vapor: Sr. Saul de Jesus Pinheiro - Consultor  
Rua Dr. Carlos Macieira 381  
Bairro Alemanha - São Luis - MA - CEP 65036 - 131  
Tel: 098 - 271 6854 - Cel 098 - 9965 7591

Inspetor de Caldeiras - Ultrassom, Colocação de problemas de formação de "Pozolana", borra de Babaçu, que se não retirada leva à incrustações na Caldeira.  
Temperatura no "Tubulão" 1.600 a 2.600 ° C. Caldeira Aquatubular para 10.000 kg vap/hora - 284 m<sup>2</sup>

## Apêndice I - Referências de Pessoas e Entidades Citadas

Segue abaixo endereço, telefones, formas de contato das pessoas empresas e entidades citadas ao longo do trabalho:

José Mário Ferro Frazão  
Eng. Agrônomo MS Agro-ecologia - Pesquisador EMBRAPA - Assessor - GDRIM  
Projeto Quebra Coco: Alternativas Econômicas Para Agricultura Familiar Assentada Em Áreas De  
Ecossistemas De Babaçuais  
Itapecuru - MA - jmfrazao@uol.com.br

Associação da Doutrina Cristã - Praça da bandeira s/n - Arari - Maranhão

Oleama - Oleaginosas do Maranhão  
Eng. Martins  
Tel 098- 241 1466

Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco de Babaçu  
MIQCB-MA, PI, PA, TO  
Av. dos Portugueses S/N Campus do Bacanga - UFMA - CEB Velha Sala 7  
São Luis - Maranhão - CEP 65085 - 580  
Tel/Fax 098 - 228 3377 - E-mail: miqcb@ig.com.br  
A/c Coordenadora Geral - Maria Adelina de S. Chagas

Sub-Gerência de Indústria e Comércio  
Av. Jerônimo de Albuquerque s/n Ed. Clodomir 5 and. - Calhau  
CEP: 65.074 - 220  
São Luis - Ma  
A/C Sr. Clineu César Coêlho Filho

Eng. Ricardo Nogueira Costa  
COSIMA - Companhia Siderúrgica do Maranhão  
Tel/fax: 098 - 851 6248/678 2001  
E-mail: cosima@sivnet.com.br

COPPALJ - Cooperativa de Pequenos Produtores Agroextrativistas do Lago do Junco & Assema -  
Tel / Fax: 098 - 642 2061 / 6422 152  
E-mail: assemacomercio@ig.com.br / assemaprodução@ig.com.br / assemacoordenação@ig.com.br

Instituto de Agronegócios do Maranhão  
Av. Jerônimo de Albuquerque, s/n (retorno da Cohama)  
Casa da Indústria Albano Franco 3º andar - Tel: 098 - 246 1308  
E-mail: isalipe@uol.com.br  
[http://www.geplan.ma.gov.br/ciencia\\_tecnologia/inagro.htm](http://www.geplan.ma.gov.br/ciencia_tecnologia/inagro.htm)

Gerência de Planejamento - Governo Estadual do Maranhão  
Arnaldo Lopes da Silveira - [arnaldo@geplan.ma.gov.br](mailto:arnaldo@geplan.ma.gov.br)  
Clineu Cesar Coelho Filho - [clineu@geplan.ma.gov.br](mailto:clineu@geplan.ma.gov.br)

Eng. Ricardo Nogueira Costa  
COSIMA - Companhia Siderúrgica do Maranhão  
[cosima@sivnet.com.br](mailto:cosima@sivnet.com.br)  
098 - 851 6248

A/C Eng. Arisvalter e/ou Eng. Lucio Maia - Sabões Garoto S/A  
Rua Manoel Trindade 145 - CEP: 65725 - 000 - Pedreiras - MA  
Telefone: (099 ) 642 1500 / 642 1610 (099 ) 642 1425  
E-mail: [saponoleo@ivmnet.com.br](mailto:saponoleo@ivmnet.com.br)

Eng. Martin - Oleaginosas Maranhenses S/A-OLEAMA  
Rodovia BR 135, Km. 5 - CEP: 65095-601 - Tibiri - MA (prox. São Luis)  
Telefone: (98) 241-1266 - Fax: (098) 241-1522  
[www.oleama.com.br](http://www.oleama.com.br)

MIQCB - Movimento Inter Estadual da Quebradeiras de Coco de Babaçu  
Av. dos Portugueses - Campus do Bacanga, Sala 07 - CEB Velho  
CEP: 065085 - 580 - Tel: (098) 228 3377 - E-mail [miqcb@ig.com.br](mailto:miqcb@ig.com.br)

ASSEMA - Associação da Quebradeira de Cocos  
Pedreiras - MA  
Tel (098) 642 2152