

**TECNOLOGIA E ECONOMIA
DO BRIQUETE DE MADEIRA**

LUIZ VICENTE BOCORNY GENTIL

**TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**TECNOLOGIA E ECONOMIA
DO BRIQUETE DE MADEIRA**

LUIZ VICENTE BOCORNY GENTIL

**ORIENTADOR: Prof. Dr. AILTON TEIXEIRA DO VALE
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. HUMBERTO ANGELO**

**TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA FLORESTAL
PUBLICAÇÃO: EFL D – 009/2008
BRASÍLIA/DF: JULHO – 2008**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**TECNOLOGIA E ECONOMIA
DO BRIQUETE DE MADEIRA**

LUIZ VICENTE BOCORNY GENTIL

TESE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA POR:

.....
Ailton Teixeira do Vale, Dsc. (UnB) (Orientador)
CPF: 33296308687; RG: M.1224662; *e-mail*: ailton.vale@gmail.com

.....
Flávio Borges Botelho Filho, (Dsc) (UnB) (Examinador Interno)
CPF: 643033908-44 ; RG: 6730115 – SSP-SP; *e-mail*: botelho@unb.br

.....
Carlos Alberto Gurgel Veras, PhD. (UnB) (Examinador Interno)
CPF: 63642280706; RG: IFP-RJ 07568273/2; *e-mail*: gurgel@unb.br

.....
Dirceu Medeiros de Moraes, Dsc. (UFRR) (Examinador Externo)
CPF: 292290814-34; RG: 95003018080 – SSP-CE; *e-mail*: dirceu@engcivil.ufrr.br

.....
Alexandre Florian da Costa, Dsc. (UnB) (Examinador Interno)
CPF: 303515020-68 ; RG: 10005464 – SSP DF; *e-mail*: lucate@unb.br

.....
Álvaro Nogueira de Souza, Dsc. (UnB) (Suplente)
CPF: 873606166-20 ; RG: M.5753144 ; *e-mail*: ansouza@unb.br

BRASÍLIA/DF. JULHO DE 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA

GENTIL, LUIZ VICENTE BOCORNY

Tecnologia e Economia do Brique de Madeira

xix, 195 p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB), Doutor, Tese de Doutorado-Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Brique de madeira

2. Energia

3. Economia

4. Custos

I. EFL/FT/UnB

II. Título(série)

REFERÊNCIA

GENTIL, L.V.B. (2008). Tecnologia e Economia do Brique de Madeira. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Publicação EFL TD - 009/2008. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília. DF, 195 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Luiz Vicente Bocorny Gentil

TÍTULO: Tecnologia e Economia do Brique de Madeira

GRAU: Doutor

ANO: 2008

É concedida, à Universidade de Brasília, permissão para reproduzir cópias desta Tese somente para propósitos acadêmicos e científicos. Por ter a reserva dos direitos de publicação, parte alguma deste texto pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Luiz Vicente Bocorny Gentil
SHCES. Quadra 401. Bloco A. Apartamento 302
70.650-411. Brasília-DF – Brasil

Esta Tese de Doutorado é dedicada à

Aná Sanat Kumara

RESUMO

TECNOLOGIA E ECONOMIA DO BRIQUETE DE MADEIRA

Autor: Luiz Vicente Bocorny Gentil

Orientador: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Co-orientador: Prof. Dr. Humberto Angelo

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Brasília, julho de 2008

Este trabalho trata do perfil industrial e do mercado do briquete de madeira e da briquetagem sob duas áreas do conhecimento: a tecnologia do adensamento ligno-celulósico e a economia. O objetivo geral foi investigar as características técnicas e contábeis-gerenciais do briquete e do processo industrial para os fluxos de massa e de energia. Além disso, teve-se como objetivo secundário determinar o comportamento deste biocombustível sólido no mercado brasileiro, por meio de pesquisa qualitativa realizada com os atores envolvidos nos anos de 2006 a 2007. O trabalho foi desenvolvido em uma indústria tomada como referência, onde se realizou o levantamento da estrutura industrial e a quantificação dos energéticos envolvidos no processo. Concomitantemente, foi realizado levantamento contábil-gerencial para cada etapa do processo de fabricação do briquete com especificação dos custos desde a matéria-prima disponível até o produto acabado e entregue ao consumidor, utilizando os métodos: *ABC-Activity-Based Costing* e *SWOT Analysis*. Com granulometria variando de 0,84mm a 3,35mm e teor de umidade de 43,8% em base úmida; 2215 kg/hora de serragem de *Pinus sp* entram no secador iniciando o processo de produção de briquetes; saindo 1739 kg/hora de serragem a 11% de umidade em base úmida que seguem para o silo. As briquetadeiras trabalham independentes, recebendo 1926 kg/hora de serragem provenientes do silo, que são compactadas a uma tensão 14,1 a 24,7 MPa produzindo 1926 kg/hora de briquetes com 85 mm e 95mm de diâmetro e 300mm de comprimento, 12,9% de umidade, 10,03GJ/m³ de densidade energética e uma boa resistência à compressão e à produção de finos. O consumo de energia foi de 435 kWh/t de briquetes produzidos, sendo o setor de secagem o maior consumidor de energia (78,62%). O custo de produção foi de R\$ 265/t de briquete, tendo o frete da matéria-prima e de entrega do briquete a maior participação (31,7%); e posto-cliente R\$ 305,00/t; contra R\$ 160/t de lenha posto-cliente. No entanto, quando se considera o preço direto da energia contida no combustível, o briquete é R\$ 21/GJ e lenha, R\$ 15,1/GJ. Na análise de mercado, as vantagens apresentadas para o briquete foram

a maior densidade energética e a produção de altas temperaturas de forma rápida e, como desvantagens, o custo elevado do frete de entrega e a necessidade de armazenamento em local coberto. Foram observados, também, vários usos em diversos segmentos do mercado; no entanto, a lenha tem sido utilizada nestes segmentos, sendo hoje, seu maior rival, pois o consumidor compra preço e, não, energia e, neste caso, a lenha leva vantagem. O briquete é um produto técnico e economicamente viável sendo os seguintes os fatores da sua preferência: o aumento da demanda por energia; o aumento dos preços do petróleo, por ser um combustível fóssil e portanto, finito; a crescente consciência ecológica, o que dificultará cada vez mais a oferta da lenha nativa; redução do preço pela futura escala de produção. Em função disto o quadro que se apresenta para o futuro do briquete é favorável e certamente terá o seu consumo registrado no Balanço Energético Nacional, consolidando, assim pela informação oficial, a sua maior participação no mercado.

Palavras-chave: briquete de madeira; tecnologia; economia; *SWOT Analysis*; *ABC–Activity-Based Costing*

ABSTRACT

TECHNOLOGY AND ECONOMY OF THE WOOD BRIQUETTE

Author: Luiz Vicente Bocorny Gentil

Supervisor: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Co-Supervisor: Prof. Dr. Humberto Angelo

PhD Programme in Forestry

Brasília, July 2008

This work is concerned with the industrial profile and the wood briquette market and its briquetting under two areas of knowledge, as ligni-cellulosic densification technology and economy. The general objective is to investigate the technical and accounting characteristics managerial for briquette and industrial process of mass flows and energy. As a secondary aim determining the behavior of this solid biofuel in the Brazilian market, accomplished through a qualitative research by actors involved in this bioenergy and biomass theme in the years of 2006 and 2007. The work was developed in a briquette industry taken as reference, where it took place a rising industrial structure and the quantification of energy involved in the process. At the same time, this rising was accounting and managerial for each stage of briquette production process with specification of costs from the raw material available until the finished product and CIF condition using the methods: *ABC–Activity-Based Costing* and *SWOT Analysis*. With a granulometric varying of 0,84mm to 3,35mm and moisture content of 43,8% in wet basis; 2215 kg / hour of sawdust of *Pinus sp* enters in the dryer beginning the process of production of briquettes; leaving 1739 kg / hour of sawdust to 11% of moisture content in wet basis that proceeds to the silo. The briquette machine works independent receiving 1926 kg / hour of sawdust coming of the silo, they are compacted to a tension of 14,1 to 24,7 MPa producing 1926 kg / hour of briquettes with 85mm and 95mm of diameter and 300 mm of length, 12,9% of moisture content, 10,03GJ /m³ of energy density and a good resistance to the compression and the production of fines. Consumption of energy is of the order of 435 kWh / t of produced briquettes, being the drying section the largest consumer of energy (78,62%). The production cost is R\$ 265/t of briquette, being the freight of raw material and the delivery of briquette the largest participation (31,7%); and customer place R\$ 305,00 /t; against R\$ 160/t of firewood customer place. However, when it is considered

the direct price of the energy contained in the fuel, the briquette is worth R\$ 21/GJ and the firewood R\$ 15,1 /GJ. In the market analysis the advantages presented for the briquette were the largest energy density and the production of high temperatures in a fast way and as disadvantages the high cost of the delivery freight and the storage need in covered place. It was also observed several uses in several segments of the market, however the firewood has been used in these segments, being today, its largest rival, because the consumer buys price and no energy and in this case, the firewood takes advantage. The briquette is a product technical and economically feasible and, considering as influence factors: the increase of demand for energy; the increase of prices for oil, for being a fossil fuel and, therefore, finite; the growing ecological consciousness, what will hinder the offer of the native firewood more and more; the increase in the possibilities of use for *Eucalyptus sp* wood, decreasing its offer to energy; the picture that comes for the briquette is very favorable and certainly to short-medium period it will have its consumption registered in the Brazilian Energy Balance, consolidating its participation.

Keywords: wood briquette; technology; economics; *SWOT Analysis*; *ABC-Activity-Based Costing*

SUMÁRIO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	4
1 ESTADO DA ARTE DA BRIQUETAGEM	4
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
1.2 BIOMASSA E BIOENERGIA	6
1.3 O BRIQUETE DE MADEIRA	9
1.3.1 Propriedades energéticas e de massa	10
1.3.2 O processo industrial	12
1.4 ECONOMIA DO BRIQUETE	15
1.5 MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE	20
1.6 REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2	29
2 TECNOLOGIA EM UMA INDÚSTRIA DE BRIQUETE	29
2.1 INTRODUÇÃO	29
2.2 REVISÃO DA LITERATURA	30
2.2.1 Caracterização da matéria-prima e do briquete	30
2.2.2 O processo industrial e energia	30
2.2.3 Fluxo de massa	31
2.2.4 Caracterização do desempenho	33
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	34
2.3.1 Coleta dos dados	34
2.3.2 Caracterização da matéria-prima e do briquete	34
2.3.2.1 Teor de umidade da serragem	34
2.3.2.2 Densidade aparente	34
2.3.2.3 Poder calorífico	35
2.3.2.4 Teor de cinza	35
2.3.2.5 Granulometria	36
2.3.3 Caracterização dos fluxos	36
2.3.3.1 Fluxo de massa	36
2.3.3.2 Fluxo de energia	36

a – energia elétrica	36
b – energia humana	37
c – energia química	37
d – energia térmica	37
2.3.4 Resistência do briquete	38
2.3.4.1 Teste de resistência ao arremesso	38
2.3.4.2 Teste de resistência mecânica estática	39
2.3.5 Carga e tensão de compactação na briquetagem	40
2.3.6 Relação da energia de produção e energia da matéria-prima	41
2.3.7 Análise estatística	41
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
2.4.1 Estrutura industrial	42
2.4.1.1 Descrição preliminar da fábrica	42
2.4.1.2 Briquete	44
2.4.1.3 Produção	44
2.4.1.4 Motores elétricos	44
2.4.1.5 Funcionários e veículos	44
2.4.1.6 Etapas do processo industrial e da fábrica	45
a – pré processo	45
b – cominuição	46
c – peneiramento	46
d – secagem	46
e – exaustão e depósito da serragem	47
f – briquetagem	48
g – armazenamento	49
h – expedição e entrega	49
2.4.2 Caracterização da matéria-prima e do briquete	50
2.4.2.1 Teor de umidade	50
2.4.2.2 Densidade	51
2.4.2.3 Poder calorífico	52
2.4.2.4 Teor de cinzas	53
2.4.2.5 Granulometria	53
2.4.3 Caracterização dos fluxos	54
2.4.3.1 Caracterização do fluxo de massa	54

a – peneiramento	56
b – exaustão	56
c – briquetamento	56
d – análise geral do fluxo de massa	57
2.4.3.2 Caracterização do fluxo de energia	57
a – fluxo geral na empresa	57
b – energia elétrica	59
c – energia térmica	61
d – energia química	62
e – energia humana	63
f – densidade energética	63
2.4.3.3 Relação de energia consumida na produção e da energia contida no briquete	64
2.4.4 Resistência do briquete	64
2.4.4.1 Teste de arremesso	64
2.4.4.2 Resistência mecânica estática	67
2.4.4.3 Tensão e carga de impacto para a fabricação do briquete	67
2.4.5 Caracterização de variáveis combinadas	68
2.5 CONCLUSÕES	70
2.5.1 Matéria-prima e briquetes	70
2.5.2 Fluxo de massa	71
2.5.3 Fluxo de energia	71
2.5.4 Resistência, carga e tensão do briquete	71
2.5.5 Variáveis combinadas nos ensaios do briquete	72
2.6 REFERÊNCIAS	72
CAPÍTULO 3	76
3 ANÁLISE ECONÔMICA DO BRIQUETE	76
3.1 CUSTO DE PRODUÇÃO DO BRIQUETE	76
3.1.1 Introdução	76
3.1.2 Revisão da literatura	76
3.1.2.1 Considerações iniciais	76
3.1.2.2 Investimentos em uma indústria de briquete	78
3.1.2.3 Determinação dos custos e dos preços	79
3.1.3 Material e métodos	82

3.1.3.1 Estudos preliminares	82
3.1.3.2 Determinação dos custos	83
3.1.3.3 Determinação do lucro	84
3.1.4 Resultados e discussão	84
3.1.4.1 Análise dos custos gerenciais e de produção	85
3.1.4.2 Determinação do lucro	91
3.1.4.3 Alternativas de solução para os custos gerenciais e de produção	92
a – custos do transporte da matéria-prima e do produto acabado	92
b – localização das indústrias de briquetagem	93
c – manutenção de máquinas e equipamentos industriais	94
d – embalagem do produto acabado	94
3.1.5 Conclusões	95
3.1.6 Referências	96
3.2 PESQUISA QUALITATIVA DO MERCADO DE BRIQUETE	97
3.2.1 Introdução	97
3.2.2 Revisão da literatura	99
3.2.2.1 Considerações iniciais	99
3.2.2.2 O mercado do briquete e do pelete	100
3.2.2.3 Análises estratégicas de mercado	101
3.2.3 Material e métodos	103
3.2.3.1 Considerações iniciais	103
3.2.3.2 Pesquisa de mercado pelo Método de Perguntas Abertas	103
3.2.3.3 Pesquisa de mercado pelo Método de <i>SWOT Analysis</i> – Modo de Valoração	105
3.2.3.4 Pesquisa de mercado pelo Método <i>de SWOT Analysis</i> – Modo de Análise de Correspondência	106
3.2.4 Resultados e discussão	107
3.2.4.1 Pesquisa de mercado com Perguntas Abertas	107
3.2.4.2 Resultados da pesquisa da oferta e demanda com planilha <i>Swot Analysis</i>	111
3.2.4.2.A Modo de Valoração	112
3.2.4.2.B Modo de Análise de Correspondência	114
3.2.4.3 Discussão interativa dos resultados entre Perguntas Abertas e <i>SWOT Analysis</i>	119
3.2.5 Conclusões	124
3.2.5.1 Pesquisa de mercado qualitativa com Perguntas Abertas para caracterizar, de forma preliminar, como se comporta o mercado do briquete	124

3.2.5.2	Investigação dos Pontos Fortes e Fracos da oferta, assim como das Oportunidades e Ameaças da demanda	125
3.2.5.3	Sugestões para o crescimento da demanda do briquete no Brasil	126
3.2.6	Referências	126
	CAPÍTULO 4	129
	4 DISCUSSÃO INTERATIVA E CONSIDERAÇÕES GERAIS	129
	4.1 TECNOLOGIA DO BRIQUETE E DA BRIQUETAGEM	130
	4.1.1 Geração de calor	132
	4.1.2 Operacional	132
	4.2 CUSTO DE PRODUÇÃO E PREÇO DE VENDA DO PRODUTO	132
	4.3 AS QUESTÕES DE INFORMAÇÃO E DE LEIS ASSOCIADAS AO BRIQUETE	139
	4.4 A QUESTÃO ENERGÉTICA	140
	4.5 SUGESTÕES PARA OUTRAS TESES DE DOUTORADO	145
	4.6 REFERÊNCIAS	146
	CAPÍTULO 5	149
	5 IMPLICAÇÕES DESTE ESTUDO E CONCLUSÕES GERAIS	149
	5.1 IMPLICAÇÕES DESTE ESTUDO	149
	5.2 CONCLUSÕES GERAIS	151
	5.2.1 Temas tecnológicos	151
	5.2.2 Temas de mercado e de economia	152
	5.2.3 Outros temas	152
	REFERÊNCIAS GERAIS	153

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 a – Estimativa preliminar do mercado brasileiro de briquetes de madeira	18
Tabela 1.1 b – Estimativa preliminar do mercado brasileiro de briquetes de madeira	19
Tabela 2.1 – Demanda de energia para a fabricação de briquete ou pelete	32
Tabela 2.2 – Análises estatísticas dos ensaios de massa e energia	42
Tabela 2.3 – Relação da potência instalada dos motores elétricos	45
Tabela 2.4 – Teor de umidade das biomassas	50
Tabela 2.5 – Densidade das biomassas	52
Tabela 2.6 – Poder Calorífico Superior, Inferior e Útil (kcal/kg)	52
Tabela 2.7 – Teor de cinzas da serragem e do briquete	53
Tabela 2.8 – Distribuição porcentual dos extratos do peneiramento	54
Tabela 2.9 – Perda de massa na fabricação de briquete	55
Tabela 2.10 – Dados gerais do fluxo de massa para serragem e briquetes	57
Tabela 2.11 – Demanda de energia para a produção de uma tonelada de briquete-kWh/t	59
Tabela 2.12 – Demanda de energia mensal dos motores elétricos – kWh/mês	59
Tabela 2.13 – Relação da potência instalada e demanda dos motores	60
Tabela 2.14 – Dados para cálculos termodinâmicos	61
Tabela 2.15 – Demanda mensal de energia química em kWh	62
Tabela 2.16 – Demanda de energia humana na produção – kWh/mês	63
Tabela 2.17 – Densidade energética do briquete sólido e a granel – TU-12,9% bu	63
Tabela 2.18 – Briquetes inteiros (%) no Teste de Arremesso em sacos	65
Tabela 2.19 – Resultados da compressão lateral do briquete	67
Tabela 2.20 – Tensão e carga de impacto de briquetagem	68
Tabela 2.21 – Resultados dos ensaios de 16 combinações de massa e energia	69
Tabela 2.22 – Combinações significativas de seis ensaios	69
Tabela 2.23 – Relação das combinações com rho igual ou superior a 0,8	69
Tabela 2.24 – Combinação da umidade da serragem e da potência elétrica	70
Tabela 3.1 – Estrutura porcentual dos preços de pelete na Europa	77
Tabela 3.2 – Custo da produção de peletes na Suécia	78
Tabela 3.3 – Material original de gastos e custos diretos e indiretos da indústria piloto	85
Tabela 3.4 – Distribuição dos custos da indústria piloto	85
Tabela 3.5 – Distribuição dos custos por atividade da indústria piloto	86
Tabela 3.6 – Determinação dos custos gerais de uma indústria de briquetagem-R\$/t	87
Tabela 3.7 – Custos de produção de briquete deste trabalho comparado com briquetes da Índia	90
Tabela 3.8 – Determinação das taxas de rateio das atividades – %	91
Tabela 3.9 – <i>SWOT Analysis</i> apresentada por Celiktas; Kocar (2006)	102
Tabela 3.10 – <i>SWOT Analysis</i> apresentada por Alakangas (2002)	102
Tabela 3.11 – Relação das Perguntas Abertas usadas no questionário	104
Tabela 3.12 – Modelo de questionário usado na pesquisa de oferta e demanda	106
Tabela 3.13 – Relação das famílias de temas de Perguntas Abertas	108
Tabela 3.14 – Pontuação das perguntas no ranking das respostas	111
Tabela 3.15 – Síntese das duas respostas mais relevantes de cada quadrante da <i>SWOT Analysis</i> com Perguntas Abertas pelo Modo de Valoração e mostradas nas Figuras 3.2 a 3.5	114
Tabela 3.16 – Valor P de significância do Teste Exato de Fisher para os dados da pesquisa <i>SWOT Analysis</i>	115
Tabela 3.17 – Associação entre perguntas e importância dos Pontos Fortes da oferta	115
Tabela 3.18 – Associação entre perguntas e importância dos Pontos Fracos da oferta	116

Tabela 3.19 – Associação entre perguntas e importância das Oportunidades da demanda	117
Tabela 3.20 – Associação entre perguntas e importância das Ameaças da demanda	119
Tabela 3.21 – Comparação do Modo Valoração, Modo Análise de Correspondência e Interação	120
Tabela 3.22 – Comparação dos resultados entre Perguntas Abertas (Tabela 3.13) e <i>SWOT Analysis</i> .(Tabela 3.15)	121
Tabela 4.1 – Características técnicas encontradas para o briquete de madeira	129
Tabela 4.2 – Norma sueca SS 18 71 20 para especificação de peletes de madeira (Hahn, 2004)	130
Tabela 4.3 – Norma sueca SS 18 71 21 para especificação de briquetes de madeira (Hirsmark, 2002)	130
Tabela 4.4 – Temperaturas no sistema de secagem da serragem	132
Tabela 4.5 – Síntese de custos e preços do briquete de madeira obtidos neste trabalho	133
Tabela 4.6 – Preços dos peletes e briquetes na Europa 2004/2005= €/t	135
Tabela 4.7 – Custo de produção do briquete pelo uso de melhor matéria-prima	137
Tabela 4.8 – Base de Dados do Balanço Energético Nacional (1970/2006), em tepx10 ³	142
Tabela APÊNDICE C1 – Dados para a determinação do preço direto de energia do briquete e da lenha de eucalipto	168
Tabela APÊNDICE F1 – Investimentos em máquinas e equipamentos	176
Tabela APÊNDICE H1 – Classificação e numeração das variáveis	184
Tabela APÊNDICE H2 – Modelo e exemplo para quatro repetições da estatística de Spearman	185
Tabela APÊNDICE H3 – Rho de Spearman	185

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Imagens do fluxo industrial e comercial da fabricação do briquete	13
Figura 1.2 – Fluxo de 1850 a 2100 da demanda em % de combustíveis fósseis, biomassa e outras energias	23
Figura 2.1 – Fluxo de massa em uma indústria de briquete de madeira	33
Figura 2.2 – Fluxo do processo produtivo e do uso da energia	43
Figura 2.3 – Vista lateral do sistema de abastecimento da briquetadeira	48
Figura 2.4 – Vista lateral da briquetadeira	49
Figura 2.5 – Croqui da briquetadeira de pistão	49
Figura 2.6 – Fluxo de massa de briquete em 46 meses de produção contínua na fábrica	55
Figura 2.7 – Participação dos tipos de energias usadas no processo industrial	58
Figura 2.8 – Participação de energia por etapa de fabricação	58
Figura 2.9 – Potência elétrica instalada e demandada dos motores (kW)	61
Figura 2.10 a (granel) – Comparação de pedaços inteiros de briquete em duas modalidades de embalagem	66
Figura 2.10 b (amarrado) – Comparação de pedaços inteiros de briquete em duas modalidades de embalagem	66
Figura 3.1 – Comportamento do briquete no mercado conforme a Tabela 3.13	110
Figura 3.2 – Pontos fortes da oferta – Pontos	113
Figura 3.3 – Pontos fracos da oferta – Pontos	113
Figura 3.4 – Oportunidade da demanda – Pontos	113
Figura 3.5 – Ameaças da demanda – Pontos	113
Figura 3.6 – Pontos fortes da oferta	116
Figura 3.7 – Pontos fracos da oferta	117
Figura 3.8 – Oportunidades da demanda	118
Figura 3.9 – Ameaças da demanda	119
Figura 4.1 – Evolução dos preços mundiais do barril do petróleo em 90 anos	141
Figura 4.2 – Evolução do petróleo, biomassa (lenha+cana) e energia hidráulica	142
Figura 4.3 – Evolução do petróleo, lenha e cana-de-açúcar	143
Figura 4.4 – Evolução da biomassa (lenha+cana-de-açúcar), energia primária e energia secundária	143
Figura 4.5 – Evolução da produção do óleo combustível e do álcool	144
Figura APÊNDICE A1 – Lançamento da biomassa na fornalha	165
Figura APÊNDICE D1 – Preço da energia da lenha de eucalipto (R\$/GJ) em função do preço da tonelada da lenha (R\$/t) e para diferentes teores de umidade	170
Figura APÊNDICE D2 – Preço da energia do briquete (R\$/GJ) em função do preço da tonelada do briquete (R\$/t) e para diferentes teores de umidade	170
Figura APÊNDICE D3 – Poder Calorífico Útil da biomassa em GJ/t em função do teor de umidade (TU), base úmida, %	171
Figura APÊNDICE E1 – Diagrama da temperatura em função da entropia	174
Figura APÊNDICE E2 – Diagrama termodinâmico para o ciclo de Rankine 1	174
Figura APÊNDICE E3 – Diagrama termodinâmico para o ciclo de Rankine 2	175
Figura APÊNDICE G1 – Arquivo de fotos da Tese	177
Figura APÊNDICE J1 – Diagrama do fluxo dos estudos seguidos nesta Tese	190

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES E NOMENCLATURA

atm- Atmosfera
big bag- Grandes sacos de lona para transporte rápido e a granel de insumos sólidos
BTU- British Thermal Unit
bu- Base úmida
CF- Cost, Freight
CIF- Cost, Insurance, Freight
CV- Cavalo Vapor
CV- Coeficiente de Variação
Ex Works- Expressão de comércio internacional onde a mercadoria vendida está disponível na porta da fábrica
FOB- Free On Board
h- Hora
ha- Hectare
IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change
J- Joule
MDO- Mão-de-obra
MJ- Mega Joule
MP- Matéria-prima
MPa- Mega Pascal
MS- Matéria Seca
Ø- Diâmetro
PCI- Poder Calorífico Inferior
PCS- Poder Calorífico Superior
PCU- Poder Calorífico Útil
PJ- Peta Joule
ppm- Partes por milhão
RPS- Rotações por segundo
SI- Sistema Internacional de Unidades
sn- Sine nomine (Referência onde não existe nenhuma fonte escrita)
tep- Tonelada equivalente de petróleo
tf- Tonelada força
torta- Resíduos de produtos agrícolas para alimentação animal ou processo industrial
TTL- Total
turn key job- Expressão comercial-industrial para venda de instalações prontas para uso
 η - Rendimento industrial
 τ - tensão; força pela superfície
€- Euro

APÊNDICES

A – Determinação da carga de impacto da tora de eucalipto e do saco de briquete lançados na fornalha	165
B – Estimativa mássica, energética e econômica dos descartes madeireiros industriais no Brasil em 2005	166
C – Determinação do preço da energia	167
D – Preço da energia do briquete de madeira e da lenha de eucalipto, em função do preço da biomassa e para diversos teores de umidade	169
E – Determinação dos custos do vapor e do consumo de combustível em uma caldeira e estimativa dos custos indiretos de uma agroindústria	172
F – Investimentos em máquinas, equipamentos e serviços para uma fábrica <i>Turn Key Job</i> de briquetes de três ton por hora	176
G – Arquivo de fotos da Tese	177
H – Análises estatísticas	184
I – Registros climáticos e do meio ambiente	188
J – Diagrama do fluxo dos estudos seguidos nesta Tese	190
K – Perfil de Métodos, Estatísticas e Procedimentos	191
L – Relato de uma viagem de estudos	194

INTRODUÇÃO GERAL

Esta Tese investiga um biocombustível sólido denominado briquete produzido com descartes madeireiros entre eles serragem, em que duas relevantes vertentes são estudadas, como seja, tecnologia e economia.

A razão da adoção deste tema se deve à necessidade de aprofundamento do conhecimento da biomassa na matriz energética nacional e tendo em vista que existe uma grande, rica e pouco aproveitada matéria-prima que são os descartes madeireiros das serrarias, indústria moveleira e construção civil.

Com o aumento do preço do barril de petróleo de: US\$ 9 em 1970 para US\$ 80 em 1981; para US\$ 75 em 2006; para US\$ 100 em fevereiro de 2008; e para US\$ 130 em maio de 2008 (International Energy Annual 2003, 2005; Light Sweet Crude Oil, 2008; O preço do petróleo, 2008), houve a entrada no mercado de energias alternativas, entre elas as biomassas em geral com possibilidade de substituição parcial do petróleo a curto e a médio prazo e pelo briquete de madeira em particular. Neste contexto, o setor florestal brasileiro tem grande importância econômica e social sendo responsável em 2006 por 3,1% do PIB equivalente a US\$ 24,3 bilhões, 1,4% da arrecadação no valor de US\$ 4,3 bilhões, exportando 6,3% da pauta no valor de US\$ 7,3 bilhões e gerando 8,9% dos empregos no Brasil (ABIMCI, 2006, 2007).

Estima-se que o Brasil tenha produzido em 2005, 14 milhões de toneladas de descartes madeireiros, com 30% de umidade em base úmida, ou seja, um potencial energético de 173 PJ ou 4132×10^6 tep no valor de US\$ 95,2 milhões (vide APÊNDICE B). Os quais poderiam ser usados na fabricação de briquetes, gerando calor em fornos, fornalhas, caldeiras em plantas de eletricidade, industriais, assim como em empresas de serviços como panificadoras, restaurantes, pizzarias, hospitais e aquecimento doméstico. Além disto, atenderia parte da demanda do mercado interno e externo gerando emprego, renda e favorecendo o meio ambiente.

Por ser um tema pouco conhecido no mundo e para investigá-lo em profundidade, foi necessário o uso de diferentes campos da ciência, assim como a adoção de diversas ferramentas de investigação. Isto levou a um ecletismo científico e permitindo conclusões adequadas aos objetivos.

O Capítulo 1 apresenta uma visão panorâmica do *Estado da arte da briquetagem*, contendo o perfil das vertentes investigadas mais importantes neste trabalho como seja energia, biomassa, economia, mercado, meio ambiente e sociedade. Assim como elementos gerais do briquete de madeira, da fabricação e seu mercado.

O Capítulo 2 intitulado *Tecnologia em uma indústria de briquete* trata de um estudo observacional, experimental e exploratório, em que é feita uma investigação dos fluxos de energia, de massa e industrialização ao longo de nove etapas do processo de fabricação de briquete, caracterizando, avaliando, definindo e criando novas informações ou métodos para a compreensão do briquete e da briquetagem.

O Capítulo 3 intitulado *Análise econômica do briquete* trata da investigação econômica do briquete e da briquetagem de madeira no Brasil usando-se três instrumentos de investigação científica para melhor desvendar este tema pouco conhecido e para o qual não existem estatísticas oficiais ou de entidades classistas. Da mesma forma, as existentes não estão disponíveis por serem de propriedade privada de empresas e indústrias do briquete. Neste capítulo serão estudados:

- *O mercado do briquete;*
- *O custo de produção do briquete* tratando da análise contábil-gerencial do custeio de uma empresa piloto;
- *Uma pesquisa qualitativa do mercado de briquete* através do método *SWOT Analysis* para investigar e interpretar os cenários e tendências dos segmentos de mercado brasileiro;
- *Determinação do preço da energia* (APÊNDICE D).

O Capítulo 4 – denominado *Discussão interativa e considerações gerais* – é a consolidação e interação dos diferentes estudos feitos de tecnologia ou economia do briquete e abordados nos capítulos anteriores. São discutidos e focados segmentos de custos, marco legal, meio ambiente, competitividade do Brasil, assim como questões culturais do consumidor

brasileiro de briquete. E com a finalidade de discutir e extrair-se um máximo de informações deste estudo para entrega ao mercado ávido por esse tipo de contribuição.

Por se tratar de um tema qualitativo, diversificado e complexo, o fluxo dos estudos seguidos ao longo da execução deste trabalho, é mostrado na Figura do APÊNDICE J.

O Capítulo 5 é um complemento sintético para o futuro denominado *Implicações deste estudo e Conclusões Gerais*

O problema básico do Brasil neste setor é que não existem, de forma suficiente, informações, estatísticas, tecnologias e economias da biomassa, dos descartes madeireiros e nem do briquete de madeira.

A hipótese da Tese é que a energia do briquete de madeira no Brasil pode substituir parcialmente as energias fósseis da matriz energética nacional, entre elas o petróleo, o carvão mineral e o gás natural.

O objetivo geral da Tese é investigar a tecnologia e a economia do briquete de madeira no Brasil.

Os objetivos específicos são:

1 – Investigar as características tecnológicas da matéria-prima, do briquete de madeira e do processo industrial da briquetagem;

2 – Investigar o comportamento do mercado e da economia do briquete de madeira, assim como investigar o custeio gerencial do processo industrial de briquetagem; e

3 – Estudar temas associados ao briquete como sejam analisar aspectos energéticos conjunturais, metodologias de investigação científica, aspectos culturais, ambientais, legais e operacionais do briquete de madeira no Brasil.

CAPÍTULO 1

1 ESTADO DA ARTE DA BRIQUETAGEM

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Energia, economia e sustentabilidade são três fatores fundamentais para a sobrevivência da humanidade. Neste sentido, Vinterback (2004) afirma que a implementação em larga escala de peletes de madeira como combustível biomássico representa uma mudança no sistema energético e terá positivas conseqüências econômicas e ambientais. Neste cenário de mudanças desde a revolução industrial da Inglaterra a partir da segunda metade do século XVIII, a energia humana foi substituída pela motriz a partir da combustão da lenha e do carvão mineral e produção de vapor. Isto gerou enorme impacto sobre a estrutura da sociedade, aliado a uma notável evolução tecnológica e conseqüente elevação do poder aquisitivo, chegando com 92% da energia usada no mundo ocidental, derivada dos combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás natural (Garrison; Noreen, 2001; Goldemberg, 1998; International Energy Annual, 2005; 2007).

Conforme o *UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY* (2006), a demanda de energia no mundo vai crescer 71%, entre 2003 e 2030 a uma taxa média anual de 2% e onde o petróleo e os combustíveis fósseis continuam a suprir e dominar o mercado. Em 2003 a demanda mundial de todos os tipos de energia foi de 421×10^{15} BTU, em 2015 deverá ser de 563×10^{15} BTU e em 2030, 722×10^{15} BTU. Segundo o mesmo órgão, os países ou regiões fora da OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) vão crescer mais que os países desenvolvidos a uma taxa média de 3,7% a.a., entre eles China, Índia, América do Sul e Central, África e Oriente Médio. A estratificação em 2002 das demandas por tipo de energia no mundo foram: petróleo (34,9%), carvão mineral (23,5%), gás (21,2%), biomassa (10,9%), nuclear (6,8%), hidráulica (2,2%) e outros (0,5%) (BEN, 2007).

O aquecimento global causado pelo efeito estufa e produzido pelo excesso de carbono na atmosfera devido à queima dos combustíveis fósseis, gerou nos últimos 40 anos, uma preocupação por alternativas energéticas que atendessem à demanda humana sem causar a poluição e as mudanças climáticas planetárias como as que estão ocorrendo (Gore, 2006). O Relatório da ONU produzido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) apresenta um quadro preocupante do aumento da temperatura e efeito estufa

provocado pelo excesso de carbono da atmosfera gerando aumento das taxas de mortalidade em países pobres. Neste contexto climático e geopolítico, é essencial lembrar que a Amazônia latino-americana responde por 20% da produção de oxigênio da Terra.

Em 2050, um bilhão de asiáticos enfrentará escassez de água, desaparecimento de geleiras e dos picos nevados, chuvas mais escassas, aumento de 4,5% de mortes causadas pelo clima e elevação do nível do mar. As previsões para 2080 são mais preocupantes quando entre 1,1 e 3,2 bilhões de habitantes da Terra estarão ameaçados pela falta de água. A seriedade deste documento está amparado no fato de ser aprovado pelas Nações Unidas, elaborado por 600 autores de fama mundial, envolvendo 40 países, com 620 revisores especializados dos governos e representado por 113 governos na sua elaboração (IPCC, 2007; Schiermeier, 2007).

Há um consenso de que o meio ambiente está sendo poluído pelo ar, solo e águas de forma crescente em todo o planeta, tendo surgido daí uma consciência global para a redução da poluição e pela sobrevivência da humanidade (IPCC, 2007). Esta consciência ambiental gerou a necessidade da redução do efeito estufa, a diminuição do consumo dos combustíveis fósseis e o uso mais intenso da bioenergia, como fez a Suécia ao decretar o fim do uso do petróleo para o ano de 2020 (Persson, 2006).

As alternativas energéticas cresceram com mais ênfase a partir da segunda guerra mundial em 1941 não só pelo aumento demográfico, como pelo desenvolvimento tecnológico no mundo ocidental demandante em mais energia. Assim, aumentaram os estudos da energia da biomassa, elétrica, eólica, hidráulica, solar, atômica e do hidrogênio entre outras. Da mesma forma, há uma tendência mundial para a descarbonização da economia e para a co-geração elétrica com biomassa onde ela é farta, de boa qualidade e de baixo preço (Patusco, 2003, 2006; Lopes, 2000; Goldemberg, 1998).

A instabilidade política do cenário mundial com as grandes reservas do petróleo sediadas nos países árabes, têm trazido preocupação estratégica para a manutenção do desenvolvimento do mundo ocidental. Isto levou a se pensar seriamente em alternativas energéticas. Uma guerra no oriente médio poderia levar ao colapso o mundo ocidental pela falta de petróleo ou pelo seu elevado preço. Estrategistas mundiais têm como certo que US\$ 50 por barril seria um valor máximo que a demanda poderia suportar para manter o

desenvolvimento mundial em um padrão mínimo de crescimento (Persson, 2006). Como o barril do petróleo atingiu a marca histórica de US\$ 130 em maio de 2008, existe a possibilidade da troca parcial da matriz energética do petróleo pelas energias alternativas entre elas, a biomassa (Light sweet crude oil, 2008).

Como fruto destes cenários, a biomassa tem sido cogitada como uma das alternativas aos combustíveis fósseis pelas suas características ambientais, renovável a cada plantio, de baixo preço, farta e com um potencial de produção no limite das terras cultiváveis que o planeta oferece (Rossilo-Calle, 2004; Tabarés, 2000; Goldemberg, 1998). Entre os tipos de biomassa mais promissores e que tem maiores níveis de energia e baixo preço, estão os ligno-celulósicos, oriundos de árvores nativas ou plantadas.

A Terra tem 186,73 milhões de ha com florestas plantadas sendo que o Brasil é a sétima área com 2,7% ou 5,2 milhões de ha basicamente *Eucalyptus spp* e *Pinus sp*. A China tem (23,5%), Índia (17%), Rússia (9%), Estados Unidos (8,5%), Japão (5,6%) e Indonésia (5,1%) (ABRAF, 2006). As toras oriundas destes reflorestamentos entre outros usos, podem ser processadas em serrarias, gerando uma significativa quantidade de descartes.

Para toras de árvores plantadas ou nativas, considera-se que 50% da madeira serrada no desdobro primário são descartes ligno-celulósicos compostos por costaneiras, pontas, retalhos, casca, pó-de-serra e serragem, os quais são um descarte indesejável pelas serrarias e indústrias moveleiras. No desdobro secundário da indústria moveleira chega-se a 70% e da indústria de transformação da madeira como lápis, pode ser 90% a produção de descartes em relação à tora original. Estes descartes de alto poder energético normalmente são transformados em carvão, queimados, ficam nos pátios das serrarias, são lançados nos rios ou podem servir como fonte de energia pela queima direta ou não (Alves, 2000).

1.2 BIOMASSA E BIOENERGIA

Biomassas são produtos vivos ou mortos e seus descartes de origem animal ou vegetal (Goldemberg, 1998). São considerados biomassa para fins energéticos: culturas e descartes das lavouras, restos florestais, esterco de animais domésticos, esgotos urbanos, descartes ligno-celulósicos, lixo doméstico, formações como turfa, descartes do consumo humano, descartes de graxaria de matadouros, descartes madeireiros das indústrias ou descarte do

consumo industrial como caixas, embalagens ou material de construção que seja combustível (Tripathi, 1998; Goldemberg, 1998).

A principal aplicação mundial da madeira é o uso energético, tanto plantada como nativa. Dentro deste universo de produtos biomássicos, os descartes florestais, madeireiros ou agrícolas possuem boas condições de combustão pelas suas características químicas, conforme a análise elementar que mostra valores médios de: 50,8% de carbono, 6,4% de hidrogênio e 41,8% de oxigênio para madeiras não-resinosas. Para as resinosas tem-se: 52,9% de carbono, 6,3% de hidrogênio e 39,7% de oxigênio. A análise macromolecular mostra os seguintes valores médios: teor de celulose de 40% a 45%, hemicelulose de 25% a 30%, lignina de 25% a 35%, extrativos de 2% a 4% e cinzas com teores menores de 0,5% (Brito; Cintra, 2004; Suarez; Luengo, 2003).

A biomassa vegetal é resultado da fotossíntese formando carboidrato, portanto produtos com carbono e hidrogênio. Num processo inverso, a combustão é a dissociação deste carboidrato, formando água, dióxido de carbono e energia. Assim, a combustão devolve à natureza, o carbono retirado pela fotossíntese. Neste caso, desde que a queima da biomassa seja associada ao plantio de novas árvores, o balanço de carbono se fecha, ou seja, todo ele é liberado para a natureza pela combustão e seqüestrado pelas árvores para a realização da fotossíntese.

Estima-se que no Brasil são retirados todos anos de suas florestas nativas 24,5 milhões de m³ de toras de madeira gerando 10,4 milhões de m³ em tábuas, laminados e compensados, sendo o segundo maior produtor depois da Indonésia com 30 milhões de m³. O Estado do Pará destaca-se com 45% do total de madeira serrada equivalente a 6,2 milhões de árvores e 51% de todas as serrarias do Brasil (IMAZON 2004). Além disto, o Brasil tem uma área plantada de 5,2 milhões de ha com *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*, destinados a indústria de papel e celulose, madeira serrada e energia.

Calcula-se que a produção de descartes do desdobro primário de toras seja de 50%, variando em função da espécie cortada, diâmetro, eficiência da serraria, geometria da tora, tamanho e formato da madeira serrada entre outros fatores. O descarte no processamento madeireiro de toras em serrarias divide-se em: costaneiras 33,9%, aparas 50,4%, serragem

e pó-de-serra 15,7% (Pinheiro; Rendeiro; Pinho, 2004; Couto, 2004; Tonini; Antonio, 2004; Gomide, 1974; Dutra; Nascimento, 2006; Rodrigues, 2003; Ferreira *et al*, 2004).

O preço médio FOB destes descartes posto na serraria é estimado em US\$ 6/t e com baixa densidade a granel de 80 kg/m³ a 200 kg/m³. No entanto, trabalhando com briquete e transportado a maiores distâncias, o preço CIF colocado num cliente final chega a US\$ 140/t (Pereira, 2006).

Considera-se poder calorífico da madeira, a quantidade de calor desprendida durante a combustão de uma unidade de massa, podendo ser Poder Calorífico Superior (PCS) quando considera o calor de vaporização da água ocorrido durante este processo, ou inferior (PCI) quando este vapor é descontado. O Poder Calorífico Útil (PCU) é aquele em que deve ser descontado o calor de vaporização da umidade e, desta forma, quanto mais seca estiver a madeira maior será a quantidade de calor disponível para o uso (Crisp, 1999).

A quantidade de calor de um quilograma de material madeireiro pode variar em média de 3.500 a 5.000 kcal/kg ou 4,07 kWh/kg a 5,8 kWh/kg, ou 14,4 MJ/kg a 20,9 MJ/kg (Quirino, 2002; Vale *et al*, 2007; Goldemberg, 1998). Quirino *et al* (2004) encontraram para 258 espécies de madeiras brasileiras um Poder Calorífico Superior médio de 4710 kcal/kg ou 19,72 MJ/kg.

Nos últimos 37 anos, houve modificações na matriz energética brasileira pois conforme BEN (2007), em 1970 foram consumidos 16,4% de petróleo, 71,4% de biomassa constituídos por 64,2% de lenha e 7,2% de produtos da cana-de-açúcar. Em 2006, 30,21% da energia primária do Brasil era constituída de biomassa, sendo 15,42% representada pela cana-de-açúcar e 14,79%, pela lenha que era utilizada de forma direta (combustão) em fogões, fornalhas e caldeiras e, de forma indireta, em carvão, principalmente para guserias (BEN, 2007).

Cada país explora as suas potencialidades energéticas biomássicas de forma diferente. A Finlândia, país frio e úmido, tem grandes reservas e industrialização de turfa, a qual é transformada e briquetada para a produção de energia. No caso da Índia, que tem o maior rebanho bovino do mundo que não é abatido por ser um animal sagrado, tem no esterco

seco, uma fonte de energia, o qual também é briquetado para uso em fogões domésticos. (Hosier, 1987; US Energy and World Energy Statistics, 2005; Pereira, 2006; Crisp, 1999; Tripathi, 1998; Hirsmark, 2002; Alakangas, 2002).

1.3 O BRIQUETE DE MADEIRA

Em 1848 foi concedida uma patente para William Easby nos Estados Unidos para um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos, através da pressão. A justificativa de Easby feita há 160 anos para a patente era de que um artigo de pequeno valor, quase desprezível, pode ser convertido em um artigo valioso como combustível para navios a vapor, forjas, culinária e outras finalidades economizando o que agora era perdido (O processo de briquetagem, 2005).

Em Paris, 14 anos após a patente de Easby, surgiu a palavra *briquette* como sendo uma mistura de turfa, água e argila plástica. Nas décadas seguintes, o carvão mineral recebeu não só adensamento dos componentes como temperatura para formar um combustível sólido. Os briquetes que tinham aglomerantes eram denominados “*pérats*”, feitos de carvão betuminoso misturado com alcatrão. Desta época para cá, a tecnologia do briquete de madeira avançou lentamente transformando-se em um biocombustível sólido com apelo ambiental (Brown coal as fuel, 2005).

Segundo Bezzon (1994), a compactação de descartes de madeira produz combustíveis sólidos de excelente qualidade. Em alguns casos apresentam densidade, poder calorífico e resistência mecânica superiores à lenha, além de possuírem baixa umidade.

Por outro lado, o briquete de madeira é uma peça sólida de serragem ou maravalha comprimida com uma carga média de 6 tf a 8 tf, tensão de 90 kg/cm² a 145 kg/cm², gerando uma temperatura de 170°C a 270°C na câmara de briquetagem para a decomposição parcial da lignina (efeito termoplástico) (Rowell, 1987), teor de umidade base úmida de 5% a 15% sendo o ótimo 8%, com ou sem aglutinante, com uma densidade entre 1,0 t/m³ a 1,5 t/m³, apresentado em peças cilíndricas ou hexagonais de cerca de 70 mm a 100 mm de diâmetro e comprimento de 10 cm a 40 cm.

É um produto usado como combustível em fornalhas, fornos e caldeiras das indústrias tanto para geração de calor como potência. O briquete por ter rápida resposta de

temperatura e uniformidade de combustão, é usado em panificadoras, pizzarias, olarias, cerâmicas, churrasqueiras ou residências para aquecimento domiciliar (Rowell, 1987; Morais, 2007; Bezzon, 1994; Li; Liu, 2000; Paulrud, 2004; Svenningsson, 1987; Tabarés, 2000; Demirbas, 1999; Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002; Zakrisson, 2002).

De forma segmentada e conforme Utilização (2008), os mercados que demandam briquete no Brasil são: abatedouros, cerâmicas, cerealistas, cervejarias, destilarias, distribuidores de briquete, fecularias, hospitais, hotéis/motéis, indústria de balas, indústria de óleo de soja, indústria de papel, indústria de refrigerantes, laticínios, lavanderias, metalúrgicas, panificadoras, pizzarias, recauchutadoras, residências e tinturarias.

Existem poucas diferenças entre briquete de madeira e pelete de madeira, exceto dimensão e processo de fabricação. Segundo Dias (2002) o comprimento do briquete é de até cinco vezes o seu diâmetro, enquanto que o diâmetro do pelete varia de 4 mm a 10 mm. O comprimento do briquete varia de 40 mm a 120 mm. Ainda segundo este autor, o pelete é mais produzido e usado em países mais desenvolvidos onde existe automação e o briquete para países em desenvolvimento. Bezzon (1994) apresenta o briquete como peça cilíndrica com diâmetro de 4 cm a 10 cm e comprimento de 10 cm a 40 cm. Já o pelete teria diâmetro de 0,5 cm a 1,8 cm, comprimento até 4 cm e densidade entre 1000 kg/m³ a 1300 kg/m³. Grover; Mishra (1996) distinguem pelete como aquele adensado com menos de 30 mm de diâmetro e o briquete, maior que este valor. Em geral, o processo de produção do pelete é por extrusão contínua numa matriz de furos e o briquete com pistão mecânico de pulso. O pelete é mais usado na Europa para aquecimento doméstico e no Brasil mais para uso em fornalhas, fornos e lareiras (Pereira, 2006; Zakrisson, 2002).

Referindo-se aos produtos adensados energéticos, Varela *et al* (1999) mostram que do ponto de vista econômico e quanto à redução dos impactos ambientais relacionados à produção, transporte e uso de combustíveis fósseis, é mais vantajosa a utilização de descartes ligno-celulósicos em forma de briquete.

1.3.1 Propriedades energéticas e de massa

Estudando vários tipos de biomassa, Bezzon (1994) encontrou para briquetes de serragem, valores médios de 20,2 MJ/kg, densidade aparente de 1120 kg/m³ a 1080 kg/m³ e pressões de adensamento de 20 MPa. Este autor ainda registra que a temperatura da biomassa em

adensamento varia, como no caso de serragem, de 20,0 MJ/kg para 20,4 MJ/kg, à medida que a temperatura se eleva de 200°C para 250°C.

Por ter uma umidade entre 5% e 15%, comparado à lenha doméstica ou plantada na faixa de 25%, o briquete tem um Poder Calorífico Útil maior, sendo assim mais competitivo principalmente na época de chuva, quando a lenha está molhada (Quirino, 2002).

Embora possa variar, a densidade a granel do briquete é de 700 kg/m³, a lenha doméstica 380 kg/m³ e a plantada de eucalipto 400 kg/m³. Como o comércio é feito por preço por tonelada e o frete pago por metro cúbico, quanto maior for a densidade a granel menor será o valor do frete. Desta forma, a característica de concentração energética, assim como a densidade a granel são fatores que favorecem a demanda de briquete, principalmente nas distâncias maiores de 100 km da fábrica (Pereira, 2006).

O Poder Calorífico Superior do briquete varia conforme o tipo de matéria-prima ou outros materiais usados na briquetagem. As serragens e maravalhas mais usadas no Estado de Goiás são de coníferas como *Pinus sp* com PCS na faixa de 5200 kcal/kg e as madeiras folhosas como maçaranduba (*Manilkara sp*), na faixa de 4600 kcal/kg de PCS. Considera-se uma média do PCS da madeiras de 4710 kcal/kg (Suarez; Luengo, 2003; Crisp, 1999; Rowell, 1987; Quirino, 2002).

Um dos fatores que contribui para a desuniformidade do briquete é a cor do produto, pois pode variar do amarelo claro como do *Pinus sp* até ao marrom escuro da maçaranduba. Outro fator que torna o briquete de madeira vulnerável, é a sua condição higroscópica que provoca a rápida descompressão da massa sólida em serragem, solta e original. Em função disto, os briquetes precisam estar armazenados em áreas cobertas e livres da umidade ou chuva, inclusive ensacados em 15 kg, 50 kg ou em *big bags* (Pereira, 2006).

A resistência mecânica do briquete de madeira é fundamental, pois sendo produto comercializado internacionalmente por via rodoviária ou marítima e em longas distâncias, sofre muita movimentação, manejo e transbordos da fábrica ao consumidor. Assim, estão surgindo na Europa normas de resistência mecânica ao tamboramento e à compressão lateral do briquete (Rocha, 2006; Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002; Vinterback, 2000).

1.3.2 O processo industrial

De uma forma geral e conforme mostrado na Figura 1.1, o processo industrial do briquete de madeira consiste na cominuição dos descartes madeireiros; uso ou produção de serragem; peneiramento; exaustão para resfriamento da matéria prima; secagem da serragem; briquetagem e resfriamento do briquete. Conforme o país e seu clima, tipo de matéria-prima disponível, tecnologia ou qualificação da mão-de-obra, tipo de máquinas de adensamento e demandas do mercado, os processos industriais diferem, atendendo à economia e à cultura de cada país (Triphati, 1998; Quirino, 1991). O processo ponta-a-ponta é caracterizado pela entrada da serragem e saída do briquete pronto, esfriado, embalado pronto para entrega ao cliente.

No Brasil, a briquetadeira é a máquina mais importante do processo industrial pois ela transforma a serragem em briquete pela ação de elevada pressão. Isto gera aquecimento e plastificação da lignina, tornando a massa solta da serragem numa peça sólida cilíndrica com dimensão aproximada de 10 mm de diâmetro por 300 mm de comprimento. Segundo Svenningson (1987) a briquetagem feita por pistão mecânico é melhor que a briquetagem por extrusão ou por parafuso.

Nos países produtores de briquete e pelete como Suécia e Finlândia, a produção pode ser de grande porte quando for 10 mil toneladas mês ou no Brasil por ser uma recente atividade, de 1000 toneladas mês (Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002; Zakrisson, 2002; Pereira, 2006).



(A) Serragem na serraria



(F) Peineamento da serragem



(B) Transporte da serragem



(G) Secagem da serragem



(C) Serragem na usina.



(H) Resfriamento da serragem por ciclonação



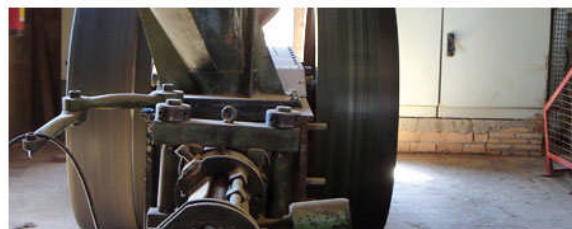
(D) Descartes na usina



(I) Armazenagem da serragem seca e limpa



(E) Cominuição dos descartes transformados em serragem



(J) Briquetagem

Figura 1.1- Imagens do fluxo industrial e comercial do briquete.



(K) Briquete pronto



(P) Carregamento



(L) Embalagem em saco-granel



(Q) Transporte ao consumidor



(M) Embalagem em sacos arrumados



(R) Fornalha industrial



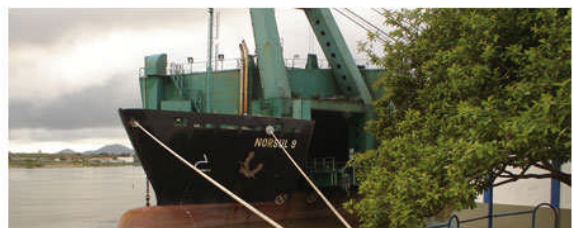
(N) Produto tipo exportação



(S) Forno doméstico



(O) Armazenamento



(T) Exportação

Figura 1.1- Imagens do fluxo industrial e comercial do briquete (cont).

1.4 ECONOMIA DO BRIQUETE

A economia é considerada como a ciência da ação humana proposital para a obtenção de certos fins em um mundo condicionado pela escassez, ou ainda como a ciência que consiste em estudos de fluxos e os meios de alocação de recursos para atingir determinados fins, qualquer que seja a natureza deste fim (Mankiw, 1999; Pindyck; Ruberfield, 2006; Varian, 2006). Para investigar o perfil do briquete e da briquetagem sob ponto de vista econômico, esta Tese abordou a Contabilidade Gerencial e a Pesquisa Qualitativa de Mercado associada ao *SWOT Analysis*.

Neste contexto mercadológico, o briquete de madeira é um antigo produto, sendo produzido desde 1924 pelas Indústrias Ford Motor Company, na cidade de Kingsford, Michigan, nos Estados Unidos, quando as carroçarias dos automóveis eram feitas de madeira (The history of the city of Kingsford, 2005). Este resíduo era reciclado para a produção de briquete e vendido em sacos, como se faz atualmente, nos supermercados da Europa. O registro da primeira briquetadeira brasileira é da marca Hansa de pistão mecânico a pulso, na década de 1940 e importada da Alemanha para uma indústria do Estado de Santa Catarina (Grover; Mishra, 1996). A primeira briquetadeira fabricada no Brasil é de 1985 e fabricada pela empresa Biomax Indústria de Máquinas Ltda, da cidade de São Leopoldo-RS.

Nos países frios da Europa com até 30°C negativos como Suécia, o pelete e o briquete são mais usado para aquecimento doméstico (Vinterback, 2006).

As empresas de serviços alimentares vêm usando o briquete cada vez mais intensamente pela sua qualidade ambiental com reduzida produção de fumaça, fácil manuseio e estocagem ou cheiro para os alimentos ou ambientes onde é demandado. Em função disto, a Grande São Paulo com cerca de 15 milhões de habitantes é o maior mercado do briquete onde existem 3500 pizzarias, 5600 padarias com uma demanda estimada de 36.400 toneladas mensais (Couto, 2004).

A maior parte da demanda do briquete no Brasil é feita pelas indústrias e agroindústrias para uso em fornalhas para calor e caldeiras para vapor. Algumas serrarias principalmente dos Estados do Pará e do Mato Grosso que acumulam elevados volumes de serragem, estão

briquetando este material para uso próprio em fornalhas ou caldeiras, fazendo carvão ou ainda vendendo este material (Briquete, 2005; Biomassa e briquetes, 2007).

Sob o ponto de vista do comprador de briquete – e em particular do caldeireiro que opera fornalhas e caldeiras para geração de vapor e co-geração – as qualidades, além do menor preço relativo do produto, são; a uniformidade de temperatura e pressão de vapor, a rápida elevação da temperatura atendendo aos vários setores da indústria de forma adequada, a redução de mão-de-obra para descarga, transporte interno e abastecimento do briquete na boca da fornalha, menor quebra das grelhas das caldeiras pelo menor impacto que causa em relação à lenha, assim como menor espaço industrial para estoque do produto (Veiga, 2005; Jones, 1980; Pereira, 2006; Biomassa e briquetes, 2007; Briquetes, 2005).

Heinimo; Alakangas (2006) afirmam que o comércio anual internacional finlandês de biocombustíveis vale 72 PJ, e de onde 58 PJ são madeireiros e com um mercado crescente para os próximos anos. Da mesma forma, o valor deste comércio vale € 90 milhões de venda direta e € 190 milhões de venda indireta. Estes autores ainda citam que 30% da energia elétrica na Finlândia são gerados por termelétricas à biomassa, entre elas turfa e madeira.

Os países nórdicos – principalmente Suécia e Finlândia que não têm hidroelétricas – são os que reúnem maior *know how* de produção e comércio em peletes e briquetes tanto de madeira como de carvão entre outros biocombustíveis sólidos como turfa. Nestes países em função do frio intenso, com menor radiação solar e lentidão de geração da biomassa em relação ao Brasil, existem em funcionamento plantas de co-geração elétrica movidas a combustíveis sólidos biomássicos como briquete e pelete (Bridgwater, 2007; Hirsmark, 2002; European pellet centre, 2007; Vapo, 2006).

A Europa demanda por ano cerca de cinco milhões de toneladas de pelete e de briquete num valor estimado de US\$ 700 milhões, seja para geração de energia industrial ou aquecimento doméstico (Vinterback, 2006). Neste cenário europeu, a Suécia produz e consome cerca de 1,4 milhões de toneladas equivalente a 28% da demanda européia, seguido de outros países produtores como Dinamarca com 0,35 milhões e Áustria com 0,45 milhões de toneladas por ano. Já nos Estados Unidos, a produção é de cerca de 0,68

milhões de toneladas oriunda de 60 usinas de briquetagem e atendendo basicamente ao mercado doméstico (Russell, 2006).

No Brasil, a comercialização do briquete segundo Couto *et al* (2004) a partir de um estudo feito no Espírito Santo, tem desafios a vencer como o alto preço do frete da matéria-prima, matéria-prima heterogênea, a concorrência com a lenha e o carvão, elevados impostos, ausência de promoção do produto e necessidade de capital de giro. Em relação ao mercado externo, os desafios são: grandes pedidos comerciais feitos às pequenas usinas de briquetagem, a burocracia do governo e ao elevado custo para o capital de giro.

O briquete é cotado mundialmente com preços variáveis entre US\$ 60/t e US\$ 400/t em função da qualidade do produto, taxa de câmbio, competitividade, distância vendedor-cliente, distância da matéria-prima, barreiras alfandegárias e escala (Briquetes no Brasil, 2005; Biomassa e briquetes, 2007; European pellet centre, 2007). O mercado europeu está se estruturando comercialmente para o livre comércio de peletes e briquetes. Egger (2005) apresenta um levantamento dos preços de mercado na Europa, sendo que os mais baixos são da República Tcheca e Polônia no valor de € 110/t a € 117/t e os mais altos são da Dinamarca e Suécia € 190/t a € 210/t, entregue no cliente por caminhão em lotes mínimos de 3 t a 5 t. Já na Espanha, os preços FOB (Free On Board) fábrica são de € 54/t a € 84/t e os preços CIF de € 180/t a € 300/t (Tabarés, 2000).

O fato do briquete ser considerado um produto ambiental, associado à existência de uma preocupação mundial com o efeito estufa e suas conseqüências no clima, propicia uma ascensão de energias limpas em relação às energias fósseis. Além disto, o preço do petróleo chegou ao preço histórico de US\$ 110/barril em março 2008 e US\$ 130/barril em maio de 2008, abrindo mercado para biomassas e briquete de madeira como alternativa energética (Persson, 2006; Gore, 2006; Light sweet crude oil, 2008; O preço do petróleo, 2008).

A normalização para briquetes ainda é incipiente, por isto, cada país usa as próprias como Suécia (Swedish Pellet Standard SS 18 71 20 e Swedish Briquette Standard SS 18 71 21), Finlândia, Áustria (ONORM M 1735) e Alemanha (DIN 51731/DIN plus). O Mercado Comum Europeu criou o Comitê Europeu de Normalização (CEN/TS) esperando-se que

em 2008 estas normas estejam disponíveis. Entre esses estudos, uma norma preliminar é a CEN/TC 355 que trata de biocombustíveis sólidos (Alakangas, 2002, 2006).

A Finlândia é produtor e exportador de peletes e de briquetes de madeira, tendo crescido de 75 mil toneladas em 2001 para 192 mil toneladas em 2005 com preços constantes na faixa de US\$ 141/t (€ 115/t). A Suécia, o primeiro produtor mundial, tem preços de US\$ 163/t a US\$ 174/t para pedidos acima de 4 toneladas posto-cliente incluindo 25% de impostos comerciais. Estes preços variam conforme atacado ou sacos vendidos no supermercado para fins domésticos (European pellet centre, 2007). No mercado brasileiro de briquete posto-cliente até 150 km distante da fábrica, o preço está na faixa de R\$ 280/t (US\$ 127/t) a R\$ 360/t (US\$ 163/t) (Pereira, 2006; Biomassa e briquetes, 2007).

Conforme estudos preliminares realizados para este trabalho em 2005, 2006 e 2007, o briquete de madeira no Brasil é um produto emergente, pouco demandado e conhecido em um mercado não-organizado, sem informações oficiais ou classistas e disperso em um país de dimensões continentais (Pereira, 2006). As Tabelas 1.1a e 1.1b apresentam informações da história e do mercado do briquete e da briquetagem no Brasil.

Tabela 1.1a – Estimativa preliminar do mercado brasileiro de briquetes de madeira

Item	Especificação
Primeira briquetadeira de pistão a pressão a pulso, vendida como máquina economicamente viável.	Em Berlin-Alemanha, ano de 1930, fabricada por Fred Haussmann
Primeira briquetadeira fabricada no Brasil	1985
Número de briquetadeiras em pleno funcionamento no Brasil.	350
Número de usinas em funcionamento no Brasil.	60
Matérias-primas mais usadas para briquetar	Serragem, palha de arroz, casca de algodão e bagaço de cana.
Uso dos briquetes no Brasil.	40% uso nas próprias empresas e 60% para comercialização.
Unidades da Federação mais importantes em indústrias de briquetagem, por ordem de importância.	PR, SC, SP, MG, PA.
Razão da pequena exportação de briquetes	O preço deve ser no máximo R\$ 170 (US\$ 77,3)/t, Ex Works (posto porta da fábrica).
Produção mensal e anual de briquetes no Brasil.	51,7 mil toneladas/mês e 620 mil toneladas/ano
Produção mensal por Estados, em mil toneladas	SP (10,5), MA (2,0), PA (1,5), CE (2,0), MG (2,0), MT (12,0), GO (0,7), PR (10,0), SC (10,0), RS (1,0)
Produção de peletes no Brasil.	10 peletizadoras sendo 9 de fabricação nacional e uma importada. Consumidores de peletes são Japão e Europa.
Produção de 36 mil t/mês de briquetes feitos com descartes agrícolas não-madeireiros. Produção mensal dos descartes em mil toneladas/mês	Bagaço de cana= (15,0); casca de algodão= (5,0); farelo de algodão= (5,0); casca de arroz= (10,0); casca de café= (1,0)
Preços médios do Briquete, em R\$ por tonelada.	São Paulo – 350 a 400 GO-280/300;MT e RO-120;PA-180;SC-250/280.

Fonte: Comunicação pessoal do Dr. Ewald Schmidt, Diretor Presidente da Biomax Indústria de Máquinas Ltda, sediada em São Leopoldo-RS, prestada em 22/10/2007 e complementada em 26/12/2007 – www.biomax.com.br e biomax@sinos.net.

Tabela 1.1b – Estimativa preliminar do mercado brasileiro de briquetes de madeira

Item	Especificação
Número de briquetadeiras em funcionamento no Brasil	340
Número de usinas existentes no Brasil, muito ou pouco operativas.	103 entre micros, pequenas e grandes em operação de 500 kg/h a 1500 kg/h.
Matérias-primas mais usadas para briquetar.	70% madeira e 30% casca de algodão, café, palha de arroz, pó-de-fumo e bagaço de cana-de-açúcar.
Uso dos briquetes no Brasil.	80% para venda e 20% consumo próprio.
Unidades da Federação mais importantes em indústrias de briquetagem, por ordem de importância.	São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Pará, Santa Catarina. Outros (RS, AP, AL, GO).
Razão da não-exportação de briquetes.	1 – Importadores compram em média lotes de 10 mil ton. Empresas brasileiras não têm esta capacidade de produção. 2 – Exigência do Certificado de Origem. 3 – Dólar americano com baixo valor na taxa de câmbio.
Número de novas usinas de briquete vendidas por ano.	10 usinas em 2006 e 8 até outubro de 2007.
Grandes empresas de briquetagem no Brasil.	1 – Bricarbrás-PR. 2 – Alto da Glória-MT. 3 – Eucabrás-ES.
Preços médios do Briquete, em R\$(US\$) por tonelada.	Grande São Paulo – 350 a 400 (159,1/181,8). Mato Grosso-Sinop – 190 (86,4). Santa Catarina – 280 a 300 (127,3 /136,4).
Destaque do Testemunho do Dr. Guideon.	Existem usinas itinerantes que se fixam a cada 10 anos em um lugar onde tenha serragem abundante, de boa qualidade e menos úmida. Depois migram.
Tecnologia dos secadores.	1 – Muito baixa, em que muitos são modificações de secadores de produtos agrícolas, que, por sua vez, não têm elevada tecnologia. 2 – Clientes não estão dispostos a pagar mais por um secador melhor, pois o combustível é resíduo de madeira encontrado no próprio lugar.
Distância máxima de entrega de briquete comercial.	600 km, entre Sinop-MT e Rondonópolis-MT.

Fonte: Comunicação pessoal do Dr. Guideon Lippel, Sócio-Diretor das Indústrias Lippel Ltda, sediada em Agrolândia-SC e prestada em 09/11/2007. guideon@lippel.com.br e www.lippel.com.br.

Pereira (2006) informa que a lenha plantada ou a lenha catada são os maiores concorrentes do briquete nas fornalhas de indústrias ou agroindústrias, onde o vapor se torna mais necessário. Outros concorrentes menos importantes existem como o GLP, energia elétrica, carvão e óleo combustível, dependendo do preço, das distâncias e das leis ambientais a que estão sujeitos.

O preço do briquete e da matéria-prima que pode ser serragem ou maravalha, estão relacionados. A maravalha produz um briquete de qualidade superior e pode custar R\$

24/m³ ou R\$ 120/t e o briquete vendido posto-cliente no atacado a R\$ 270/t. Esta maravalha que vale 44,4% do preço do bom briquete já vem limpa da indústria moveleira usuária de *Pinus sp*, tem baixo custo de produção, umidade entre 7% a 13% e dispensa equipamentos como: cominuidor, peneira, secador e ciclone.

1.5 MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE

Segundo Tonello (2006), 9% da população economicamente ativa do Brasil trabalha no setor florestal, e Silva (2001) afirma que o setor florestal gera 1,6 milhões de empregos diretos e 5,6 milhões de empregos indiretos, além de contribuir em forma sinérgica com as áreas de tecnologia, pesquisa e educação.

Não existem dados precisos da importância social e ambiental do briquete de madeira para a sociedade, mas descartes incômodos e poluentes de serrarias e indústrias madeireiras estão sendo transformados em produto ecológico e de elevado valor como o briquete.

A entrada do briquete no mercado indiretamente reduz o desmatamento de florestas nativas, e associado ao fato de que, segundo a ABRAF (2006) 85% das florestas plantadas respondem por todos os produtos de origem florestal reduzem a pressão antrópica, gerando resíduos que podem ser utilizados na produção de briquetes.

Uma fábrica de briquete pode ter 21,5 empregos para cada mil toneladas mensais e um salário direto médio de US\$ 584 (Pereira, 2006). As cadeias produtivas relacionadas com briquete envolvem comércio atacadista, comércio varejista, fábricas de máquinas e equipamentos, empresas de serviços como transporte, manutenção e consultoria, gerando assim renda e empregos indiretos. Segundo O Ministério do Meio Ambiente e na classificação do Programa Nacional de Florestas (PNF), existem oito cadeias produtivas, sendo: 1) lenha, energia e carvão, 2) madeira e árvores, 3) papel e celulose, 4) chapas e compensados, 5) alimentos, 6) óleos e resinas, 7) fármacos, 8) cosméticos, todos eles gerando emprego, renda de forma direta e indireta (ABRAF, 2006).

Na sociedade européia em geral e na brasileira em particular, existe boa vontade para um comportamento ambientalmente sadio. Muitas pessoas estão migrando das capitais poluídas e com elevados teores de substâncias tóxicas no ar, na água e no solo, para locais

de melhor qualidade. Esta consciência ambiental existe e está ligada às mudanças do clima na Terra (IPCC, 2007 e Gore, 2006).

Uma comprovação deste fato ambiental são os teores máximos possíveis de substâncias químicas poluentes encontradas nos briquetes e peletes de madeira nas normas européias. A norma alemã DIN 51731 / DIN plus, registra teores máximos de enxofre, nitrogênio, arsênico, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, chumbo e zinco. A norma sueca SS 18 71 20 e SS 18 71 21, assim como a norma austríaca ONORM M 7135, apresentam limites máximos de nitrogênio e cloretos (European pellet centre, 2007).

Assim, o que no passado era uma suspeita, hoje é uma certeza de que o clima da Terra está mudando, com uma instabilidade e chance de desastre global cada vez maior. Emanuel (2005) afirma que o CO₂ dos combustíveis fósseis aquece o planeta, a água superficial dos oceanos gerando furacões e suas conseqüências na produção de alimentos. O furacão Katrina por exemplo alcançou velocidades de 280 km/h e causou US\$ 100 bilhões de prejuízo.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2008), o Brasil ocupa um lugar privilegiado como emissor de CO₂ na atmosfera, com a produção de 1,8 t/habitante. O mundo produz 4,22, os Estados Unidos 19,61 e o Japão 9,5 t/habitante.

De outro lado, a preocupação com a sobrevivência da humanidade é uma realidade hoje, o que outrora fora uma especulação ambiental. Assim, o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change-United Nations*) é um documento anual estabelecido em 1998 por duas organizações da UN (*United Nations*), (IPCC, 2007), como sejam a *World Meteorological Organization* (WMO) e a *United Nations Environment Programme* (UNEP) para avaliar o risco das mudanças climáticas provocada pelo homem e publicar relatórios especiais em forma de tópicos para a UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Este documento que foi ganhador do Premio Nobel da Paz em 2007, contém uma síntese dos trabalhos científicos a respeito do tema e sugestões para os líderes mundiais com informações e estimativas objetivas a respeito de: 1) mudanças climáticas provocadas pelo homem, 2) impactos nas mudanças climáticas provocadas pelo homem, 3) alternativas para ajuste e redução destas mudanças climáticas (vide APÊNDICE I).

As conclusões mais importantes do WG1 (*Working Group 1*) foram publicadas em março de 2007 e são as seguintes:

1 – O aquecimento global é uma realidade.

2 – Mais de 50% do aumento da temperatura média global desde a metade do século 20 estão próximos do aumento das concentrações dos gases estufa causado pelo homem.

3 – As concentrações de dióxido de carbono, metano e óxidos do nitrogênio na atmosfera global têm aumentado como consequência da atividade humana desde 1750 e agora na era industrial, mais que nos últimos 650 mil anos de registros geológicos.

4 – O dióxido de carbono gerado pelo homem no passado e do futuro continuará a contribuir com o aquecimento global e a elevação do nível dos oceanos.

5 – As temperaturas mundiais podem aumentar entre 1,1°C e 6,4°C durante o século 21.

6 – A probabilidade de que o aquecimento global seja provocado por causas naturais, portanto não-antrópicas, é de menos de 5%.

Estas afirmativas do IPCC (2007) devem ser aproveitadas neste estudo porque ratificam o pressuposto assumido do briquete de madeira tendo uma combustão fechada no ciclo de carbono e não provoca mudanças climáticas em termos de elevação dos níveis do dióxido de carbono. Isto sugere que os líderes que planejam as políticas públicas de energia do Brasil e do mundo devem oferecer, à sociedade, estímulo em forma de investimentos industriais e comerciais para o desenvolvimento de energias renováveis e que favoreçam a melhor qualidade de vida. Isso marca-se no caso vertente, do briquete de madeira.

A Figura 1.2 mostra uma evolução estimativa de 250 anos da energia usada pela humanidade (Nakicenovic; Grubler; Mc Donald, 1998), quando em 1850 existiam dois tipos de energia, sendo 12% de carvão e 88% de lenha. A projeção para 2100 mostra oito tipos de energia, sendo carvão 2% e lenha 2%.

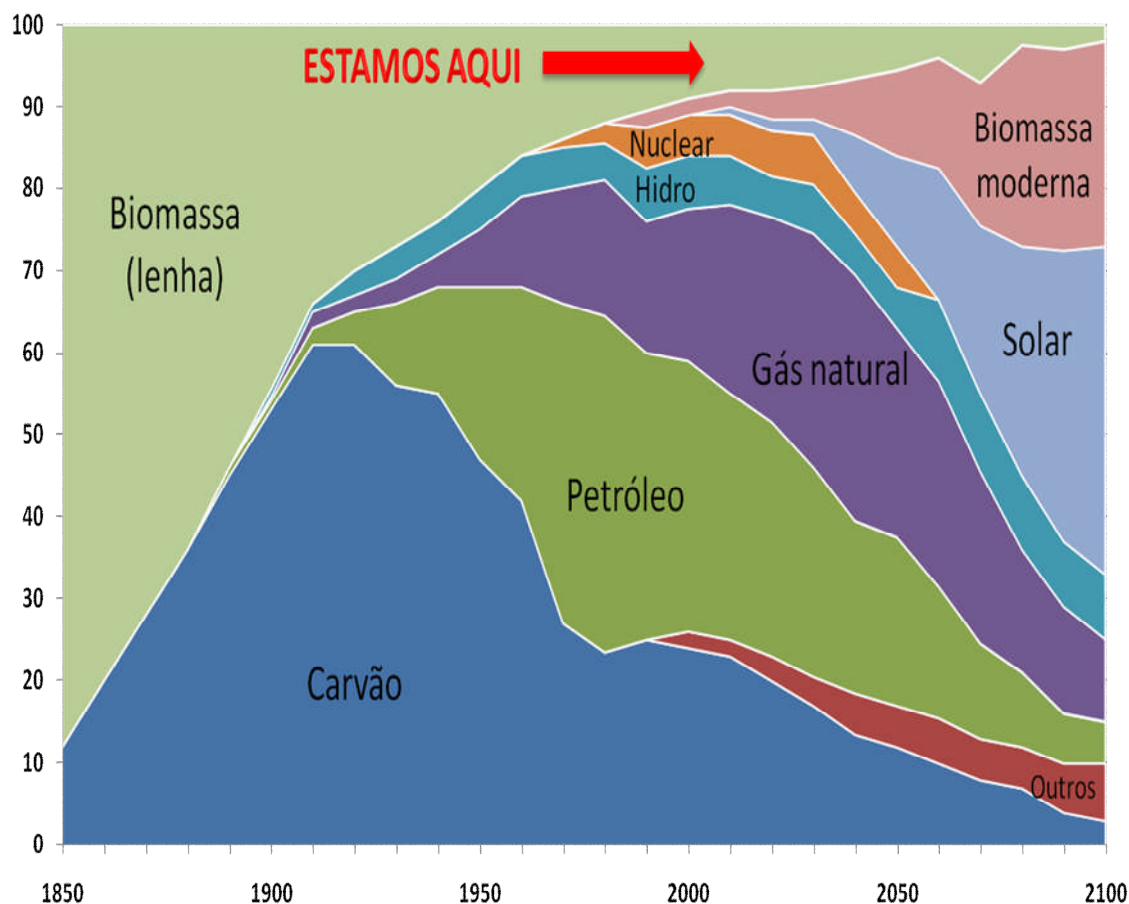


Figura 1.2 – Fluxo de 1850 a 2100 da demanda em % de combustíveis fósseis, biomassa e outras energias. Fonte: Nakicenovic; Grubler; Mc Donald, 1998.

Ou seja, seis novos tipos de energia entrarão no cenário civilizatório, entre elas a moderna biomassa e dentro desta, os descartes ligno-celulósicos e o briquete de madeira. O destaque desta projeção para 2100 é que a energia solar seria a dominante.

1.6 REFERÊNCIAS

ABIMCI. Disponível em: <<http://abimci.com.br>>. Acesso em: 2006, 2007.

ABRAF. **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**. Anuário Estatístico da ABRAF de 2006. São Paulo. Ed. ABRAF. 2006.

ALAKANGAS, E. **EUBIONET 2. CEN-Technical Specifications for solid biofuels-Fuel specifications and classes and fuel quality assurance**. Working Group 2, TC 335. Finland. 2006.

ALAKANGAS, E. **Wood pellets in Finland -Technology, economy and market**. OPET 5. VTT-Technical Research Centre of Finland. Jyväskylä. 2002.

ALVES, C. **Rendimento de desdobro de toras, geração de descartes e tempo de trabalho em serrarias da Amazônia: o estudo de caso da Mil Madeireira, Itacoatiara, Amazonas.** Dissertação da Universidade do Amazonas. 2000.

BEN-Balanco Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2007 e 2008.

BEZZON, G. **Síntese de novos combustíveis sólidos a partir de resíduos agroflorestais e possíveis contribuições no cenário energético brasileiro.** Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Campinas-SP. 1994.

BIOMASSA E BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>>. Acesso em: 2007.

BRIDGWATER, A. V. **Biomass Fast Pyrolysis.** Bioenergy Research Group. Aston University. Birmingham. United Kingdom. 2007.

BRIQUETES NO BRASIL. Disponível em: <http://www.infoener.iee.usp/br/scripts/biomassa/texto/br_briquete.ssp>. Acesso em: 03 out 2005.

BRIQUETES. Disponível em: <http://www.biomax.com.br/briquete_vantagens.asp>. Acesso em: 27 set. 2005.

BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.cetecbr.com.br/bra/briquetes.php>>. Acesso em: 17 abr. 2008.

BRITO, J.; CINTRA, T. **Madeira para energia no Brasil: Realidade, visão estratégica e demanda de ações.** Biomassa & Energia, V 1, N 2, p 157-163. 2004.

BROWN COAL AS FUEL. Disponível em: <<http://www.lib.utexas.edu/books/dumble/publications>>. Acesso em: 3 out 2005.

COUTO, L. *et al.* **Produção de pellets de madeira-o caso de Bio Energy no Espírito Santo.** Biomassa & Energia V1, N1, p 45-52. 2004.

CRISP, A. **Wood residue as an energy source for the forest products industry.** The Australian National University. 1999.

DEMIRBAS, A. **Evaluation of biomass materials as energy source: upgrading of tea waste by briquetting process.** Energy Sources, V 21, nr 3, April, pg 215-220. 1999.

DIAS, J. **Utilização da biomassa: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas.** Tese de Doutorado-Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002.

DUTRA, R.; NASCIMENTO, S. **Resíduos da indústria madeireira.** Monografia da Universidade do Estado do Pará. 2006.

EGGER, C. **Pellets markets in Europe.** O. Energiesparverband. Linz. Austria. 2005.

EMANUEL, K. **Divine wind: the history and science of hurricanes.** Oxford University Press. 2005.

EUROPEAN PELLET CENTRE. Disponível em: <<http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878>>. Acesso em: 21 jun 2007.

FERREIRA, S. *et al.* **Influência dos métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de Eucalipto spp.** Revista Cerne, V 10, Nr 1. pg 10-21. 2004.

GARRISON, R.; NOREEN, E. **Contabilidade Gerencial.** Ed. LTC. 9ª Edição. Rio de Janeiro. 2001.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento.** Ed. Edusp. 234 p. São Paulo. 1998.

GOMIDE, J. **Serraria.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 1974.

GORE, A. **An Inconvenient Truth.** New York. 2006.

GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass briquetting: technology and practises.** FAO, April 1996. Disponível em: <<http://www.rwedp.org>>. Acesso em: 11 set 2006.

HEINIMO, J.; ALAKANGAS, E. **Solid and liquid biofuels market in Finland-a study on international biofuels trade.** Lappeenranta University of Technology. Department of Energy and Environment Technology. Research Report EN A-53. April, 92 p. Finland. 2006.

HILLRING, B. **Price trends in the swedish wood fuel market.** Biomass and Bioenergy, v 12, n 1, p 41-51. 1997.

HIRSMARK, J. **Densified Biomass Fuels in Sweden.** Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

HOSIER, R. **Biomass briquettes in the Dominican Republic: Part 1. Social and economical feasibility.** Biomass V 13, nr 3. pg 199-217. 1987.

IMAZON. **Produção de madeira processada.** 2004. Disponível em: <<http://www.consciência.br>>. Acesso em: 01 mar 2007.

INTERNATIONAL ENERGY ANNUAL. Disponível em: <<http://www.iea.org>>. Acesso em: 4 out. 2005; 24 jun 2007.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change-**Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Summary for Policymakers.** Geneve. Switzerland. 2007.

JONES, D.; JONES, J. **Wood chips versus densified biomass: an economic comparison.** AIAA. p 223-249. Vista-Flórida-USA. 1980.

Li, Y.; Liu, H. **High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel.** Biomass an Bioenergy, v 19, p 177-186. 2000.

LIGHT SWEET CRUDE OIL. Disponível em: <<http://www.nymex.com>>. Acesso em: 16 mai 2008.

LOPES, R. P. *et al.* **Controle da combustão em fornalhas a lenha.** Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural-Agrener. 2000.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia – princípios de micro e macroeconomia.** Ed. Campus. São Paulo. 1999.

MORAIS, D. M., **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para queima de blocos cerâmicos:** uma aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

NAKICENOVIC, N.; GRUBLER, A.; Mc DONALD, A. **Global energy perspectives.** International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg. Austria. Ed. Cambridge University Press. 1998.

O PREÇO DO PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.abin.gov.br>>. Acesso em: fev/mar 2008.

O PROCESSO DE BRIQUETAGEM. Disponível em: <<http://www.komarek.com.br/process/index.html>>. Acesso em: 27 set 2005.

PATUSCO, J. A. M. **Eletricidade no Balanço Energético Nacional - BEN.** Nota Técnica CGI Nr 01/98. Coordenação Geral de Estudos Integrados do Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2003.

PATUSCO, J. A. M. **Tratamento em co-geração nos balanços energéticos.** Relatório COBEN 08/93 do Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/download.do?Attachment>>. Acesso em: 22 set 2006.

PAULRUD, S. **Upgraded Biofuels-Effects of Quality on Processing, Handling Characteristics, Combustion and Ash Melting.** Doctoral PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden. 2004.

PEREIRA, M. **Prevenção e manutenção de máquinas na Eco Industrial.** Trabalho de Graduação. Faculdade do Instituto Brasil. Anápolis. 2006.

PERSSON, G. **Speech at World Bioenergy 2006.** Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO. Jonkoping. 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts.** New York, Mc Graw Hill, 3rd ed. 1991.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. **Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético.** Biomassa e Energia. V1, nr 2. p. 199-208. 2004.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos.** Ed. IBAMA - Circular Técnica do LPF. Vol 1. Nr 2. 1991.

QUIRINO, W. F. *et al.* **Poder calorífico da madeira e de descartes ligno-celulósicos.** Biomassa e Energia. v1, n 2, p 173-182. 2004.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais.** Editora IBAMA. Brasília. 2002.

ROCHA, S. **Mechanical Evaluation for the quality control of biomass pellets and briquettes.** Proceedings of the 2nd World Conference on pellets. 183-187. Jonkoping. Sweden. 2006.

RODRIGUES, L. D. *et al.* **Uso de briquetes compostos para a produção de energia no Estado do Pará.** Universidade Federal do Pará. Projeto Enerbio. 2003.

ROSSILO-CALLE, F. **Uma breve análise do potencial da biomassa no Brasil.** Biomassa & Energia, V1, N 3, 225-236. 2004.

ROWELL, R. M. USDA-Forest Product Laboratory. Forest Service. **Wood Handbook.** Chapter 19-Specialty Treatments. Wisconsin. [1987].

RUSSEL, G. **Bioenergy here and there.** Northern logger and timber processor, V 5 N 5, p 10-11. USA. 2006.

SCHIERMEIER, Q. **What we don't know about climate change.** Nature. Vol 445/8. pg 580. February, 2007.

SILVA, A. D. **Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensado.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001.

SUAREZ, J. A.; LUENGO, C. A. **Coffee husk briquettes: a new renewable energy source.** Energy Sources. 25 (10) 961- 967. out. 2003.

SVENNINGSON, P. **Biomass briquettes in the dominican republic. Part II:** technical analysis. Biomass, v 13, n 4. 1987.

TABARÉS, J. L. M. *et al.* **Feasibility study of energy use for densified lignocellulosic materials (briquettes).** Ed. Elsevier Science Ltd. Fuel. V. 79, n 10, junho 2000. p 1229-1237. 2000.

THE HISTORY OF THE CITY OF KINGSFORD. Disponível em: <<http://www.cityofkingsford.com/history.html>>. Acesso em: 03 out. 2005.

TONELLO, K. C. *et al.* **O destaque econômico do setor florestal brasileiro.** 3^o Seminário Internacional de Ciência e Tecnologia na América Latina. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas. 2006.

TRIPATHI, A. K., IYER, P. V. R., KANDPAL, T. C. **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India.** Biomass and Bioenergy. Vol 14. nr 5/6. p 479-488. Great Britain. 1998.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **International Energy Outlook 2006**. Energy Information Administration (EIA). Washington. 2006.

US ENERGY AND WORLD ENERGY STATISTICS. Disponível em: <http://energy.cr.usgs.gov/energy/stat_etry/stat.1.html>. Acesso em: 24 out 2005.

UTILIZAÇÃO. Disponível em: <<http://briquetes.com.br/index.php?pg=utilizacao>>. Acesso em: 09 abr 2008.

VALE, A. T. *et al.* **Caracterização energética e rendimento de carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*, DUKE)**, Revista Cerne, v.13, n.4, p.416-420. 2007.

VAPO. Disponível em: <http://www.vapo.fi/eng/main_page/?id=563>. Acesso em: 24 out 2006.

VARELA, M., LECHÓN, Y., SAÉZ, R. **Environmental and socioeconomic aspects in the strategic analysis of a biomass power plants integration**. Biomass and Bioenergy. n 17, p. 405-413. 1999.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. Ed. Campus, Rio de Janeiro 1987.

VEIGA, M. **Perspectivas de inserção da bioeletricidade**. Seminário de Bioeletricidade.

VINTERBACK, J. **New technologies for production of (wood chips and) pellets**. World Bioenergy & Pellets. Ed. Svebio. Stockholm. 2006.

VINTERBACK, J. **Pell-Sim-Dynamic Model for forecasting storage and distribution of wood pellets**. Biomass and Bioenergy, v 27, n 6, p. 629-643. 2004.

VINTERBACK, J. **Wood pellet use in Sweden: a system approach to the residential sector**. Doctoral Thesis. Silvestria 152. Swedish University of Agricultural Sciences- Dpt. of Forest Management and Products. Uppsala. 2000.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 2002.

CAPÍTULO 2

2 TECNOLOGIA EM UMA INDÚSTRIA DE BRIQUETE

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui 60 indústrias de briquetagem entre pequenas, médias e grandes com uma produção mensal de 51,7 mil toneladas de briquetes comercializados e uma quantidade de 350 briquetadeiras mecânicas de pistão em funcionamento parcial ou total. Cerca de 70% das indústrias de briquetagem trabalham independentes, compram descartes de terceiros, industrializam este material e vendem briquetes para o mercado industrial ou de serviços como agroindústrias, padarias, pizzarias e restaurantes. (Pereira, 2006; Grover; Mishra, 1996; Biomassa e briquetes, 2007; O processo de briquetagem, 2005).

O tipo de briquetadeira mais usado no Brasil é a prensa extrusora de pistão mecânico em usinas concentradas na região sul e norte. Das tecnologias de adensamento destaca-se a compactação de descartes a pulso de pistão mecânico por compressão e a extrusão com rosca sem fim, também a altas pressões (Nogueira *et al*, 2000; Tripathi, 1998; Biomassa e briquetes, 2007; O processo de briquetagem, 2005).

Tripathi (1998), Alakangas (2002) e Hirsmark (2002) mostram que a industrialização de briquetes em geral segue as etapas de secagem da matéria-prima, cominuição, peneiramento, adensamento e esfriamento do briquete. Por se tratar de indústria de energia alternativa em franca expansão e considerando que são raros os trabalhos científicos para esta demanda tecnológica, este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- 1 – Investigar as características mecânicas, químicas, físicas e energéticas da matéria – prima e do briquete de madeira,
- 2 – Caracterizar os fluxos de massa em uma indústria de briquetagem,
- 3 – Caracterizar os fluxos de energia em uma indústria de briquetagem,
- 4 – Investigar o comportamento das variáveis combinadas mais importantes, duas a duas, de tecnologia nos ensaios de briquete.

2.2 REVISÃO DA LITERATURA

2.2.1 Caracterização da matéria-prima e do briquete

Na fabricação de briquete, as matérias-primas utilizadas podem ser: serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, café entre outros, obtendo-se briquetes com qualidade superior (Quirino, 1991). O diâmetro do briquete quando de madeira para queima em caldeiras, fornos e lareiras é de 70 mm a 100 mm e com comprimento de 250 mm a 400 mm. Outras dimensões com diâmetros de 28 mm a 65 mm são usadas em estufa, fogão de alimentação automática, grelha e churrasqueira. A biomassa adensada a pressões de 100 MPa ou mais é denominada briquete quando tiver um diâmetro maior que 30 mm. Produtos densificados como este de dimensões menores são denominadas peletes (Alakangas, 2006; Grover; Mishra, 1996; Biomassa e briquetes, 2007; Quirino, 2002, 1991; Pereira, 2006).

Embora variáveis, os briquetes feitos no Brasil tem uma densidade aparente de 1,0 t/m³ a 1,4 t/m³, um Poder Calorífico Superior de 4300 kcal/kg a 4800 kcal/kg, uma umidade entre 8% a 10%, densidade a granel de 600 kg/m³ a 700kg/m³, teores de voláteis de 81%, cinzas de 1,2% e carbono fixo de 18,8%. No Brasil, a serragem tem uma densidade a granel entre 100 kg/m³ a 300 kg/m³, umidade de 15% a 55% base úmida e cores que variam do amarelo claro originária do *Pinus sp* seco até o marrom escuro da maçaranduba úmida. Na Suécia, o pelete tem em média 4153 kcal/kg (4,83 kWh/t) (Oberberger; Thek, 2004; Alakangas, 2002, 2006; Silva, 2001; Hirsmark, 2002; Grover; Mishra, 1996; Pereira, 2006; Briquetes no Brasil, 2005; Biomassa e briquetes, 2007; O processo de briquetagem, 2005).

Para reduzir os custos de produção e suavizar a briquetagem, podem ser incluídas outras matérias-primas, como casca de algodão e bagaço de cana-de-açúcar em porcentagens variáveis de 10% a 25%. Estes produtos, conforme o teor de sílica, podem favorecer a briquetagem, gerando menor atrito na briquetadeira dando-lhe maior vida útil (Pereira, 2006).

2.2.2 O processo industrial e energia

A densificação pela briquetagem consiste na compactação a elevadas pressões, provocando aumento da temperatura da serragem até acima de 250 °C. A lignina da madeira sendo um polímero termoplástico começa a escoar a partir de 170°C atuando como aglomerante das partículas da madeira (Rowell, 1987). Paulrud (2004), afirma que em consequência das elevadas pressões do processo, a lignina entra em processo de escoamento entre 80°C e

200°C, dependendo do tipo de material ligno-celulósico. Depois de resfriado, promove a colagem entre as partículas adensadas. Segundo Shiraishi (2003), a lignina de madeira seca tem o ponto térmico de amolecimento ou plastificação em 260°C. Segundo Bartkowiak (2004), a lignina degrada-se entre 250°C e 500°C. A lignina solidificada na superfície faz que o briquete resista à umidade, justificando a não-utilização de produtos aglomerantes como cola, resina, cera ou amido. A briquetagem reduz custo de transporte, aumenta a capacidade de armazenamento e melhora as propriedades de combustão. Da mesma forma, a conversão de biomateriais em adensamento é influenciada pelas propriedades físicas como teor de umidade, granulometria, densidade a granel e parâmetros operacionais como tamanho da peletizadora/briquetadeira, temperatura e demanda de energia. (Paulrud, 2004; Mani *et al* 2003, 2006; Grover; Mishra, 1996; Briquetes no Brasil, 2005; Pereira, 2006).

A máquina que produz o briquete é um equipamento mecânico denominado prensa briquetadeira de pistão, geralmente movido a motor elétrico, pesando de seis a dez toneladas, constituída de um pistão de aço horizontal pulsante de movimentos alternativos e ligado excêntricamente a um virabrequim. Este fica acoplado a um volante duplo com diâmetro que pode ter 1 metro e massa de duas toneladas. Tem uma bica superior por onde entra a serragem seca, uma câmara intermediária para onde a serragem é conduzida por um moto redutor de eixo vertical em hélice, uma câmara de briquetagem onde a serragem é comprimida a elevadas pressões e uma guia de resfriamento horizontal externa (Briquetes no Brasil, 2005).

O total de energia para o adensamento da biomassa no processo industrial depende da umidade e granulometria da matéria-prima, vazão e densidade do briquete, tipo de máquina, madeira a ser cominuída ou regime de escala (Tripathi, 1998).

A Tabela 2.1 apresenta dados da demanda de energia na produção de briquetes e peletes, assim como sua condição operacional:

2.2.3 Fluxo de massa

Conforme mostra a Figura 2.1, o fluxo industrial inicia com a cominuição dos retalhos até a expedição.

Tabela 2.1– Demanda de energia para a fabricação de briquete ou pelete.

Autor e data	País	Valor de energia-kWh / t	Condição industrial e operacional
Alakangas, 2002	Finlândia	45-65	Pelete de <i>Pinus sp</i>
Bhattacharya, 2001	Tailândia	179	Briquete palha de arroz- rosca sem fim
Thek, 2002	Suécia / Áustria	138 / 154	Pelete de <i>Pinus sp</i>
Zakrisson, 2002	Suécia / Áustria	610 / 1.175	Pelete de <i>Pinus sp</i>
Infoener	Brasil	20-60	–

No trajeto entre a serragem no pátio da serraria e o briquete já entregue na fornalha do consumidor, existe o fluxo do produto em sua cadeia. Ele pode ser caracterizado em 11 etapas: A-transporte da serragem para o peneiramento, B-transporte dos retalhos para cominuição, C-transporte da serragem cominuída para o peneiramento, D-peneiramento da serragem, E-passagem da serragem da peneira para o secador, F- movimento da serragem dentro do secador rotativo, entrando com umidade entre 20% e 55% e saindo com umidade entre 8% a 15%, G-secagem e separação das partículas por meio de um ciclone, H-descarregamento da serragem seca e peneirada no depósito situado entre a exaustão e a briquetadeira, I-passagem da serragem do depósito para o moega da briquetadeira, J-transporte para resfriamento do briquete quente até a mesa de embalagem, K-transporte dos briquetes a serem armazenados na sala de expedição (Paulrud, 2004; Hamelinck, 2003; Alakangas, 2002; Tripathi, 1998; Quirino, 2002; Pereira, 2006).

A matéria-prima pode chegar à indústria de forma úmida, heterogênea, solta, com baixa densidade, contaminada biologicamente ou com materiais estranhos como tinta e vernizes assim como apresentar granulometria não-adequada. Quando o fluxo termina, o briquete de madeira é um produto adensado, limpo de materiais estranhos, com umidade na faixa de 8% a 15%, com tamanho e dimensões específicas conforme a decisão do cliente. (Tripathi, 1998; Pereira, 2006; Hirsmark, 2002; Alakangas, 2002).



Figura 2.1- Fluxo de massa em uma indústria de briquete de madeira

2.2.4 Caracterização do desempenho

Cada fabricante tem uma forma de aferir o desempenho da produção. Ela pode ser produtividade (t/ano, t/hora); densidade de energia (GJ/t de briquete); demanda de energia para a fabricação do briquete (kWh/t), relação de vazão da biomassa de entrada e na saída do sistema, tanto seca como úmida. Ou ainda, a demanda de energia em kW, kWh/t em cada etapa industrial (Silva, 2001; Demirbas, 1999; Bhattacharya *et al*, 2001; Young; Khennas, 2004; Tripathi, 1998; Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002; Zakrisson, 2002).

As indústrias procuram um máximo de competitividade no mercado usando como base a produtividade, a uniformidade do briquete, eficiência do uso da energia, visual para comercialização do produto, poder calorífico ou facilidade de fluxo da matéria-prima.

Da mesma forma, as indústrias procuram um mínimo dos seguintes fatores: demanda de energia, perda de matéria-prima no processo, quebra e parada das máquinas e equipamentos, tempos perdidos, poluição dentro e fora da indústria, reclamação e devolução do produto (Marques, 2001; Cotrim, 1992; Pereira, 2006; Goldemberg, 1998; Vapo, 2006; Hamelinck, 2003).

As unidades mais usadas para os trabalhos científicos são a kcal, BTU, kWh/t e MJ, embora a unidade do Sistema Internacional-SI seja o Joule, o quilograma e o segundo. As indústrias usam mais o GJ/t, kWh e o kWh/t para registrar a demanda de energia em briquete e pelete (Temmerman, 2004; Vinterback, 2000; Sistemas de Unidades, 2007; Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002).

Entre os desafios da fabricação de briquetes de madeira, tem-se: necessidade de produtos mais resistentes ao manuseio e transporte; produtos com baixos teores de cinza, enxofre,

nitrogênio e gases; redução da demanda de energia na fabricação, produto mais resistente à umidade e o aumento da densidade energética (Rocha, 2006; Albuquerque, 1995; Dias, 2002; Lopes, 2000).

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Coleta dos dados

Os dados foram coletados na indústria piloto de briquetagem de madeira durante quatro semanas entre 15 de novembro a 13 de dezembro de 2006. Na época da coleta a indústria estava produzindo briquete de serragem de *Pinus caribaea var. hondurensis* de uma fábrica de lápis, assim como um complemento de 15% de maçaranduba (*Manilkara sp*) e descartes de uma agroindústria de algodão. A empresa é administrada por cinco sócios em seu quadro de 21 funcionários e produz em média 650 toneladas de briquete por mês.

2.3.2 Caracterização da matéria-prima e do briquete

Para verificar a dispersão dos dados observados em relação à média foram determinados coeficientes de variação para as propriedades de umidade, densidade, poder calorífico, cinza e granulometria, seja para a matéria-prima como para o produto final.

2.3.2.1 Teor de umidade da serragem

A umidade da serragem foi determinada sob duas condições: quando recebida pela fábrica ainda saturada de água e após o secador. A umidade do briquete foi determinada para amostras coletadas após a sua fabricação e na linha de produção. Determinou-se a umidade, considerando quatro tomadas de dados com cinco amostras em cada, num total de 20 repetições, utilizando a equação 1.

$$TU = \frac{100(MU - MS)}{MU} \quad [1]$$

Onde:

TU = teor de umidade %; MU = massa úmida, g; MS = massa seca, g.

2.3.2.2 Densidade aparente

Na determinação da densidade aparente, 20 amostras de briquetes em quatro tomadas diferentes foram retiradas da mesa de embalagem determinando-se a massa e volume, utilizando a equação 2:

$$DA = Mu / Vu \quad [2]$$

Onde:

DA = densidade aparente

Mu = massa úmida a umidade “u”, em kg

Vu = volume úmido a umidade “u”, em m³

A densidade a granel dada em kg/m³ tanto da serragem úmida ou seca e dos briquetes foi feita pela pesagem de uma quantidade colocada em um depósito plástico de 60 litros ou 0,06 m³. Foram feitas cinco coletas em quatro ocasiões em um total de 20 repetições.

2.3.2.3 Poder calorífico

Cinco parcelas provenientes de quatro tomadas de dados totalizando 20 repetições foram utilizadas considerando serragem, briquete e lenha. As amostras foram cominuídas em um moinho de facas e em seguida peneiradas com abertura de malha 0,25 mm. As amostras anidras seguiram para a determinação do Poder Calorífico Superior, segundo a Norma ABNT NBR 8633/84 e manual de operações do calorímetro PARR 1351, dado em kcal/kg, no Laboratório de Biofísica do Instituto de Química da UnB. O Poder Calorífico Inferior (PCI) foi determinado pela equação 3:

$$PCI_{0\%} = PCS_{0\%} - 600 \left(\frac{9H}{100} \right) \quad [3]$$

Onde:

H = Teor de hidrogênio, que se for de 6%, então:

600 [(9 x 6)/100] = constante no valor de 324 kcal/kg ou 1,3568 MJ/kg.

O Poder Calorífico Útil (PCU), foi determinado segundo a equação:

$$PCU = PCI_{0\%} [1-U] - 600*U \quad [4]$$

Sendo U, umidade em decimal

2.3.2.4 Teor de cinza

O teor de cinza dos briquetes e da serragem seca foi determinado pelo Método AOAC 94205 (AOAC, 1998), com resultados apresentados em % em relação à biomassa anidra e tomando-se o peneirado de abertura de malha 0,25 mm e 0,42 mm. Cada tomada semanal de dados teve cinco sub amostras, totalizando 20 repetições.

2.3.2.5 Granulometria

Amostras de serragem foram classificadas em sete peneiras de 0,25 mm, 0,42 mm, 1 mm, 1,18 mm, 2 mm, 2,36 mm e 3,35 mm, com um tempo de vibração do peneirador de cinco minutos. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA de Brasília.

2.3.3 Caracterização dos fluxos

2.3.3.1 Fluxo de massa

A determinação das vazões de serragem (kg/h) durante o processo fabril foi feita para a serragem úmida na entrada do secador e já seca na saída do ciclone. Foram feitas quatro tomadas de dados com oito parcelas em cada tomada para a serragem úmida dentro do secador em um total de 32 repetições. No caso da serragem seca na saída do secador, foram feitas quatro tomadas com cinco parcelas em cada tomada, resultando em um total de 20 repetições. Um saco plástico tarado era posicionado para a coleta da serragem tanto úmida como seca durante 20 segundos. Para a determinação da vazão dos briquetes (kg/h) realizada na mesa de embalagem, foram feitas em quatro tomadas de dados, coleta de cinco amostras, totalizando 20 repetições. Usou-se um tempo médio de dois minutos para cada tomada, período em que os briquetes eram ensacados e pesados.

2.3.3.2 Fluxo de energia

a – Energia elétrica (EE): Mediu-se a potência em cada um dos 29 motores elétricos da indústria usando o medidor digital marca Nanovip, conforme Cotrim (1992) e dada pela equação 5:

$$Pe = \frac{V * A * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad [5]$$

Onde:

Pe= potência em kW; V= tensão em volts; A= corrente em amperes; $\sqrt{3}$ = fator de correção para motores trifásicos; $\cos \phi$ = fator de potência.

Dos 29 motores elétricos da indústria, 24 estão diretamente na linha de produção e cinco são de apoio como o compressor de ar, esteira de carregamento dos caminhões, bomba de água, ventilador da caixa de água e da administração.

Nos ensaios de energia elétrica, os equipamentos de peneiramento, exaustão e briquetamento tinham inversores de frequência com a finalidade de alterar a rotação dos motores elétricos e por conseqüência, a vazão de massa, seja da serragem seca ou úmida, assim como do briquete.

b – Energia humana (EH): O consumo de energia humana foi baseada em Silva (2001) e dada pela equação 6:

$$EH_t = ED * DT * NF * 10^{-6} \quad [6]$$

Onde:

EH t = energia humana total dada em Mcal / mês; ED = demanda diária de energia de um trabalhador equivalente a 3.800 cal/dia (Silva, 2001); DT = dias por mês de trabalho; NF = quantidade de funcionários da fábrica no processo industrial.

c – Energia química (EQ): A demanda de energia química foi feita pelo consumo de óleo diesel do trator e caminhões do processo industrial e conforme SILVA (2001). Calculou-se a energia química pela equação 7:

$$EQ = QC * PC * ME * 10^{-3} \quad [7]$$

Onde:

EQ = energia química mensal dada em Mcal/mês; QC = litros mês de óleo diesel; PC = poder calorífico do óleo diesel 10.750 kcal/kg (BEN, 2007); ME = massa específica do óleo diesel equivalente a 0,852 kg/litro (BEN, 2007).

d – Energia térmica (ET):

Para a determinação dos cálculos termodinâmicos foi usado o Software Cicle Pad V2. O. Beta Version. Foi desenvolvida a equação 8 para a determinação da energia térmica apresentada em quantidade de calor (Q) requerida para a secagem da serragem conforme Incropera (2003), cuja equação é:

$$Q_s = \frac{[Q_{s,bio} + Q_{s,H_2O} + Q_{L,H_2O}]}{V_{m,briq}} \quad [8]$$

Onde:

Q_s = quantidade de calor para a secagem da serragem úmida em GJ/tonelada de briquete.

$Q_{s,bio}$ = quantidade de calor sensível da biomassa anidra da entrada do secador, em GJ por hora.

Q_{s,H_2O} = quantidade de calor sensível da água da umidade da serragem que entra no fluxo de massa na entrada do secador.

Q_{L,H_2O} = quantidade de calor latente da água da umidade da serragem que entra no fluxo de massa na entrada do secador.

$V_{m, briq}$ = vazão da massa de briquete pronto em toneladas por hora.

d.a) A parcela de energia $Q_{s,bio}$ foi determinada pela equação 9:

$$Q_{s, bio} = M_{bio} * C * \Delta T \quad [9]$$

Onde:

M_{bio} = massa de biomassa anidra em kg/hora.

C = calor específico da serragem, assumido como 1,25 kJ/kg °C.

ΔT = variação da temperatura da biomassa, desde a entrada no secador até o ponto de vaporização em °C, assumindo a pressão no secador como constante (1,0 atm).

d.b) A parcela de energia Q_{sH_2O} foi determinada pela equação 10:

$$Q_{sH_2O} = M_{H_2O} * C_p * \Delta T_{H_2O} \quad [10]$$

Onde:

M_{H_2O} = massa de água a evaporar entre a entrada e saída do secador, em kg/hora.

C_p = calor específico da água no valor de 4,19 kJ/kg °C, a pressão constante.

ΔT_{H_2O} = variação da temperatura da água, desde a entrada da biomassa no secador até a temperatura de evaporação de 100°C (1,0 atm).

d.c) A parcela de energia Q_{L, H_2O} foi determinada pela equação 11:

$$Q_{L, H_2O} = M_{H_2O} * L \quad [11]$$

Onde:

M_{H_2O} = massa de água a evaporar entre a entrada e saída do secador, em kg/hora.

L = calor latente da água no valor de 2257 kJ/kg.

d.d) Considerou-se 1 kWh = 0,0036 GJ.

2.3.4 Resistência do briquete

2.3.4.1 Teste de resistência ao arremesso

Este teste foi desenvolvido para comparar duas formas de embalagem de briquete objetivando menor produção de finos devido ao impacto e abrasão. Os tratamentos testados foram:

T1= Embalagem amarrada onde os briquetes são organizados de forma paralela entre si e ocupando um máximo de espaço útil da sacaria (embalagem de 35 kg).

T2 = Embalagem amarrada onde os briquetes são colocados de forma desordenada, soltos e sem a otimização do espaço podendo estar paralelos ou perpendiculares entre si (embalagem de 15 kg).

O ensaio consistiu em arremessos de sacos a três metros de altura e a quatro metros de distância horizontal, acionado por esteira volante de 1,33 m/s usada no carregamento dos caminhões.

Os ensaios foram divididos conforme a seqüência a seguir:

- 1 – Pesagem da embalagem vazia (P_{ev}),
- 2 – Pesagem da embalagem com briquete (P_{eb}) antes e depois de cada arremesso, retirando pedaços menores que 5 cm de dimensão longitudinal,
- 3 – Determinação do peso líquido do briquete (P_{lb}) por:
 $P_{lb} = P_{eb} - P_{ev}$, para cada arremesso,
- 4 – Determinação porcentual de briquetes inteiros (I), através da equação 12:

$$I = \frac{100 * P_{lbd}}{P_{lba}} \quad [12]$$

I = porcentagem de pedaços inteiros maiores de 5 cm de dimensão máxima,

P_{lbd} = peso líquido do briquete depois do arremesso,

P_{lba} = peso líquido do briquete antes do arremesso

A análise estatística consistiu em uma ANOVA entre as médias ao nível de 5% de probabilidade e uma Análise de Regressão.

2.3.4.2 Teste de resistência mecânica estática.

Neste ensaio foi verificada a resistência do briquete ao esforço de compressão perpendicular ao seu eixo longitudinal. Foram feitos dois tratamentos: T1- briquete de

0,085 m de diâmetro e T2- briquete com diâmetro de 0,095 m, com 20 repetições para cada tratamento. Usou-se o *Método Extended Planar Strength*, segundo Rocha (2006) utilizando uma máquina universal de testes marca Instron do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA. As médias foram analisadas pela ANOVA a 5% de probabilidade. A tensão de ruptura foi calculada pela equação 13:

$$\sigma = \frac{10^6 * C}{A} \quad [13]$$

Onde:

σ = tensão de compressão lateral (MPa).

C = carga aplicada (N).

A = área da secção transversal (m²).

Sendo 1 kgf = 9,80665 N ou 1N = 0,1019716 kgf

2.3.5 Carga e tensão de compactação na briquetagem.

Para a determinação da tensão de compactação da serragem solta e úmida para a transformação em briquete sólido e denso, foi desenvolvida a equação 14.

$$\sigma = \frac{P}{10^6 * f * 2\pi * R^2 * (D_0 - D_1)} \quad [14]$$

Onde:

σ = tensão de compactação da serragem (MPa).

P = potência do motor elétrico (W).

f = frequência da rotação do volante da briquetadeira (RPS).

R = raio do briquete (m).

D₀ = curso do pistão da briquetadeira (m).

D₁ = espaço de massa compactada de briquete em cada pulso (m).

Para a determinação da carga de impacto no momento do adensamento da serragem foi desenvolvida a equação 15.

$$C = \sigma * A * 0,010197 \quad [15]$$

Onde:

C = carga de impacto em toneladas força (tf).

σ = tensão de compactação (MPa).

0,010197 = fator de conversão de MPa *cm² em tf.

A = área da seção do briquete (cm²)

2.3.6 Relação da energia de produção e energia da matéria-prima

A equação 16 relaciona a demanda de energia no processo de fabricação do briquete e a energia calorífica (PCS) contida nele:

$$\eta = \frac{100 * \varepsilon_1}{\varepsilon_2} \quad [16]$$

Onde:

η = relação percentual entre ε_1 e ε_2 .

ε_1 = energia necessária para fabricar uma tonelada de briquete (kWh).

ε_2 = energia calorífica (PCS) contida em uma tonelada de briquete (kWh).

2.3.7 Análise estatística

Os estudos desta Tese foram observacionais, experimentais e exploratórios em uma usina de briquetagem com nove etapas do processo industrial tendo como variáveis a energia e a massa. Vários métodos estatísticos foram usados, entre eles a Análise de Regressão, a Análise da Variância, o Coeficiente de Variação e a Estatística de Spearman, (Ferreira, 2000; Conover, 1980; Bhattacharrya; Johnson, 1977). Com exceção do teste de arremesso, que foi um experimento planejado, as análises estatísticas foram baseadas em dados observacionais. Dadas as limitações de dados disponíveis e a impossibilidade de controle de fatores que influenciavam no processo, uma abordagem não-paramétrica foi utilizada.

Os Coeficientes de Variação (CV) foram usados para verificar a dispersão dos dados em relação às médias. Como existe diversidade de variáveis que afetam os dados como: condição da fábrica, clima, tipos de matéria-prima, tamanho do pedido do cliente e regulagem das máquinas, adotou-se um CV de 30% como referência. Da mesma forma, Análises de Variância e Regressão foram empregadas (vide APÊNDICE H).

Em função da maior quantidade de interação das variáveis de tecnologia deste trabalho e para a sua organização – e tendo em vista alguns ensaios mais interativos entre diferentes investigações – foram classificadas as variáveis e subvariáveis em 30 diferentes grupos usando-se a Estatística não-paramétrica de Spearman (vide APÊNDICE H).

A Tabela 2.2 mostra as análises feitas para cada um dos ensaios de massa, energia e suas relações.

Tabela 2.2 – Análises estatísticas dos ensaios de massa e energia.

Ensaios	CV	AV	RHO	R
Teor de umidade	X	–	X	–
Densidade	X	–	–	–
Cinzas	X	X	X	–
Granulometria	–	–	–	–
Poder calorífico	X	X	–	–
Teste de Arremesso	–	–	X	X
Teste de Resistência Mecânica Estática	X	X	X	–
Fluxo de massa	X	X	–	–
Todas as energias – kWh/t	X	–	X	–
Densidade energética	–	X	–	–
Vazão briq B1 e pot ME B1	–	–	X	–
Vazão briq B2 e pot ME B2	–	–	X	–
Densid briq B2 e pot ME B2	–	–	X	–
TU serrag peneira e pot ME briq B2	–	–	X	–
TU briq B1 e B2	–	–	X	–
Vazão briq B1 e B2	–	–	X	–
Vazão briq B1 e pot ME B1	–	–	X	–
Vazão briq B2 e pot ME B2	–	–	X	–

CV – Coeficiente de variação; AV – Análise da variância; RHO – Coeficiente de correlação de Spearman; R – Regressão; ME – Motor elétrico; TU Teor de umidade; B1 e B2 – Briquetadeira ou Briquete Nr 1 e Nr 2.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Estrutura industrial

A Figura 2.2 a seguir mostra a estrutura e o fluxo mássico-energético da indústria piloto usada nesta investigação.

2.4.1.1 Descrição preliminar da fábrica

A empresa está situada em uma área coberta de 1260 m² dividida em usina de briquetagem, escritório industrial e armazém para produto acabado. O pátio da fábrica é usado como depósito de descartes madeireiros e a área da cominuição fica localizada em uma parte externa à fábrica, devido à produção de poeira. A energia elétrica é fornecida pela concessionária local por meio de ligação trifásica de alta tensão de 13800 V e rebaixada por um transformador de 150 KVA. A potência elétrica é fornecida por 29 motores trifásicos conectados a cinco quadros de distribuição. Cada um desses atende às briquetadeiras B1 e B2, o ciclone-peneira-secador, o dosador da fornalha e o cominuidor. Os motores estão equipados com bancos de capacitores para manter o fator de potência (cos ϕ), igual ou superior a 93% de uso de energia ativa. O abastecimento da água é feito

por meio de uma bomba que a recalca do poço até uma caixa elevada com capacidade de 2000 litros.

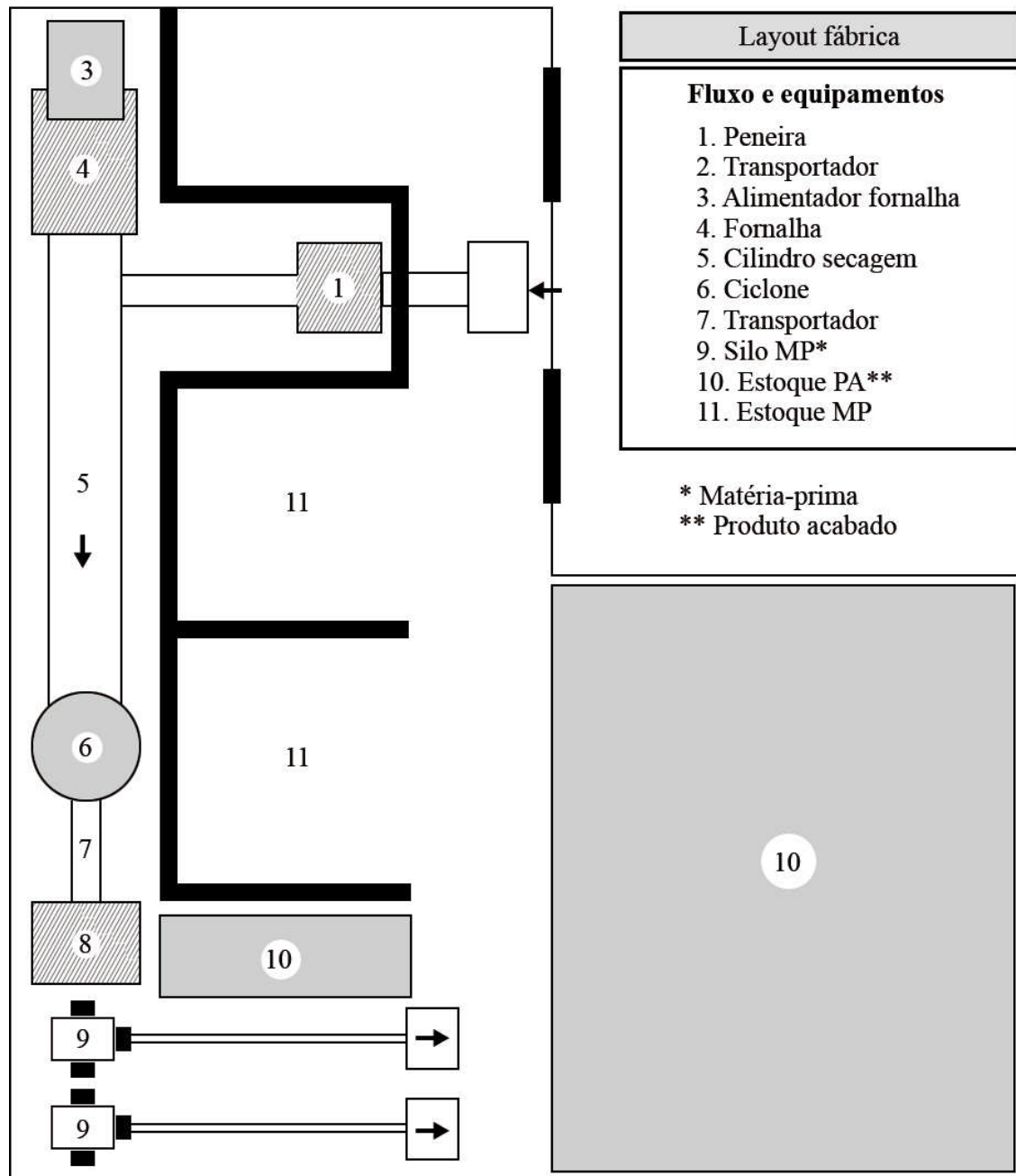


Figura 2.2 - Fluxo do processo produtivo e do uso da energia.

2.4.1.2 Briquete

No processo de fabricação do briquete foram utilizados 95% de serragem, sendo 85% de *Pinus caribaea*, 10% de maçanduba e 5% de casca de algodão. Os briquetes foram fabricados com diâmetros de 85 mm e de 95 mm, teor de umidade média de 12%, comprimento médio de 30 cm variando de 20 cm a 40 cm, densidade a granel de 691 kg/m³, densidade aparente de 1060 kg/m³ e cor variando do amarelo claro ao marrom escuro. Os briquetes são embalados em sacos de 15 kg de forma desorganizada ou sacos de 35 kg de forma organizada paralelos entre si em relação ao eixo longitudinal.

2.4.1.3 Produção

Os dados médios mostram uma produção anual de 7800 t/ano ou 650 t/mês destinada ao comércio interno em um raio máximo de entrega de 150 Km para clientes de indústrias e agroindústrias. As duas briquetadeiras têm capacidade nominal instalada de 1200 kg/h e 800 kg/h de uma produção real de 1042,7 kg/h e 882,9 kg/h, em um total de 1925,6 kg/h. Em épocas em que há queda no preço da lenha, a produção de briquete diminui a um nível de 300 t/mês. Por outro lado, quando as encomendas aumentam, a produção chega a 1100 t/mês operando até 24 h/dia. Em condições normais, o regime da produção é de 14 horas por dia em 26 dias/mês.

2.4.1.4 Motores elétricos

A Tabela 2.3 a seguir mostra a capacidade instalada dos motores elétricos de uso direto de 218,81 kW ou 297,5 CV. A indústria tem 24 motores elétricos diretos e cinco de apoio, trifásicos de 1/2 CV até 75 CV. O fator de conversão do SI (Sistema Internacional de Unidades) adotado é de 1CV= 0,7355 kW (Sistemas de Unidades, 2007).

2.4.1.5 Funcionários e veículos

A empresa tem para cada turno de sete horas, sete funcionários trabalhando diretamente na fabricação e distribuídos conforme segue: dois nas briquetadeiras; um na alimentação do sistema de secagem (puxador); um no exaustor e peneiramento; três no secador, pré-processo, fornalha e atividades gerais. Conforme a demanda de trabalho nos diferentes setores da fábrica, os funcionários se alternam entre as atividades da fábrica. A Gerência Geral da fábrica tem os seguintes funcionários que atendem inclusive ao setor industrial:

um Diretor Geral, um Gerente industrial, um Gerente Administrativo-comercial, um Encarregado Financeiro, uma Secretária, um Vendedor Externo e um Vigilante.

Tabela 2.3 – Relação da potência instalada dos motores elétricos

Etapa	Motor	Localização	Potência Instalada	
			CV	KW
Cominuição	1	central	75	55,16
	2	tração superior	3	2,21
	3	tração inferior	3	2,21
	4	afiador	1	0,74
	5	rosca serra	5	3,68
	soma		87	63,99
Peneira	8	esteira superior	3	2,21
	9	secador	3	2,21
	10	rosca inferior	5	3,68
	soma		11	8,09
Secagem	6	insuflador	0,5	0,37
	7	alimentador	1	0,74
	11	elevador secador	3	2,21
	12	acionador secador	5	3,68
	soma		9,5	6,99
Ciclonagem	13	puxador serragem	3	2,21
	14	rosca alimentação	3	2,21
	15	exaustor	30	22,06
	soma		36	26,48
Briquete 1	16	central	60	44,13
	17	óleo lubrificante	1	0,74
	19	puxador serrag	5	3,68
	18	alimentador serrag	3	2,21
	soma		69	50,75
Briquete 2	20	central	75	55,16
	21	óleo lubrificante	1	0,74
	22	puxador serrag	5	3,68
	23	alimentador serrag	3	2,21
	24	óleo hidráulico	1	0,74
soma		85	62,52	
SOMA GERAL			297,5(*)	218,81

(*) este valor inclui os motores da cominuição, em desuso durante os ensaios na indústria piloto.

2.4.1.6 Etapas do processo industrial e da fábrica

a – pré-processo

Representa a atividade de transporte da serragem da serraria distante de 20 km a 300 km até a parte interna do galpão da empresa para o peneiramento. Quando são retalhos de árvores, caixaria e descartes moveleiros, eles são colocados no pátio externo para serem cominuídos posteriormente ou queimados na fornalha.

b – cominuição

O setor de cominuição opera quando falta serragem ou quando os descartes madeireiros têm um preço menor que a serragem. Quando a matéria-prima chega em forma de retalhos, ela passa pela cominuição centrífuga com facas de aço operando das 21 h às 04 h. Cinco motores elétricos acionam o cominuidor. Quando em funcionamento, ele é operado por dois operários que buscam os retalhos do pátio com o auxílio do trator para o lado da esteira transportadora, os quais são então colocados manualmente na mesa para a transformação de resíduo em serragem.

c – peneiramento

Dependendo da quantidade de serragem ou do ritmo da produção, um ou dois funcionários arrastam a serragem do depósito para a moega da esteira que leva ao peneiramento. Para ter a granulometria desejada, a matéria-prima passa por uma peneira rotativa tipo gaiola, separando os descartes como tocos e paus para serem ensacados e queimados na caldeira. A vazão do peneiramento depende da produção de briquetes, da umidade da matéria-prima e do funcionário ao abastecer a serragem conforme a temperatura da fornalha.

d – secagem

A secagem tem por função reduzir a umidade para cerca de 11% em base úmida e é composta por três equipamentos:

d 1 – fornalha

A fornalha é do tipo câmara de combustão de alvenaria de tijolo refratário com armação interna de fitas de aço e grelha de ferro fundido, com 35 m² de área, uma janela de abastecimento de lenha e uma para limpeza de cinzas. Um marcador digital registra a temperatura do ar que variou de 323°C a 563°C, o qual é monitorado evitando incêndio. Os combustíveis usados na fornalha são restos madeireiros, briquete não-aproveitado e refugos do peneiramento.

d 2 – insuflador

Como a combustão deve ocorrer com excesso de ar, o insuflador serve para enriquecer de oxigênio a combustão da lenha. Com este equipamento se procura atingir uma completa

combustão da lenha eliminando eventual produção de monóxido de carbono, produção de incombusto e desperdício de lenha (Lopes *et al*, 2000).

d 3 – secagem da serragem

A redução da umidade de até 55% base úmida da serragem é feita pelo aquecimento do ar interno num secador metálico horizontal rotativo de 1,8 m de diâmetro por 12 m de comprimento, de marca Schiffli e com 31 m³ de volume. Dentro do tambor existem aletas helicoidais que empurram a massa de serragem adiante, permitindo melhor secagem e interação do ar quente que vem da fornalha. A entrada da serragem é feita na intersecção entre a fornalha e o secador e a sua vazão é igual à da saída da serragem peneirada. O secador tem um sistema de segurança anti-metal por meio de um ímã que retém parafusos, pregos e outros. A massa já desidratada, quente e limpa de corpos metálicos segue à fase seguinte denominada exaustão.

e – exaustão e depósito de serragem

Além de aspirar o ar aquecido da fornalha até a chaminé, o ciclone reduz a alta temperatura da serragem que vem do secador eliminando as partículas mais finas que prejudicam o adensamento do briquete. Para tanto, a exaustão do ar quente e das partículas são feitas num ciclone marca Schiffli com vazão de 9 m³/s de ar e expelidos por uma chaminé. Um motor elétrico de 30 CV equipa o exaustor. Dois outros motores acionam o sistema: um deles na esteira da serragem que segue para o depósito e outro que movimentam a serragem do ciclone.

Conforme mostrado na Figura 2.3 entre o exaustor e as duas briquetadeiras, existe um depósito de alvenaria para serragem seca, limpa e pronta para a produção. Este depósito tem área útil de 12,9 m², volume de 32,34 m³ e capacidade para 6,6 toneladas de serragem, mantendo a temperatura da serragem numa faixa média de 43,02°C. O transporte e saída da serragem deste depósito para as briquetadeiras é feito pela sua parte inferior por duas esteiras movidas por dois motores elétricos. A vazão das duas briquetadeiras é maior que a vazão da serragem que entra no depósito, mostrando independência entre a briquetagem e o sistema peneiramento-secagem-exaustão. De outro lado, tanto o sistema de secagem como de briquetagem, tem inversores de frequência dos motores elétricos, permitindo maior ou menor vazão da serragem ou da briquetagem conforme o interesse da fabricação. Isto é feito para encher ou esvaziar o silo.

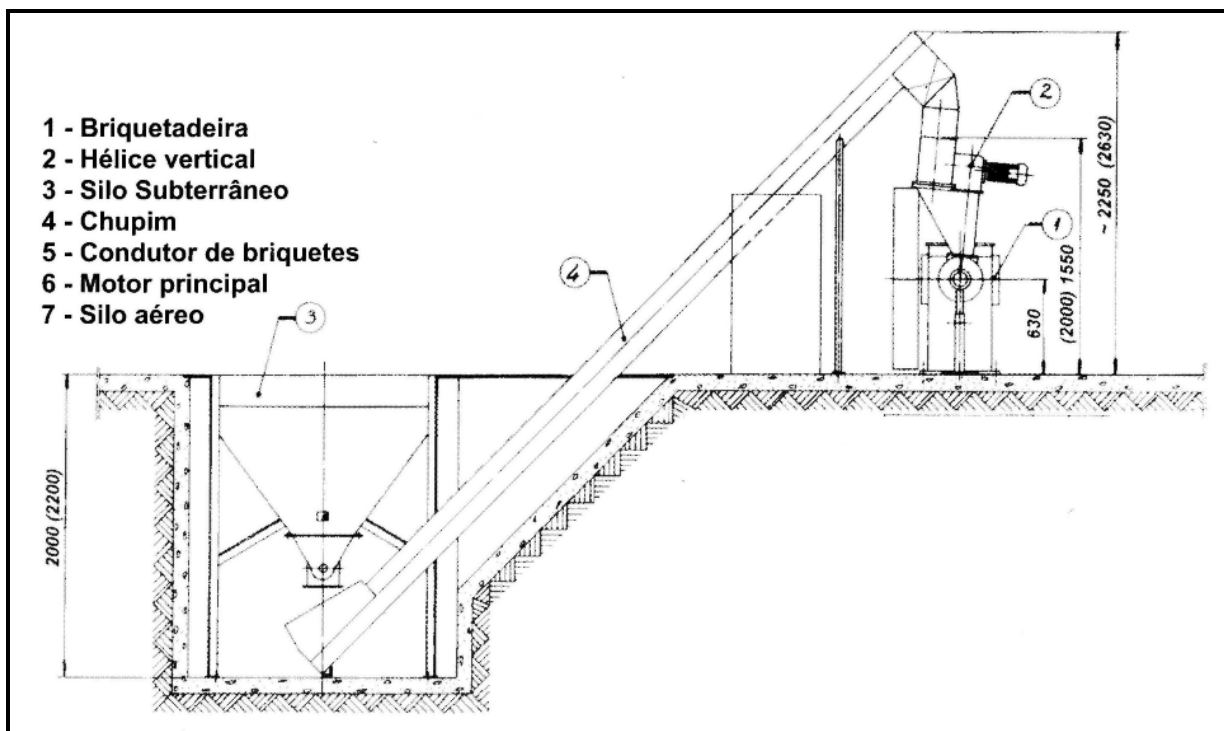


Figura 2.3 – Vista lateral do sistema de abastecimento da briquetadeira.

Fonte: Biomax Indústria de Máquinas Ltda

f – briquetagem

A briquetagem é feita por duas máquinas a pistão de pressão a pulso, com capacidades nominais de 1200 kg/h e 800 kg/h, marcas Hansa e Biomax, acionadas por motores elétricos de 60 CV e 75 CV. O adensamento é feito com serragem limpa com 11% de umidade proveniente do depósito, à temperaturas de até 250° C, plastificando a lignina e dando coesão ao briquete. A serragem comprimida e quente é forçada a passar numa guia horizontal de seis metros de comprimento, esfriando até 60°C, quando é embalado em sacos. O registro da produção em kg/h é feito *on line* com um relógio digital acoplado à guia por onde passa o briquete.

As Figuras 2.4 e 2.5. adiante mostram a vista lateral e o croqui de uma briquetadeira de pistão.

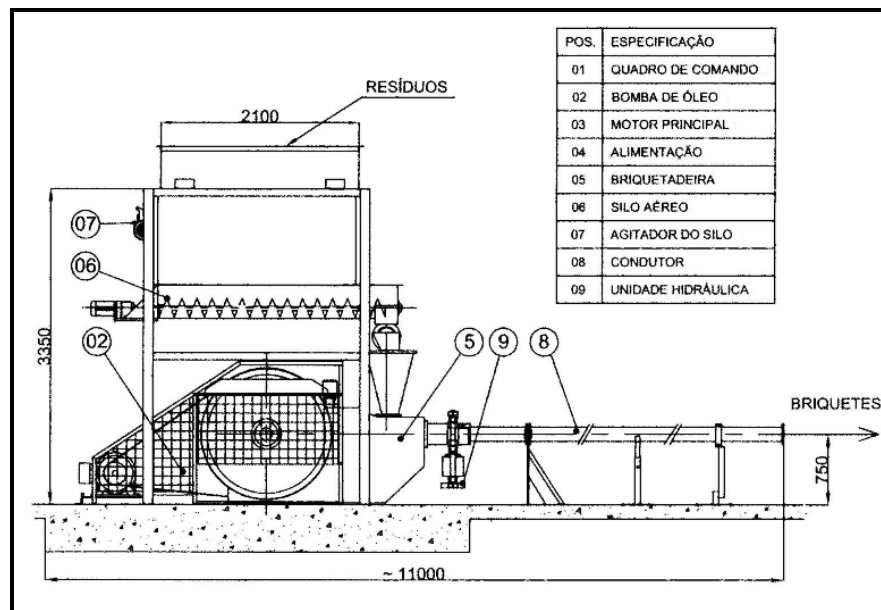


Figura 2.4 – Vista lateral da briquetadeira. Fonte: Biomax indústria de máquinas Ltda

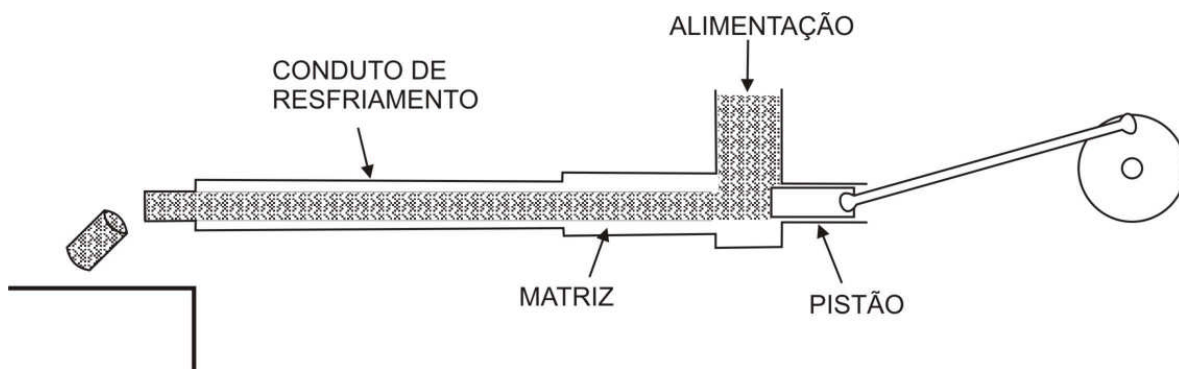


Figura 2.5 – Croqui da briquetadeira de pistão. (Fonte: ANEEL, 2000)

g – armazenamento

Os sacos de briquetes de 15 kg e de 35 kg são empilhados na sala de armazenamento depois de transportados por carrinhos com capacidade de 200 kg. Nesta sala de armazenamento uma esteira rolante com altura de até 4 m é usada para manuseio dos sacos e carregamento dos caminhões. A altura de empilhamento depende da embalagem, onde os sacos amarrados de 35 kg tem altura máxima de 2 m e os embalados em sacos com briquetes soltos de 15 kg, em uma altura de até 4 m na sala de armazenamento.

h – expedição e entrega

Esta etapa é constituída de expedição, transporte e entrega ao cliente final, fechando assim o ciclo completo da briquetagem. O galpão do armazenamento é usado para entrada e saída

dos caminhões com briquete assim como para descarregamento da serragem. Depois de fechada a compra do produto, ele é entregue ao cliente a distâncias de até 150 km, sendo o frete pago ou pelo cliente ou inserido no preço do produto. Os veículos de entrega de 6 a 30 toneladas são terceirizados.

2.4.2 Caracterização da matéria-prima e do briquete

2.4.2.1 Teor de umidade

O teor de umidade em base úmida (bu) da matéria-prima e do briquete é apresentado na Tabela 2.4. Ao ser peneirada, a serragem apresentava em média 43,8% de umidade; perdendo durante o processo de secagem 30,9% de água em relação a sua massa úmida e chegando a 12,9% no briquete. Zakrisson (2002) informa que na Suécia, a umidade da serragem em geral, está acima de 50%. Logo após a secagem, a umidade em base úmida atinge em média neste ensaio 11,1% elevando para 12,9% e mantendo este teor no briquete.

O teor de umidade do briquete está dentro da faixa de 8% a 15% necessário para a aglomeração das partículas segundo Morais (2007), Zakrisson (2002), Quirino (2002), Briquetes no Brasil (2005) e Pereira, (2006). Segundo a norma sueca SS 18 71 21 para briquetes, a umidade deve ser menor de 12% na classe 1 e menor de 15 % para os de classe 2 e 3, mostrando que os briquetes em estudo estão na classe 2 e 3.

O teor de umidade da lenha queimada na fôrnalha foi em média de 26,36% bu. Farinhaque (1981) sugere um teor de umidade igual ou menor de 25% como adequado para a combustão. Teores elevados de umidade demandam muita energia para secar a lenha, diminuindo a quantidade de energia disponível para a secagem da serragem.

Tabela 2.4 – Teor de umidade das biomassas

Tipos de biomassa	Teor de umidade - %	
	Base úmida	CV
Serragem da peneira	43,8	15,3
Serragem do exaustor	11,1	35,9
Briquete B1	12,9	23,3
Briquete B2	12,9	24,4
Lenha da fôrnalha	26,36	38,9

O coeficiente de variação para o teor de umidade da lenha de 38,9% foi alto em função dos diferentes tipos de materiais, como briquetes, retalhos, restos de móveis e costaneiras. O

mesmo ocorreu com a serragem do exaustor com coeficiente de variação de 35,9%, pois ao longo de dois meses, a temperatura da fornalha variou muito. Já o CV da serragem foi mais uniforme com 15,3% e talvez devido ao maior teor de umidade.

O teor de umidade do briquete produzido variou de 10,5% a 17,18%, com uma média entre os dois tipos de 12,9% e com um elevado coeficiente de variação de 23,3%. Apesar de estar abaixo de 30% estabelecido neste trabalho, indica desuniformidade e menor controle de qualidade da indústria. Portanto, é vital para um briquete de qualidade superior e maior preço, o controle eletrônico da temperatura e da umidade da serragem, o que implicará em homogeneidade da matéria-prima.

Embora não haja este sistema no Brasil, é importante a pré-secagem da serragem antes de entrar no secador. Como o ar quente que sai do secador é perdido pela chaminé, recomenda-se às indústrias de equipamentos construir secadores com retorno para secar a serragem.

2.4.2.2 Densidade

Na Tabela 2.5 são apresentadas as densidades a granel da serragem da peneira, da serragem do ciclone e dos briquetes, tanto com 85 mm e 95 mm de diâmetro. A serragem da peneira apresentou uma densidade a granel de 306 kg/m³ e a do ciclone 241 kg/m³, uma diferença de 26,9% devido à maior umidade da serragem na peneira. A densidade da serragem a granel foi semelhante ao valor encontrado por Quirino (2002), de 274 kg/m³ e de 250 kg/m³.

Com 241 kg/m³ a 11,1% de umidade em base úmida, a serragem é prensada produzindo um briquete com densidade aparente de 1042 kg/m³ na briquetadeira B1 de 85 mm e de 1080 kg/m³ na briquetadeira B2 de 95 mm, com um adensamento de 4,32 (1042 kg/m³ / 241 kg/m³) vezes no primeiro caso e de 4,48 (1080 kg/m³ / 241 kg/m³) vezes no segundo.

A densidade a granel do briquete colocado de forma desorganizada como é utilizada nas fornalhas dos consumidores é em média 693 kg/m³ para a briquetadeira B1 e 691 kg/m³ para a briquetadeira B2, sugerindo não haver influência do diâmetro do briquete na densidade do granel.

A norma sueca SS 18 71 21 registra que a densidade a granel para a classe 1 deve ser maior de 550 kg/m³ e os de classe 2 e 3 maiores de 450 kg/m³, indicando uma boa condição do briquete em estudo.

Observa-se um ganho em massa por unidade volumétrica da serragem para o briquete de 2,88 vezes, dentro da faixa de 2 a 10 vezes segundo Grover; Mishra (1996).

Bezzon (1994) encontrou nos ensaios feitos na Universidade de Campinas-SP densidades aparentes entre 1080 kg/m³ e 1120 kg/m³ e, segundo Quirino (2002); Pereira, (2006); Briquetes no Brasil, (2005), pode variar de 1000 kg/m³ a 1300kg/m³.

Tabela 2.5 – Densidade das biomassas

Material	Origem	Densidade granel (kg/m ³)	CV %	Densidade aparente (kg/m ³)
Serragem	Peneira	306	8,80	-
	Ciclone	241	2,30	-
Briquete	B1-Ø 85 mm	693	12,40	1042
	B2-Ø 95 mm	691	15,87	1080

2.4.2.3 Poder calorífico

Os resultados obtidos do briquete e da serragem são mostrados na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Poder Calorífico Superior, Inferior e Útil (kcal/kg)

Briquete - TU 12,9% bu			Serragem -TU 11,1% bu		
PCS	PCI	PCU	PCS	PCI	PCU
4389	4065	3463	4318	3994	3484

CV=1,63% lineares PCS, PCI e PCU, para briquete e serragem

O PCU encontrado para o briquete foi de 3463 kcal/kg (14,49 MJ/kg ou 4,02 kWh/kg). A Norma sueca SS 18 71 21 especifica que o menor PCU tolerado é de 16,2 MJ/kg (Hahn, 2004) e o briquete em estudo não atende às exigências requeridas. Bezzon (1994) sem explicar o tipo da matéria-prima, encontrou valores de 20,0 MJ/kg (4778 kcal/kg) a 20,4 MJ/kg (4873 kcal/kg) para briquetes. Nesta discussão, os dados devem ser registrados como evidências, mesmo porque na matéria-prima deste estudo foram usados 95% de madeira entre *Pinus sp* e maçaranduba (*Manilkara sp*) e 5% de casca de algodão.

Como era esperado, o processo de briquetagem não altera o calor de combustão anidro, pois se verifica que não há diferença significativa entre a serragem e o briquete produzido, em nível de 5% de probabilidade.

2.4.2.4 Teor de cinzas

A cinza residual nas fornalhas das indústrias é indesejável, portanto quanto menor o teor melhor é a qualidade combustível. Os resultados da Tabela 2.7 mostram teores de 1,99% (CV de 26,2%) para o briquete e 1,53% para a serragem (CV de 32,2%). Como era esperado não houve diferença significativa entre os teores de cinza de briquete e serragem. O maior valor absoluto de cinzas para o briquete pode ser explicado pela presença de algodão na composição da matéria-prima e segundo Embrapa (2007), o teor de cinzas de algodão é de 3% para casca e 7% para torta, portanto acima de 1,53% de cinzas da serragem.

A classificação sueca SS 18 71 21 para briquete de madeira, citada por Hirsmark (2002) exige que o teor máximo de cinzas seja de 1,5%.

Alakangas (2006) sugere como baixos, teores de cinza de 3% a 4% e altos teores de cinzas de 5 a 10%; quando os briquetes são feitos de uma gramínea forrageira nativa denominada RCG-Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea*), o que é justificado pelo fato do material ser colhido rente ao solo, captando partículas de sílica com mais facilidade.

Quando a serragem é manuseada no pátio de terra ou de alvenaria das serrarias, é esperado maiores teores de cinza. Na Finlândia, Alakangas (2002) encontrou teores de cinza para peletes variando de 0,24% a 0,37% para coníferas e Pereira (2006); Briquetes no Brasil (2005), teor de cinzas de 1,2% em briquetes.

Tabela 2.7 – Teor de cinzas da serragem e do briquete

Biomassa	Teor de cinza %	CV-%
Serragem	1,53	32,2
Briquete	1,99	26,2

2.4.2.5 Granulometria

A Tabela 2.8 apresenta a distribuição granulométrica da serragem utilizada pela empresa no período de estudo.

Observa-se pela Tabela 2.8 que 48,04% da serragem foram classificados abaixo de 0,84 mm. O particulado maior de 3,35 mm no valor de 15,57% da massa total é representado

por maravalha e pedaços mais longos que estreitos, os quais contribuem na coesão do particulado mais fino e da lignina decomposta no processo, solidificando melhor o produto.

Tabela 2.8 – Distribuição porcentual dos extratos do peneiramento

Peneira-abertura em mm	Extrato em massa- %
<0,42	24,24
0,42-0,84	23,80
0,84-1,00	7,70
1,00-1,18	4,05
1,18-2,0	15,50
2,0-2,36	1,84
2,36-3,35	7,27
>3,35	15,57

Albuquerque (1995) mostra que quanto maior é a partícula da serragem, maior é o consumo de energia para secar. Como os estudos mostram 48,04% (24,24%+23,80%) de particulado fino menor de 0,84 mm de dimensão, uma demanda menor de energia pode ter sido requerida. Morais (2007) diz que diferentes granulometrias da serragem facilitam o adensamento, assim como partículas de 6 mm / 8 mm ou maiores proporcionam bons resultados. Produtores de briquete de Santa Catarina afirmam que o melhor briquete que se pode produzir é aquele feito apenas com maravalha. Os produtores afirmam que o briquete de maravalha é mais coeso, tem baixa formação de finos, queima mais lentamente gerando elevada e uniforme temperatura, assim como proporciona pressão constante nas caldeiras (Vide APÊNDICE L).

2.4.3 Caracterização dos fluxos

2.4.3.1 Caracterização do fluxo de massa

A produção de briquetes entre julho de 2003 a abril de 2007 da Figura 2.6 mostra variação de 215,85 t/mês a 732,59 t/mês conforme a demanda dos pedidos dos clientes, já que esta empresa opera sob encomenda, implicando em 11,48 t/mês de crescimento médio.

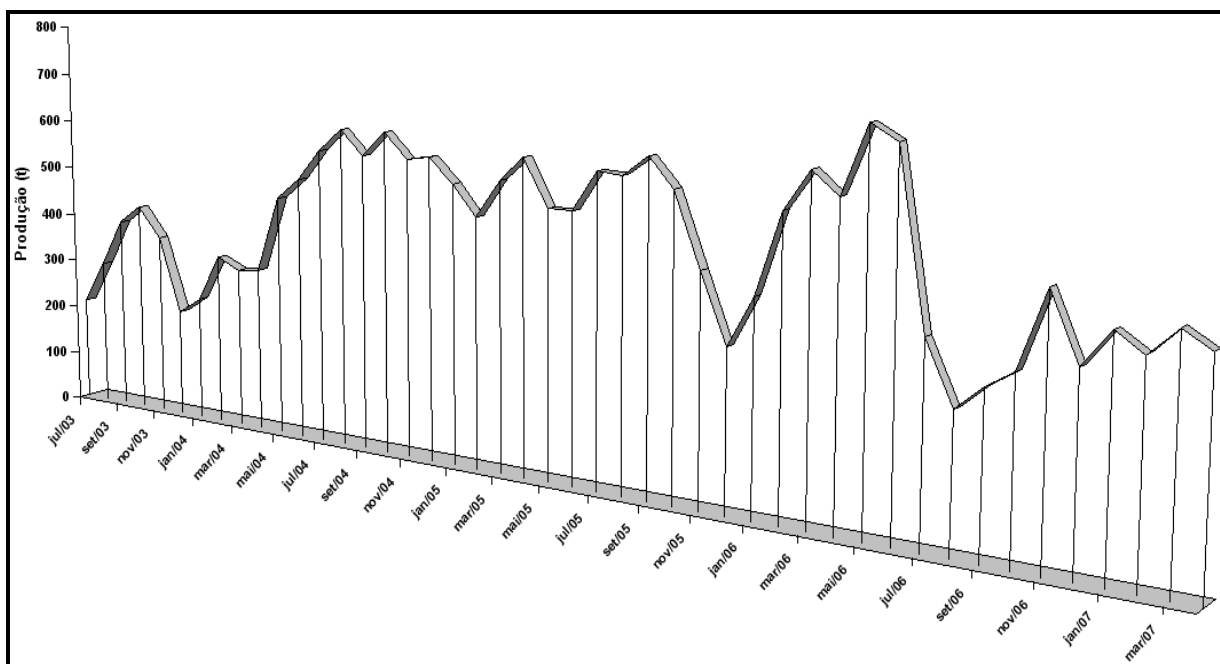


Figura 2.6 – Fluxo de massa de briquete em 46 meses de produção contínua na fábrica.

A Tabela 2.9 mostra dados históricos da entrada de serragem, da produção de briquete e da perda de massa durante 10 meses. Esses dados mostram que a redução de massa devido a eliminação da umidade entre serragem e briquete teve variação de 13,82% a 36,38%. Nota-se que dos 10 meses de registros da fábrica, cinco deles estavam no período da seca local de julho a outubro de 2006 e abril de 2007. Os outros cinco estavam na época das chuvas da região investigada, de novembro de 2006 a março de 2007. Acrescente-se a isto que a serragem possui umidade própria de cada serraria onde é comprada e armazenada no pátio interno da usina de briquete. Ela fica mais úmida ou mais seca conforme a temperatura, umidade relativa do ar, regime de chuvas, o tempo e a umidade em que ela chega do fornecedor e a umidade que entra no sistema de peneiramento.

Tabela 2.9 – Perda de massa na fabricação do briquete

Ano/mês	BRIQ t/mês	SERR t/mês	DIF t	%
2007/04	418	566	148	-26,1484
03	449	521	72	-13,8196
02	397	498	101	-20,2811
01	432	679	247	-36,377
2006/12	363	553	190	-34,358
11	489	761	272	-35,7424
10	340	469	129	-27,5053
09	307	387	80	-20,6718
08	261	381	120	-31,4961
07	378	563	185	-32,8597

a – peneiramento

Os ensaios mostraram que a vazão média da serragem do peneiramento foi de 2214,6 kg/h. O inversor de frequência do motor elétrico da esteira que abastece a peneira e que regula esta vazão variou entre 12 e 14. As vazões estiveram entre 2064,49 kg/h e 2399,13 kg/h, uma diferença máxima de 16,2%. A vazão do peneiramento foi menor à medida que aumentava a umidade da serragem e a temperatura da fornalha. O interesse é que a serragem no peneiramento tenha o menor teor de água para reduzir a energia e os custos dos equipamentos tanto do peneiramento como do secador (Thek; Obernberger, 2002). Para aumentar a eficiência do peneiramento seria necessário diminuir a umidade da serragem na entrada. Uma sugestão seria canalizar parte do calor produzido na fornalha para um sistema de secagem reciclado e antes do peneiramento. Outra possibilidade é o armazenamento dos descartes que são cominuídos ficarem em lugar coberto e, não, a céu aberto e exposta á umidade.

b – exaustão

Conforme mostra a Tabela 2.10, a vazão da serragem semi-seca no ciclone do exaustor foi de 1738,6 kg/h com a umidade da serragem de 11,1% bu. Esta vazão foi 21,5% menor que a do peneiramento pois a umidade antes era de 43,8%. Além disto, existem perdas no sistema entre estas duas fases na forma de descartes retidos na gaiola da peneira como tocos e paus presentes na serragem.

c – briquetamento

Para os dois tipos de briquete, como 85 mm e 95 mm de diâmetro e ainda na Tabela 2.10, as vazões foram 882,9 kg/h e 1042,7 kg/h respectivamente, somando 1925,6 kg/h, representando uma produção diária de 26958,4 kg/dia ou 701 t/mês, considerando 14 h/dia.

Uma característica do sistema de produção é que a vazão da briquetagem varia conforme o ritmo das vendas da empresa; quando elevadas, as duas operam com o inversor de frequência do motor elétrico da esteira alimentadora da serragem seca, no máximo limite. No período de coleta de dados o inversor de frequência do motor elétrico das briquetadeiras operou entre 12 e 44,7, e mostrou variação da vazão da serragem e do briquete entre 754,99 kg/h a 1084,91kg/h na B1 e de 885,17kg/h a 1242,85 na B2.

A vazão da briquetagem é independente da vazão do sistema peneiramento-exaustão, pois entre eles existe o depósito de serragem seca permitindo que o sistema de secagem ou de briquetagem continue operando, mesmo que as máquinas ou funcionários das duas seções estejam parados.

d – análise geral do fluxo de massa

A Tabela 2.10 mostra que as vazões da serragem do peneiramento, do exaustor e da briquetagem foram respectivamente de 2214,6 kg/h, 1738,6 kg/h e 1925,6 kg/h. A diferença de vazão entre o peneiramento e exaustão foi devida à evaporação da água de 21,5% da massa. Além disto, a independência entre as etapas do processo industrial aliada às diversas regulagens dos inversores de frequência durante os dois meses de observação, gerou maior ou menor vazão da serragem ou do briquete.

Tabela 2.10 – Dados gerais do fluxo de massa para serragem e briquetes

Vazão	Serragem		Briquetes
	Peneiramento	Exaustão	Briquetamento
Serragem-kg/h	2214,6 (TU bu=43,8%)	1738,6 (TU bu=11,1%)	–
Briquete B1-kg/h	–	–	882,9
Briquete B2-kg/h	–	–	1042,7
B1+B2-kg/h	–	–	1925,6

Conforme Briquetes (2005), a capacidade nominal das briquetadeiras é de 800 kg/h e 1200 kg/hora. Os ensaios mostraram uma produção horária das duas máquinas de 1925,6 kg/h, o que resultou em um rendimento de 96,28% (1925,6 kg/h/2000 kg/h). Caso as briquetadeiras trabalhassem 21 h/dia e 26 dias/mês, a produção mensal teórica seria de 1092 t/mês. Neste cenário e para uma produção média mensal prática de 650 t/mês, ter-se-ia uma eficiência de 59,5% (650t/mês/1092 t/mês).

2.4.3.2 Caracterização do fluxo de energia

a – fluxo geral na empresa

As Figuras 2.7 e 2.8, assim como a Tabela 2.11 mostram a estrutura, distribuição e consumo de cinco tipos de energia entre cada uma das nove etapas da fabricação de uma tonelada de briquete de madeira.

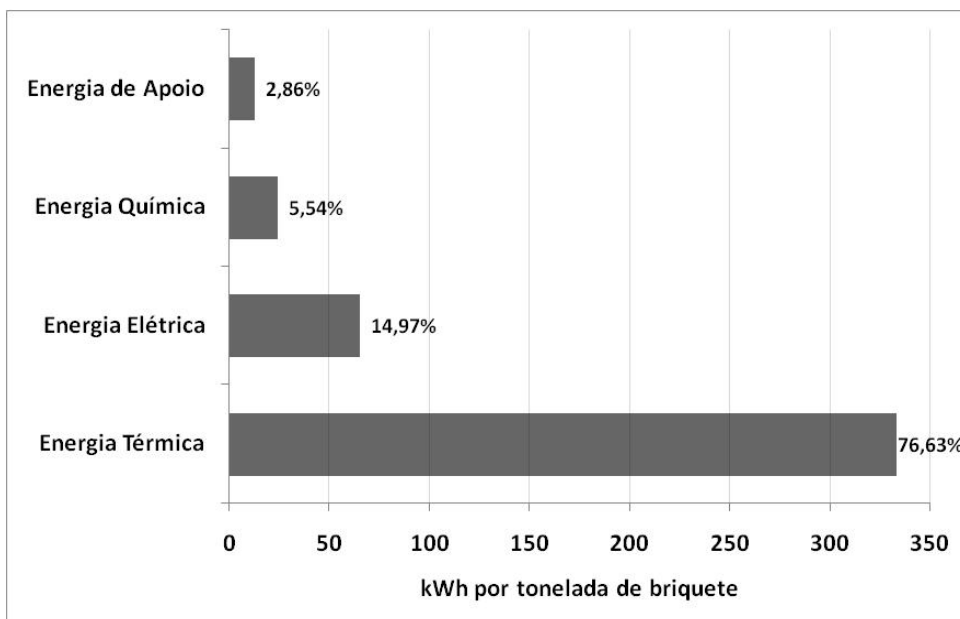


Figura 2.7 – Participação dos tipos de energias usadas no processo industrial.

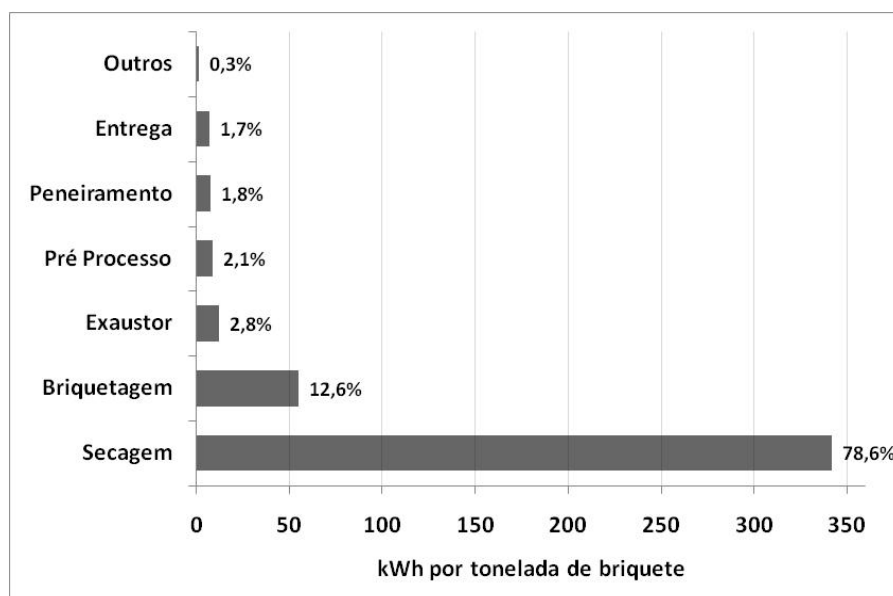


Figura 2.8 – Participação de energia por etapa de fabricação.

Conforme a coluna e a linha soma da Tabela 2.11, são necessários 435 kWh para produzir uma tonelada de briquete de serragem de madeira com 12,9% de umidade. Bhattacharya (2002) pesquisando a fabricação de briquete de casca de arroz na Tailândia e usando prensa tipo parafuso, encontrou valores de 111 kWh/t e 179 kWh/t para o total de energia consumida, sem considerar o uso da energia térmica. Para peletes produzidos na Suécia e na Áustria, Thek; Obernberger (2002) encontraram consumo respectivamente de 137 kWh/t e 153 kWh/t. A literatura em geral não apresenta detalhes do tipo de energia para cada etapa da fabricação de peletes e de briquete, o que pode gerar elevada flutuação de dados.

Tabela 2.11 – Demanda de energia para a produção de uma tonelada de briquete–kWh/t

Etapa	EE	ET	EQ	EH	EA	SOMA	%
Pré-processo	0,00	0,00	8,7280	0,000488	0,37	9,10	2,09
Cominuição	0,00	0,00	0,0000	0,000000	0,00	0,00	0,00
Peneira	2,21	0,00	3,7535	0,000325	1,86	7,83	1,80
Secador	3,30	333,33	2,8478	0,000488	2,49	341,97	78,62
Exaustor	9,88	0,00	0,5585	0,000163	1,86	12,30	2,83
Briquetagem	49,73	0,00	1,4893	0,000651	3,73	54,95	12,63
Armazenamento	0,00	0,00	0,0000	0,000163	0,25	0,25	0,06
ADM e Vendas	0,00	0,00	0,0000	0,000000	1,24	1,24	0,28
Expedição Entrega	0,00	0,00	6,7411	0,000000	0,62	7,36	1,69
SOMA	65,12	333,33	24,1182	0,002278	12,43	435	100,00
%	14,97	76,63	5,54	0,001	2,86	100,00	

Energia humana (EH); Energia química (EQ); Energia elétrica dos motores elétricos da produção (EE); Energia Térmica (ET); Energia Elétrica de apoio (EA).

Os resultados mostram que a maior demanda de energia para fabricar uma tonelada de briquete é a secagem que neste caso foi de 78,62% entre todas as etapas e 76,63 entre os cinco tipos de energia, e que está relacionado diretamente com a quantidade de água na serragem. A segunda demanda em energia é a da briquetagem com 12,63% ou 54,95 kWh/t, devido ao consumo de energia elétrica dos dois maiores motores elétricos.

b – energia elétrica

A Tabela 2.12 mostra que a demanda é briquetagem (76,37%). As outras etapas consomem menos, como a exaustão com 15,17%. A literatura em geral de briquetagem e peletização não faz referências ao consumo industrial de energia elétrica dos motores, mas sim na energia específica por tonelada produzida.

Tabela 2.12 – Demanda de energia mensal dos motores elétricos- kWh/mês

Etapa	Energia dos Motores Elétricos	%
Pré-processo	0,00	–
Cominuição	0,00	–
Peneiramento	1437,80	3,40
Secagem	2143,96	5,07
Exaustão	6420,96	15,17
Briquetagem	32323,20	76,36
Armazenamento	0,00	–
ADM e Vendas	0,00	–
Expedição e entrega	0,00	–
SOMA	42325,92	100,00

A Figura 2.9 e a Tabela 2.13 apresentam os dados dos motores elétricos. Como eles sofrem variação em função do fluxo de massa, o projeto da fábrica foi feito com folga de potência para evitar sobrecarga. O total de energia demandada foi 75,1%, com uma reserva de 24,9%. A etapa de menor reserva de energia foi da briquetadeira B1 operando no limite e a de maior reserva de energia foi do peneiramento a 48,82% da capacidade instalada.

A capacidade instalada dos motores elétricos diretos da produção foi de 210,5 CV ou 154,82 kW. A energia elétrica demandada nos motores elétricos vale 116,28 kW, sendo a maior a da briquetadeira B2 com 75 CV e a menor a do insuflador de ar com 0,5 CV. Isto traz uma diferença entre os 210,5 CV de potência instalada sem cominuição e de 297,5 CV com cominuição.

Tabela 2.13 – Relação da potência instalada e demanda dos motores

Etapa	Motor	Local	Energia Instalada em CV	Energia Instalada em kW	Energia Demandada em KW	%	CV-%
Peneira	8	esteira sup	3	2,21			
	9	tambor	3	2,21			
	10	rosca inferior	5	3,68			
	soma		11	8,09	3,9	48,2	19,88
Secagem		Insuflador motor 6 do insuflador de ar dentro caldeira	0,5	0,37			
	6						
	7	alimentador	1	0,74			
	11	elev secad	3	2,21			
	12	acion secad	5	3,68			
soma		9,5	6,99	5,9	84,4	3,45	
Ciclonagem	13	puxad serra	3	2,21			
	14	rosca alim	3	2,21			
	15	exaustor	30	22,06			
	soma		36	26,48	17,6	66,4	2,31
B1	16	central	60	44,13			
	17	oleo lubrif	1	0,74			
	19	puxad serra	5	3,68			
	18	aliment serra	3	2,21			
	soma		69	50,75	50,8	100,0	19,46
B2	20	central	75	55,16			
	21	oleo lubrif	1	0,74			
	22	puxad serra	5	3,68			
	23	aliment serra	3	2,21			
	24	oleo hidraul	1	0,74			
soma		85	62,52	38,0	60,8	4,68	
SOMA GERAL			210,5	154,82	116,2	75,1	8,68

1CV=0,7355 kW

Hirsmark (2002) registra uma demanda de 17% de energia elétrica de um total de 610 kWh/t na fabricação de peletes e neste estudo um valor para motores elétricos (EE+EA) de 17,83% (14,97%+2,86%).

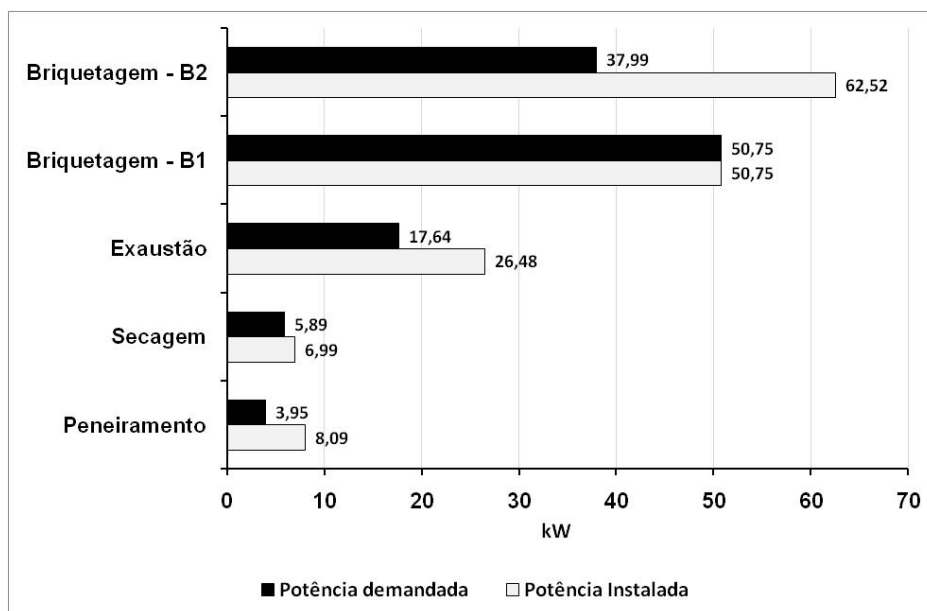


Figura 2.9 – Potência elétrica instalada e demandada dos motores (kW).

c – energia térmica

A Tabela 2.14 mostra os resultados para a determinação da energia para a secagem da serragem no secador.

Tabela 2.14 Dados para cálculos termodinâmicos

Item	Valor
Massa anidra da biomassa na entrada do secador	1232,78 kg/h
C-calor sensível da biomassa	1,25 kJ/kg °C
ΔT -diferença de temperaturas	100°C - 30°C
Massa de água entrada	982kg
C_p -calor específico do ar	4,19kJ/kg °C
Massa de água evaporada na saída	777 kg
L-calor latente de vaporização	2257 kJ/kg

De posse destes dados e utilizando a equação proposta em 2.3.3.2.d foi possível determinar a quantidade de energia térmica utilizada na secagem da serragem.

$$Q_s = [M_{\text{bio}} * C * \Delta T + M_{H_2O} * C_p * \Delta T_{H_2O} + M_{H_2O} * L] / V_{m, \text{briq}}$$

$$Q_s = [1232,78 \text{ kg/h} * 1,25 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})] + [982 \text{ kg/h} * 4,19 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})] + [777 \text{ kg/h} * 2257 \text{ kJ/kg}] =$$

$$Q_s = 107.800 \text{ J/h} + 281.020 \text{ J/h} + 1.753.689 \text{ J/h} = 2.142.509 \text{ J/h} = 2,14 \text{ GJ/h}$$

A quantidade de energia para secar a serragem foi estimada, portanto, em 2,14 GJ/ hora. Como a vazão $V_{m, \text{briq}}$ de briquetes foi de 1,786 toneladas por hora, a energia da secagem foi 1,2 GJ/tonelada de briquete (2,14 GJ/h / 1,786 t/h). Considerando ainda que 1 kWh vale 0,0036 GJ, a demanda de energia térmica equivalente a 333,33 kWh por tonelada de briquete. Pesquisando a produção de peletes na Suécia, Hirsmark (2002), encontrou valor de energia térmica de 506,3 kWh/tonelada em um total industrial de 610 kWh para a secagem da serragem. Como se vê na Tabela 2.11, a energia total para a fabricação de uma tonelada de briquete foi 435 kWh, a energia térmica 333,33 kWh e as demais energias humana, elétrica e química, um valor de 101,67 kWh, ou seja 76,63% do consumo para a energia térmica. O valor mostrado por Hirsmark (2002) vale 83%, portanto próximo do encontrado nesta pesquisa. Silva (2001) encontrou valores de 87,5% de energia térmica em uma indústria de painéis compensado no Estado de Santa Catarina.

d – energia química

Os ensaios da Tabela 2.11 mostram que a energia química dos veículos foi de 5,54% para a fabricação do briquete. Na Tabela 2.15 as energias mais usadas nas etapas foram: pré-processo (36,19%), expedição (27,95%) e peneiramento (15,56%). As duas primeiras tratam do frete da serragem e do briquete, antes e depois do seu processamento. O peneiramento consome energia química pelo uso do trator. Vários autores afirmam que o transporte é uma das mais caras etapas da briquetagem, embora consumam pouca energia (Silva, 2001; Hamelinck *et al*, 2003; Hirsmark, 2.002; Zakrisson, 2002; Alakangas, 2.002; Thek; Obernberger, 2002).

Tabela 2.15 – Demanda mensal de energia química em kWh

Etapas	Energia Química	%
Pré-processo	5673,20	36,19
Cominuição	0,00	0,00
Peneiramento	2439,77	15,56
Secagem	1851,08	11,81
Exaustão	363,02	2,32
Briquetagem	968,05	6,18
Armazenamento	0,00	0,00
ADM e Vendas	0,00	0,00
Expedição e Entrega	4381,71	27,95
SOMA	15676,84	100,00

e – energia humana

A participação da energia humana na fabricação do briquete foi de apenas 0,001%, traços portanto e conforme a Tabela 2.11. A literatura em geral não faz menção da demanda desta energia para a fabricação do briquete, apenas dos seus custos e conforme será visto no Capítulo 3 desta Tese.

Como esperado e conforme a Tabela 2.16, a maior demanda de energia humana no valor de 28,57% foi briquetagem que usou dois funcionários. No total são sete para operar as duas máquinas. Goldemberg (1998) registra que um adulto jovem de clima temperado demanda em quantidade de energia alimentar 2500 kcal/dia, o que corresponde a um fluxo contínuo de 100 watts.

Tabela 2.16 – Demanda de energia humana na produção-kWh/mês

Etapa	Energia Humana	%
Pré-processo	0,3173	21,43
Cominuição	0,0000	0
Peneiramento	0,2115	14,28
Secagem	0,3173	21,43
Exaustão	0,1058	7,15
Briquetagem	0,4231	28,57
Armazenamento	0,1058	7,14
ADM e Vendas	0,0000	0
Expedição e Entrega	0,0000	0
SOMA	1,4807	100,00

f – densidade energética

A Tabela 2.17 apresenta a quantidade de energia por unidade de volume para o briquete sólido e a granel, considerando umidade de 12,9%, base úmida:

Tabela 2.17- Densidade energética do briquete sólido e a granel-TU-12,9% bu

Unidade	Briquete sólido	Briquete granel
	Densidade de 1060 kg/m³	Densidade de 692 kg/m³
Gcal/m ³	3,753	2,45
MWh/m ³	4,364	2,85
GJ/m ³	15,36	10,03

A diferença de densidade energética entre o briquete a granel em relação à densidade aparente ou do seu volume sólido foi de 34,7%. Além disto, o valor do frete do briquete ficou menor quanto maior foi a densidade energética, já que o preço cotado atualmente é

dados pela massa e, não, pela energia. Em função disto, a compra e a venda de briquete no Brasil deveriam ser feitas pelo preço da energia e, não, pelo preço do produto. Da mesma forma, é inadequado acreditar que o conceito de densidade energética do briquete a granel seja fundamental para a queima na fornalha; o que importa é a energia do briquete transformada em temperatura.

2.4.3.3 Relação da energia consumida na produção e da energia contida no briquete

O consumo de energia para fabricar uma tonelada de briquete foi de 435 kWh/t e a quantidade de energia calórica (PCU) no briquete com umidade base úmida de 12,9%, foi de 4026,7 kWh/t, portanto uma parcela de 10,8% e conforme a equação 16 do item 2.3.6. Assim, tem-se que $435 \text{ kWh/t} / 4026,7 \text{ kWh/t}$ resulta em:

$$\eta = 10,8\%$$

Mani (2006) ao avaliar a madeira na Columbia Britânica-Canadá, encontrou valores de 22% de energia industrial para fabricar uma tonelada de pelete em relação energia contida na serragem usada para a sua fabricação. Esta diferença pode ser atribuída ao resíduo de menor poder calorífico da madeira ou à menor eficiência energética da indústria. Quirino (2002) registra para um poder calorífico de 5440 kWh, são demandados 26,4 kWh ou 4,85%; Hirsmark (2002) encontrou 13% da demanda de energia em relação ao potencial energético da madeira, embora não cite a serragem usada.

2.4.4 Resistência do briquete

2.4.4.1 Teste de arremesso

Na Tabela 2.18 são apresentados os valores médios de porcentagem de briquetes inteiros após cada arremesso, considerando duas condições: briquetes organizados e amarrados em sacos e briquete dentro de sacos, porém sem organização alguma. Em função da desorganização dos briquetes dentro dos sacos, observa-se uma menor quantidade de briquetes inteiros.

As Figuras 2.10 a e b mostram os gráficos de perda de peso em função do número de arremesso e suas respectivas equações de regressão:

Neste experimento foi possível observar o efeito do manuseio das embalagens de briquetes simulando as reais condições de resistência ao carregamento, descarregamento e transporte

nos caminhões de entrega. Verifica-se pela Tabela 2.18 que a quantidade de pedaços quebrados foi de 29,45% (100,% - 70,55%) para sacos de 15 kg e de 10,38% (100% - 89,62%) para sacos de 35 kg com sete arremessos, mostrando nítida vantagem para o fabricante vender o briquete em sacos de 35 kg, uma vez que o comprador não aceita a mercadoria parcial ou totalmente esfarelada.

Este é um teste demandado pelo mercado de briquete de madeira no qual o índice de inteiros representa a qualidade do produto. Trabalhando na Finlândia com peletes, Kallio; Oravainen (2003) mostram valores de 97,7% e 93,6% de inteiros, usando um equipamento denominado Ligno Tester e com a técnica convencional do tamboramento. Segundo Pereira (2006), pedaços de briquete menores de 5 cm de dimensão são considerados prejuízo pelo comprador.

Conforme a classificação de briquetes de madeira apresentada por Hirsmark (2002), a porcentagem de pedaços quebrados com dimensão maior de 1,5 cm para o Grupo 1 vale menos de 8%, para o Grupo 2 menos de 10% e para o Grupo 3 mais de 10%. Considerando que os finos da classificação de Hirsmark apresentada anteriormente valem 1,5cm e o adotado no Brasil e neste trabalho de 5 cm, então os quebrados com sete quedas estão além da classificação. No entanto, considerando três arremessos, a porcentagem de inteiros foi de 80,63% (sacos de 15 kg) e de 94,15% (sacos de 35 kg). Isto significa que o saco amarrado está dentro do Grupo 1 (menor de 8% de finos).

Tabela 2.18 – Briquetes inteiros(%) no Teste de Arremesso em sacos.

Número de arremessos	Briquete Desarrumado 15 kg - granel	Briquete Arrumado 35 kg - granel
	% de briquetes inteiros	
0	100,00	100,00
1	95,26	92,22
2	92,02	95,65
3	80,63	94,15
4	82,14	95,95
5	76,46	92,55
6	73,83	84,56
7	70,55	89,62

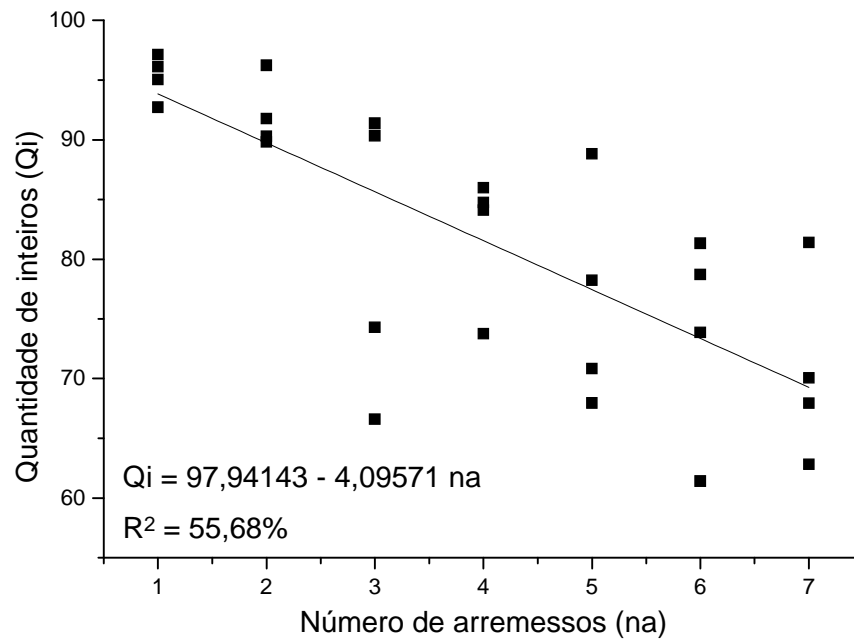


Figura 2.10 a (granel) – Comparação de pedaços inteiros de briquete em duas modalidades de embalagem.

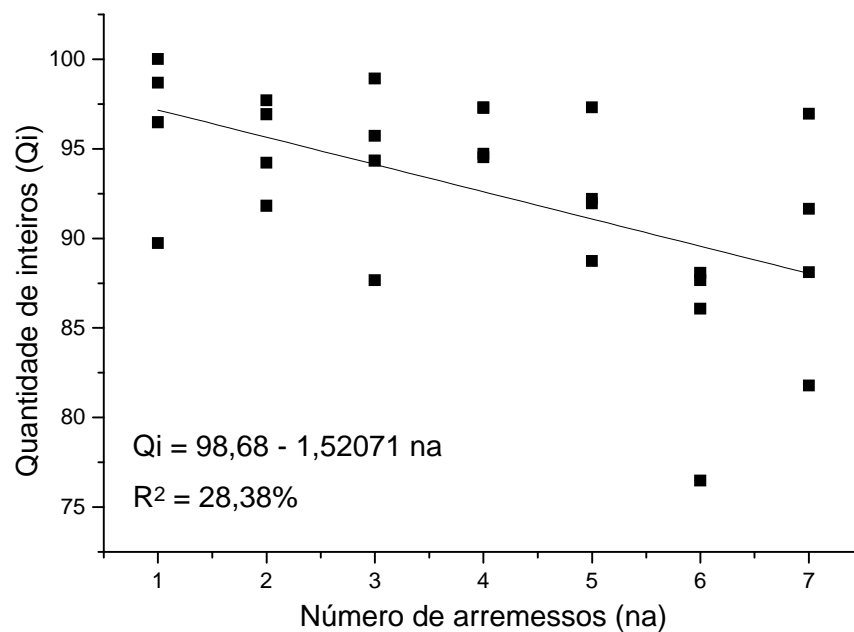


Figura 2.10 b (amarrado) – Comparação de pedaços inteiros de briquete em duas modalidades de embalagem.

Segundo Temmerman (2004), são comparados dois métodos de tamboramento para peletes para medição de percentagem de inteiros, sendo um deles o ASAE Standards S 269 e o ONORM Standards 735. O autor afirma que estes dois sistemas não têm o rigor necessário

para a determinação de inteiros de peletes. Neste trabalho, é proposta a diferenciação de inteiros de briquete simulando as reais condições de carregamento e descarregamento dos caminhões que transportam o briquete, assim como de manuseio dos sacos de briquete dentro e fora da fábrica.

2.4.4.2 Resistência Mecânica Estática

Outra questão que se apresenta no transporte do briquete é a sua resistência à compressão, quando os sacos são armazenados ou transportados no sentido horizontal. Na Tabela 2.19 estão os dados médios de compressão com briquete de 85 mm e 95 mm de diâmetro, dados em kgf (carga de ruptura) e em MPa (tensão).

A tensão máxima de ruptura foi de 3,843 MPa para o briquete de 85 mm de diâmetro e de 3,23 MPa para o de 95 mm, mostrando que o briquete de menor diâmetro foi 18,86% mais resistente à carga estática.

Rocha (2006) utilizando método semelhante para briquetes de madeira, encontrou valor de 4 MPa, próximo ao encontrado neste trabalho. Considerando a distância de entrega do briquete ao cliente final, assim como a forma em que os briquetes são arrumados nas embalagens, é de se supor que os de menor diâmetro suportariam maiores distâncias ao esfarelamento, quebra e porcentagem de inteiros ao chegar ao destino. Isto seria uma vantagem comercial, pois poderiam ser entregues em maior distância.

Tabela 2.19 – Resultados da compressão lateral do briquete

Diâmetro	CR	Tensão	CV
	kgf	MPa	%
85 mm	2224	3,843	23,49
95 mm	2337	3,233	34,67

A análise de variância mostrou não haver diferença entre o briquete de 85 mm e de 95 mm de diâmetro, em nível de 5% de probabilidade. Portanto, que eles seriam iguais neste caso, em resistência à compressão lateral.

2.4.4.3 Tensão e carga de impacto para a fabricação do briquete.

A Tabela 2.20 mostra que a carga de compactação da serragem para fabricar o briquete de 85 mm de diâmetro foi de 14,31 tf e o de 95 mm, 10,19 tf. Da mesma forma, a fórmula 14

do item 2.3.5, a tensão de compactação para o briquete de 85 mm foi de 24,73 MPa e a de 95 mm, 14,10 MPa.

Tabela 2.20 – Tensão e carga de impacto de briquetagem.

Motor central Briquetadeira	Diâmetro Pistão m	Tensão MPa	Carga tf
B1-Ø 85 mm	0,085	24,73	14,31
B2-Ø 95 mm	0,095	14,10	10,19

O curso útil do pistão (D_0-D_1) foi 0,05 m em ambas briquetadeiras, frequência do volante da B1 foi de 3,1 RPS e da B2 de 3,39 RPS. A briquetadeira B1 recebeu 75,39% mais tensão que a B2 e a carga da B1 foi 40,43% maior que a da B2. Ou seja, a briquetadeira B1 está sendo sobrecarregada tanto na tensão dinâmica (MPa) como na carga dinâmica (tf) de densificação da serragem na fabricação do briquete. No entanto, deve-se notar que o briquete B1 de 85 mm, suportou 18,8% mais carga lateral no Teste de Resistência Estática. Assim, o briquete B2 demandou menos tensão e carga de impacto, induzindo à maior vida útil e menos consertos da máquina, embora tenha menos resistência à carga estática.

O motor da briquetadeira B1 operou no limite da potência com uma demanda de 43,64 kW e o motor com uma capacidade instalada de 44,13 kW. Além disto, o inversor de frequência estava no seu nível mais alto devido a maior vazão da serragem. O motor da briquetadeira B2 operou com folga em 14 h/dia de jornada. Tripathi (1998) mostra que a demanda para uma briquetagem de serragem fina e úmida com produção de 750 kg/h era de 41,5 kW, próximo ao valor encontrado neste trabalho. Já a demanda da B2 com 33,87 kW operou com uma vazão de briquete 18% maior, sugerindo que a máquina nova B2 tem um melhor desempenho energético que a B1.

2.4.5 Caracterização de variáveis combinadas

Conforme a metodologia especificada no item 2.3.7, a Tabela 2.21 mostra os resultados obtidos com significância, ou não, de 16 combinações duplas das variáveis x e y consideradas mais importantes entre as 420 teoricamente possíveis.

Os ensaios com significância estatística não-paramétrica mostrando que houve correlação entre cada duas variáveis, ou seja, que são iguais, são apresentadas nas Tabelas 2.21 e 2.22.

Independentemente da análise de significância mínima para quatro repetições, o Coeficiente de Correlação de Spearman rho, com valores iguais ou maiores de 0,8

considerados indicativos e que representam a força de associação entre as variáveis duplas é apresentado na Tabela 2.23.

Tabela 2.21 – Resultados dos ensaios de 16 combinações de massa e energia

Nº	DP	Significância	Variável X	Variável Y
1	27	NS	1	24
2	27	NS	1	2
3	26	NS	1	29
4	25	NS	2	30
5	29	S	3	4
6	26	NS	14	15
7	29	S	14	27
8	29	S	15	28
9	27	NS	16	24
10	30	S	17	18
11	27	NS	8	10
12	27	NS	9	11
13	28	NS	9	27
14	29	S	11	28
15	29	S	25	26
16	24	NS	27	28

Nº=número da combinação dupla eleita para investigação; DP=soma dos produtos das diferenças de pontos entre os postos (*ranks*) de classificação; Variável x=número codificado da variável x; número codificado da variável y; nível de significância não-paramétrico assumido = 0,17
NS=não-significativo; S=significativo.

Tabela 2.22 – Combinações significativas de seis ensaios

Nº	Significância	X	Y	Combinação de variáveis
5	S	3	4	Teor de umidade entre os briquetes B1 e B2
7	S	14	27	Vazão entre o briquete B1 e potência do motor B1
8	S	15	28	Vazão entre o briquete B2 e potência do motor B2
10	S	17	18	Cinza da serragem e cinza do briquete
14	S	11	28	Densidade do briquete B2 sólido e potência do motor B2
15	S	25	26	Compressão lateral dos briquetes B1 e B2

Tabela 2.23 – Relação das combinações com rho igual ou superior a 0,8

RHO= $\rho_{s p}$	Variável X	Variável Y	Combinação de variáveis
0,9	1	24	Umidade serragem peneira e potência motores B1 e B2
0,8	3	4	Teor de umidade entre os briquetes B1 e B2
0,8	14	15	Vazão dos briquetes B1 e B2
0,8	14	27	Vazão entre o briquete B1 e potência do motor B1
0,8	15	28	Vazão entre o briquete B2 e potência do motor B2
1,0	17	18	Cinza da serragem e cinza do briquete
0,8	11	28	Densidade do briquete B2 sólido e potência do motor B2
0,8	25	26	Compressão lateral dos briquetes B1 e B2

Confirmando a teoria, todas as combinações que apresentam significância estatística, foram aquelas que apresentaram um Coeficiente de Correlação de Spearman igual ou maior de 0,8. De outro lado, entre todos os Coeficientes de Spearman maiores de 0,8, revelando correlação entre as variáveis, houve um deles com Coeficiente rho igual a 0,9 que não apresentou significância estatística como mostrado na Tabela 2.24.

Tabela 2.24 – Combinação da umidade da serragem e da potência elétrica

rho	X	Y	Combinação de variáveis
0,9	1	24	Umidade serragem peneira e potência elétrica dos motores elétricos

Uma síntese destes dados correlacionados pelo Coeficiente rho de Spearman e confirmando a teoria podem ser apresentados como: 1-As umidades dos briquetes foram iguais. 2-O teor de cinza da serragem e o dos briquetes foram iguais. 3-Houve correlação entre a densidade do briquete e a demanda de potência dos motores elétricos. 4-Houve correlação entre a vazão dos briquetes B1 e B2 na briquetadeiras e a potência dos motores elétricos. 5-Existiu correlação das cargas de compressão lateral dos briquetes B1 e B2, significando que atendem a um mesmo padrão de deformação física.

Embora possa parecer óbvio, a investigação entre as variáveis do briquete foi importante para confirmar a teoria geral e aplicada a este estudo da tecnologia do briquete, trazendo assim mais uma contribuição ao conhecimento da industrialização da biomassa.

2.5 CONCLUSÕES

A análise e a discussão dos resultados permitiram estabelecer as seguintes conclusões de tecnologia baseadas em uma indústria piloto de briquete como segue:

2.5.1 Matéria-prima e briquetes

Maiores teores de umidade em briquetes e serragens geram produtos de qualidade inferior, demandando mais energia, tempo e instalações industriais; a densidade aparente e a granel do briquete estão dentro das normas europeias, apresentando assim boa qualidade.

O valor de 18,4 MJ/kg para o Poder Calorífico Superior do briquete está acima do valor mínimo de 16,2 MJ/kg da norma sueca; portanto os briquetes são de boa qualidade energética. Da mesma forma, o teor de cinza máximo da norma europeia é 0,7%. O valor encontrado de 1,99% é elevado, concluindo-se que as indústrias precisam selecionar melhor a matéria-prima.

A granulometria da serragem menor que 0,84 mm de particulado fino (48%) reduz a demanda de energia para a plastificação da lignina, assim como a maior de 3,35 mm (15,57%) gera briquetes mais resistentes pelo entrelaçamento das escamas da maravalha.

2.5.2 Fluxo de massa

Conclui-se que o fluxo ideal de massa é da umidade da serragem ser a mais seca, não haver quebra de máquinas pela adoção da manutenção preventiva, ter a fábrica trabalhando 21 horas por dia e com automação industrial informatizada.

A variação da produção mensal do briquete está associada ao clima sazonal seco e úmido da região onde os ensaios foram feitos, variando de 216 t/mês a 733 t/mês. Na época das chuvas, a lenha concorrente do briquete, está mais úmida e as vendas de briquete aumentam.

A eficiência mensal de 59,5% da produção e a horária de 96,25% permitem concluir que a engenharia industrial é boa, embora o ritmo mensal seja baixo.

2.5.3 Fluxo de energia

Não se pode concluir se a demanda de 435 kWh/t é pequena ou grande, pois não existem dados consistentes na literatura mundial.

O uso de descartes moveleiros e as serragens mais secas devem ser as preferidas para a fabricação do briquete pois 76,63% de toda energia da fabricação de briquete é usado para a secagem.

É consistente a metodologia apresentada para a relação de energia necessária para fabricar uma tonelada de briquete e a energia contida nele em forma de calor, de 10,87%.

2.5.4 Resistência, carga e tensão no briquete

O método proposto para a determinação de briquetes inteiros mostrou-se correto onde os ensaios permitiram concluir que a melhor qualidade foi daqueles em sacos arrumados do que em sacos a granel.

Uma briquetadeira com melhor tecnologia é aquela que demanda menos energia com menos tensões e cargas de impacto, permitindo menos paradas ou quebras gerando maior produção de briquetes.

Mostrou-se competente a metodologia criada para a determinação de carga e tensão de briquetagem.

2.5.5 Variáveis combinadas nos ensaios de briquete

Para a comparação das características de massa e energia dos briquetes e tomadas duas a duas, as combinações mais importantes permitem concluir os seguintes fatos:

O Coeficiente de Correlação rho de Spearman mostrou-se adequado para aferir a associação, ou não, entre as variáveis combinadas.

Houve igualdade de valores entre as seguintes combinações: teor de umidade entre briquetes, compressão lateral, teor de cinza, vazão e potência de motores B1 e B2, densidade e potência de motores B1 e B2.

2.6 REFERÊNCIAS

ALAKANGAS, E. **EUBIONET 2. CEN-Technical Specifications for solid biofuels-Fuel specifications and classes and fuel quality assurance.** Working Group 2, TC 335. Finland. 2006.

ALAKANGAS, E. **Wood pellets in Finland** -Technology, economy and market. OPET 5. VTT-Technical Research Centre of Finland. Jyväskylä. 2002.

ALBUQUERQUE, C. **Desenvolvimento de um sistema de pré-secagem de partículas de Pinus e de Eucalipto para a produção de briquetes e de chapas de madeira.** Tese de Doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro. 1995.

AOAC- **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 16th Ed. Vol I. Ed. Association of Official Agricultural Chemists. Method Nr. 94205-Trash. Maryland-USA-1998.

BARTKOWIAK, M; ZAKRZEWSKI, R; KSIAZCZAK, A. **Thermal degradation of lignins isolated from wood.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2006.

BATTACHARRYA, G.; JOHNSON, R. **Statistical Concepts and Methods.** Willey & Sons. New York, 1977.

BEN-Balanco Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2007.

BEZZON, G. **Síntese de novos combustíveis sólidos a partir de resíduos agrofloretais e possíveis contribuições no cenário energético brasileiro.** Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Campinas-SP. 1994.

BHATTACHARYA, S, C.; AUGUSTUS LEON, M.; RAHMAM, M. **A study on improved biomass briquetting**. Asian Institute of Technology. V 6, n 2 Thailand. 2002.

BIOMASSA E BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>>. Acesso em: 2007.

BRIQUETES NO BRASIL. Disponível em: <http://www.infoener.iee.usp/br/scripts/biomassa/texto/br_briquete.ssp>. Acesso em: 03 out 2005.

BRIQUETES. Disponível em: <http://www.biomax.com.br/briquete_vantagens.asp>. Acesso em: 27 set. 2005.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. John Willey & Sons. New York. 1980.

COTRIM, A. **Instalações Elétricas**. Ed. Pearson Education do Brasil. São Paulo. 1992.

DEMIRBAS, A. **Evaluation of biomass materials as energy source: upgrading of tea waste by briquetting process**. Energy Sources, V 21, nr 3, April, pg 215-220. 1999

DIAS, J. **Utilização da biomassa: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas**. Tese de Doutorado-Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002.

EMBRAPA. Disponível em: <<http://embrapa.gv.br>>. Acesso em: 2007.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de Bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) e aspectos gerais da combustão**. Trabalho de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1981.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Edufal. 3ª Ed. Maceió. 2000.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Ed. Edusp. 234 p. São Paulo. 1998.

GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass briquetting: technology and practises**. FAO, April 1996. Disponível em: <<http://www.rwedp.org>>. Acesso em: 11 set 2006.

HAHN, B. **Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets**. Pellets for Europe. UMBERA-Umweltorientierte Betriebsberatungs-Forschungs und Entsorgungs. Austria. 2004.

HAMELINCK, C.; SUUAS, R. A. A.; FAAIJ, A. P. C. **International bionergy transport costs and energy balance**. University Utrecht -Copernicus Institute. The Netherlands. 2003.

HIRSMARK, J. **Densified Biomass Fuels in Sweden**. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

INCROPERA, F. **Fundamentos da transferência de calor e de massa**. Ed. LTC. 5 edição. Rio de Janeiro. 2003.

KALLIO, M.; ORAVAINEN, H. **Pellet research and development at VTT**. International Nordic Bioenergy 2003 Conference. 2003.

LOPES, R. P. *et al.* **Controle da combustão em fornalhas a lenha**. Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural- Agrener. 2000.

MANI, S. **Simulation of biomass pelleting operation**. Bioenergy Conference & Exhibition 2006. Prince George. Canada. 2006.

MANI, S.; TABIL, L. G.; SOKHANSANJ, S. **An overview of compaction biomass grinds**. Powder Handling and Processing. V 15, N 3, p 160-168. 2003.

MARQUES, M (coord.). **Conservação da Energia - Eficiência energética de instalações e equipamentos**. Ed. EFEI. Itajubá, MG. 467 p. 2001.

MORAIS, D. M., **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para queima de blocos cerâmicos: uma aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

NOGUEIRA, L. A. H. *et al.* **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações**. Ed. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 2000.

O PROCESSO DE BRIQUETAGEM. Disponível em: <<http://www.komarek.com.br/process/index.html>>. Acesso em: 27 set 2005.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. **Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their composition behaviour**. Biomass & Bioenergy 27 (6) 653-669- 2004.

PAULRUD, S. **Upgraded Biofuels-Effects of Quality on Processing, Handling Characteristics, Combustion and Ash Melting**. Doctoral PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden. 2004.

PEREIRA, M. **Prevenção e manutenção de máquinas na Eco Industrial**. Trabalho de Graduação. Faculdade do Instituto Brasil. Anápolis. 2006.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Editora IBAMA. Brasília. 2002.

QUIRINO, W. F. *et al.* **Poder calorífico da madeira e de descartes ligno-celulósicos**. Biomassa e Energia. v1, n 2, p 173-182. 2004.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos**. Ed. IBAMA - Circular Técnica do LPF. Vol 1. Nr 2. 1991.

ROCHA, S. **Mechanical evaluation for the quality control of biomass pellets and briquettes**. Proceedings of the 2nd World Conference on pellets. 183-187. Jonköping. Sweden. 2006.

ROWELL, R. M. USDA-Forest Product Laboratory. Forest Service. **Wood Handbook**. Chapter 19-Specialty Treatments. Wisconsin. [1987].

SHIRAIISHI, N.; MATSUNAGA, T.; YOKOTA, T. **Thermal softening and melting of esterified wood prepared in an N₂O₄-DMF cellulose solvent medium**. Journal of Applied Polymer Science. V 24, Issue 12, p 2361-2368. Kyoto. 2003.

SILVA, A. D. **Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensado**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001.

SISTEMAS DE UNIDADES. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 09 fev 2007.

TEMMERMAN, M. **Standardisation of pellets: the case study of physical and mechanical properties**. Congress Pellets for Bioenergy. Utrecht. 2004.

THEK, G.; OBERNBERGER, I. **Wood pellet production costs under austrian and comparison to swedish framework conditions**. Proceedings of the 1st Conference on Pellets. Stockholm, Sweden. 2002.

TRIPATHI, A. K., IYER, P. V. R., KANDPAL, T. C. **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India**. Biomass and Bioenergy. Vol 14. nr 5/6. p 479-488. Great Britain. 1998.

VALE, A. T. *et al.* **Caracterização energética e rendimento de carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*, DUKE)**, Revista Cerne, v.13, n.4, p.416-420. 2007.

VAPO. Disponível em: <http://www.vapo.fi/eng/main_page/?id=563>. Acesso em: 24 out 2006.

VINTERBACK, J. **Wood pellet use in Sweden: a system approach to the residential sector**. Doctoral Thesis. Silvestria 152. Swedish University of Agricultural Sciences- Dpt. of Forest Management and Products. Uppsala. 2000.

YOUNG, P.; KHENNAS, S. **Feasibility and impact assessment of a proposed project to briquette municipal solid waste for use as a cooking fuel in Rwanda**. Ruanda. 2004.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 2002.

CAPÍTULO 3

3 ANÁLISE ECONÔMICA DO BRIQUETE

3.1 CUSTO DE PRODUÇÃO DO BRIQUETE

3.1.1 Introdução

Devido à crescente importância econômica e estratégica da agroenergia e dos biocombustíveis, são necessários modernos métodos de avaliação de custos e lucros empresariais para se entender e superar os desafios da competitividade do mercado. Os atores da cadeia produtiva desde as matérias-primas, produção, comércio e distribuição, decidem sobre números e fatos atuais, assim como sobre cenários futuros alternativos. É fundamental a existência de métodos e informações que forneçam visibilidade contábil ao negócio e apontem probabilidades de se investir e trabalhar com baixo risco e maior lucro possível no ramo da agroenergia.

Este estudo foi realizado para aprofundar os conhecimentos econômico-contábeis da indústria da briquetagem de madeira com os seguintes objetivos:

- 1 – Investigar e estimar os custos industriais do briquete de madeira;
- 2 – Estimar a lucratividade de uma indústria de briquetagem;
- 3 – Aplicar o Método *ABC–Activity-Based Costing* para investigar os custos empresariais do briquete de madeira e avaliar a sua adequação ao presente estudo; e
- 4 – Apresentar sugestões de solução para os maiores problemas de custos das indústrias de briquetagem.

3.1.2 Revisão da literatura

3.1.2.1 Considerações iniciais

A partir da revolução industrial na Inglaterra da metade do século XVIII, a mão-de-obra direta foi substituída pela máquina, tornando mais complexo o problema do custeio. Assim, o detalhamento e visibilidade do lucro, custo e receita industrial numa sociedade competitiva precisam ser ampliados considerando novos cenários do mercado como tributação, legislação ambiental e exigência de redução de custos para a sobrevivência da empresa (Kaplan; Cooper, 1998; Martins, 2003).

Existem métodos para estimar a rentabilidade de um negócio, cada um deles atendendo focos de análise como: exportação, empresa pública ou mercado de ações. No entanto, foi adotada neste trabalho uma linha privilegiando a praticidade dos resultados sem perder a profundidade, o ineditismo e a contribuição científica.

No Brasil, não existem estatísticas da indústria da briquetagem nem da estrutura de custeio ou da lucratividade seja empresarial, associativa ou governamental. Por obrigação legal, acredita-se que as 60 usinas de briquetagem do Brasil tenham contabilidade, porém estes dados, se existirem, não estão disponíveis por se tratar de empresas privadas (Briquetes, 2005; Biomassa e briquetes, 2007). Em um caso isolado de empresa produtora de briquete usando apenas maravalha de *Pinus sp*, os mercados mais exigentes são pizzarias, panificadoras, hotéis e motéis.

Segundo Grover; Mishra (1996), as indústrias brasileiras vem briquetando a partir de 1940 quando se iniciou o processo industrial para aproveitamento de descartes madeireiros e agrícolas. Acredita-se que durante estes anos até a primeira crise do petróleo em 1973, tenha sido uma atividade secundária, causado pelos baixos preços do barril do petróleo e de seus derivados (Celiktas; Kocar, 2006). Neste período de 1940 até 1973 e de 1973 até hoje quando briquetes e peletes reentraram no mercado como opção ao petróleo caro, não existem estudos de contabilidade industrial de briquetagem, razão pela qual esta discussão é feita para o mercado em geral e usando como base os dados coletados, processados e analisados em uma indústria piloto e seu mercado como uma referência.

Para se ter uma visão macro da estrutura dos custos da briquetagem e peletização na Suécia, que é o maior produtor mundial deste tipo de bioenergia, a Tabela 3.1 mostra segundo Vinterback (2004), a estrutura dos preços para o mercado europeu.

Tabela 3.1 – Estrutura porcentual de preços de peletes na Europa

Item	(%)
Custo da matéria-prima	26
Custo da produção	24
Distribuição	30
Impostos	20

Zakrisson (2002), ao estudar custos de peletização na Suécia, encontrou resultados mostrados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Custo da produção de peletes na Suécia

Componentes e etapa da produção	Custo- €/t	%
Matéria-prima	31,3	51,3
Secagem	13,0	21,31
Cominuição	2,1	3,44
Peletização	3,6	5,9
Resfriamento-exaustão	0,5	0,82
Armazenamento	3,0	4,91
Equipamentos periféricos	0,9	1,47
Mão-de-obra	5,5	9,0
Construções	1,4	2,29
Custo total	61,3	100,0

Taxa de conversão: 1 € = R\$ 2,70, em nov de 2006. Fonte: Zakrisson (2002)

De outro lado, a diversificação do mercado industrial madeireiro está crescendo em qualidade e quantidade, buscando matéria-prima de baixo preço para agregar valor. Como é o caso de painéis de madeira, aglomerados, manufaturados de descartes, compósitos e energia direta da serragem como combustível nas fornalhas. Esta concorrência entre as cadeias produtivas tende a encarecer a matéria-prima, tornando menos competitivo o negócio do briquete e exigindo métodos mais adequados de custeio e lucratividade.

Em alguns países os descartes madeireiros são industrializados como na Suécia, Finlândia e no Estado de Oregon-EUA (Del Menezzi, 2004; Biomassa e briquetes, 2007). Algumas serrarias sabendo da forte demanda, estão concentrando esforços para transformar estes descartes madeireiros em energia calorífica ou elétrica, ganhando receitas e eficiência (Howarth, 2006).

3.1.2.2 Investimentos em uma indústria de briquete

Uma fábrica de briquetes [sn] da Região Sul do Brasil para 1100 toneladas mensais, com 15% de lucratividade, operando 14 horas/dia com uma receita bruta mensal de R\$ 275.000,00, pode ter um investimento inicial de R\$ 2,4 milhões em condição *Turn Key Job* (vide APÊNDICE F).

Isto exige competência na análise dos custos e receitas para gerir esse investimento em relação à receita e lucro, pois o briquete é produto sem valor agregado, de baixa tecnologia e exige escala para ser economicamente viável. Em função disto é que as indústrias de briquetes e de peletes precisam trabalhar muitas horas por dia em até três turnos diários de oito horas para diluir os custos fixos (Garrison; Noreen, 2001; Pereira, 2006; Briquetes, 2005; Biomassa e briquetes, 2007).

Uma tonelada de serragem colocada na usina pode custar 51,3% do valor total conforme a Tabela 3.2. Isto induz as empresas a duas linhas de ação: a primeira é briquetar diretamente dentro das serrarias principalmente nos Estados do Pará e Mato Grosso onde estão as maiores serrarias brasileiras. A segunda é reduzir ao máximo o custo do transporte da matéria-prima e da entrega do produto acabado conforme mostra a Tabela 3.2 (Vinterback, 2004; Thek; Obernberger, 2002; Alakangas, 2002; Hirsmark, 2002; Zakrisson, 2002; Rodrigues, 2005).

Os investimentos em uma indústria de briquetes estão situados basicamente nas máquinas e equipamentos como trator para movimentação de matéria-prima, caminhão para transporte, briquetadeira, secador, máquina de cominuição, ciclone, peneira e fornalha. Uma briquetadeira com capacidade para uma tonelada por hora de produção pode custar R\$ 154.000,00 (US\$ 70.000) (Biomassa e briquetes, 2007; Pereira, 2006; Tripathi, 1998; Alakangas, 2002). Neste setor de investimentos, Thek; Obernberger, (2002) afirmam que o cálculo dos custos de produção antes de começar uma indústria de pelete é fundamental para seu sucesso econômico, sendo o custo da matéria-prima importante nos custos, principalmente se ela estiver úmida (Vide APÊNDICE F).

3.1.2.3 Determinação dos custos e dos preços

Pesquisando custos de briquetagem na Índia em uma produção de 2,25 t/h, Tripathi (1998) encontrou valores de 64,3% para matéria-prima posta indústria, 19,9% de energia elétrica, 8,8% de custos de capital, 3,3% em custos operacionais e 3,7% com peças e serviços. Esse autor considerou os custos diretamente ligados à fabricação. Registrou ainda uma economia de escala, sendo que uma produção de 0,5 t/h custa Rúpias 0,95/kg (R\$ 0,0465/kg) e uma produção de 2,0 t/h, Rúpias 0,8/kg (R\$ 0,03916/kg). Um dado interessante desse autor está ligado aos custos da matéria-prima em função da capacidade de produção, ou seja, para 0,5 t/h, a matéria-prima vale 41,3% dos custos e para 2,25 t/h, 67,2%. Justifica este autor ainda, que o preço da matéria-prima é o mesmo em qualquer volume, ficando assim os custos fixos diluídos numa economia de escala. Isto torna a serragem relativamente mais cara, quando se trabalha poucas horas por mês.

O transporte nos países europeus tem um elevado custo causado pela grande distância e tipo de veículos (Vapo, 2006). Alakangas (2002) considera que o valor do frete vale 10% do preço final do produto.

Os países europeus produzem briquetes ou peletes e competem entre si. Estudos feitos por Thek; Obernberger (2002) na Áustria mostram que os dois maiores custos de fabricação são matéria-prima e a secagem da serragem. Tais autores se referem que na concorrência entre Áustria e Suécia, a escala de mais turnos por dia de trabalho assim como indústrias de maior produção mensal, são base para a maior competitividade da Suécia que pratica preços mais baixos.

O menor preço da eletricidade e a melhor tecnologia dos secadores de serragem faz com que a Suécia tenha menor custo de produção. O custo da produção na Áustria é € 91,5/t (R\$ 247/t). A composição dos custos de produção para serragem com 55% de umidade, é: matéria-prima 35%, secagem 29%, mão-de-obra 12%, briquetagem 10%, investimentos 3%, cominuição 4%, armazenamento 3% e equipamentos periféricos 4%.

Em 1995 foi realizado na Índia, o International Workshop on Biomass Briquetting, promovido por Grover; Mishra (1996) onde os custos apresentados foram matéria-prima 35,5%, transporte 6,7%, energia e mão-de-obra 35,5%, manutenção das máquinas 17,7% e marketing / vendas 4,5%. O custo total por tonelada produzida de Rúpias 1125/t (R\$ 55/t)

Na Suécia, o custo médio de produção de uma tonelada de pelete é de € 61 (R\$ 164,7/t) sendo 50% matéria-prima e 20% secagem (Hirsmark, 2002).

A Finlândia é o segundo produtor e exportador de peletes para Europa e segundo Alakangas (2002) os custos de produção variam conforme a escala. Assim, o custo de produção de uma fábrica operando sete dias da semana com três turnos diários é € 84/t (R\$ 226,8) e em três turnos durante cinco dias da semana, € 90/t (R\$ 243/t). Da mesma forma, a estrutura de custos mostrada por esse autor foi de matéria-prima 34%, secagem 30%, briquetagem 9%, mão-de-obra 13%, armazenamento 3%, cominuição 4% e outros 4%.

Em termos médios, o preço de mercado da tonelada do pelete é de € 180 na Alemanha, € 140 na Espanha, € 115 na Finlândia, € 160 na Áustria e € 150 na Inglaterra. Os preços de

briquete no Brasil variam de R\$ 170/t a R\$ 360/t e, na Índia, R\$ 116,6/t conforme registram Zakrisson, 2002; European pellet centre, 2007; Pereira, 2006 e Thek; Obernberger, 2002.

Em uma das fábricas brasileiras de briquete de madeira no interior do Paraná [sn], os preços FOB valem de R\$ 190/t a R\$ 260/t e preço CIF colocado em São Paulo Capital, R\$ 290/t para lotes maiores de 15 toneladas. Já o preço FOB de exportação de pelete de madeira colocado no porto de Paranaguá é de € 150/t (R\$405/t) para contratos firmes de 1000 toneladas/mês (Briquetes, 2008). Um fabricante de produto de alta qualidade informa que o custo de produção pode valer R\$ 187/t e o preço de venda colocado no cliente incluindo ICMS e frete, R\$ 270/t [sn]. Isto mostra que cada indústria tem os seus custos, receitas e lucros conforme a sua competência gerencial e de mercado.

Em uma visão moderna, o preço do pelete e do briquete são cotados pela sua capacidade energética, como Hillring (1997), afirmando o pelete valer U\$ 4/GJ (R\$ 8,80/GJ). Assumindo o Poder Calorífico Superior de briquetes feitos no Brasil como 5000 kcal/kg ou 21GJ/t, a um preço de R\$ 305/t, resulta em um valor de U\$ 6,57/GJ (R\$ 14,45/GJ). Portanto, o briquete brasileiro em termos energéticos seria 64,2% mais caro que o sueco.

Em trabalho de pesquisa de mercado junto aos consumidores residenciais de pelete na Suécia, Hillring; Vinterback (1998) encontraram preços médios posto-cliente de 1267/t coroas suecas (R\$ 422/t).

Em termos conceituais, Martins (2003) refere-se à palavra “gasto” como a compra de um produto ou serviço qualquer que gera sacrifício financeiro para a entidade (desembolso), sacrifício este representado por entrega ou promessa de entrega de ativos, geralmente dinheiro. Custo seria um gasto relativo ao bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e serviços. Já receita seria a relação que ocorre quando da transferência de um bem ou serviço para terceiros. Despesas seriam os gastos relacionados com administração, vendas, marketing e finanças. Em uma usina de briquetagem que só tem um produto final, os custos seriam aqueles relacionados com a fabricação do briquete, podendo ser diretos e indiretos.

Entre os métodos de custeio, o de Absorção é o adotado pela legislação brasileira. Esse custeio é apresentado mais para o público externo como pagamento de tributos, publicação de balanços e demonstrativo dos acionistas.

De outro lado, existem métodos de custeio para o gerenciamento da empresa, entre eles o *ABC–Activity Based Costing* que permite detalhar as contas por atividade entre elas das indústrias (Garrison; Noreen, 2001). Este método foi desenvolvido por Robert Kaplan e Robin Cooper da Universidade de Harvard nos Estados Unidos no início da década de 1980 com o objetivo básico de criar facilidade contábil e dar precisão à administração da empresa. Esses dois inventores do *ABC Activity-Based Costing* afirmam que o método é um mapa das despesas e da lucratividade da empresa baseada nas atividades organizacionais (Kaplan; Cooper, 1998).

Assim, os benefícios do Método *ABC–Activity–Based Costing* são o cálculo real dos custos, identificação de falhas administrativas, aperfeiçoamento das atividades industriais, eliminação de atividades que não agreguem valor ao produto, seleção de produtos mais lucrativos da empresa, otimização da rede de distribuição e criação de um Sistema de Apoio à Decisão-SAD. Além de criar indicadores de desempenho para empresa obter maiores lucros e índices de eficiência econômica, contábil ou administrativa (Azevedo *et al*, 2004; Garrison; Noreen, 2001).

Segundo Martins (2003) a diferença básica entre o Método por Absorção e o Método *ABC– Activity-Based Costing* é a maneira como se atribui custos aos produtos. No caso de uma usina de briquetagem, tem-se apenas um produto, o briquete que embalado ou a granel segue para queima nas fornalhas. Por isto, esse método é simplificado, moderno e gerencial (Rodrigues, 2005; Kaplan; Cooper, 1998; Martins, 2003; Figueiredo; Caggiano, 1997; Garrison; Noreen, 2001).

3.1.3 Material e métodos

3.1.3.1 Estudos preliminares

Entre abril de 2005 e maio de 2006, foi estudada de forma preliminar, a situação administrativa e contábil da empresa tomada como base deste trabalho e sediada no Estado de Goiás, assim como feitas visitas na região do Estado de Goiás e Distrito Federal para conhecimento do mercado do briquete.

A tipologia metodológica foi observacional dentro e fora da fábrica na apropriação de custos, receitas, lucros, administração e investimentos. Embora esse trabalho não esteja estruturado no formato de cadeia produtiva, os custos cobrem valores desde a matéria-prima na fonte como sejam serrarias, indústrias moveleiras ou agroindústrias florestais até o briquete colocado no cliente final a preço de varejo. Em outras oportunidades, as discussões são feitas sobre os preços de atacado ou exportação.

Apesar do briquete de madeira ter baixo valor agregado e menor tecnologia, a sua estrutura industrial e econômica é diversificada e complexa por se tratar de produto renascido pelos elevados preços dos combustíveis fósseis. Isto exige métodos mais sofisticados de investigação contábil gerencial.

De junho de 2006 até julho de 2007, foram coletados e processados os dados fornecidos pela administração da indústria piloto tomada como base deste trabalho. Da mesma forma, colaboraram clientes, serviços de transporte de matéria-prima e de produto acabado, especialistas do setor, fabricantes de briquetadeiras e distribuidores de briquete no Estado de São Paulo. A empresa piloto ainda colaborou nas simulações e estimativas daqueles dados ainda não existentes e relacionados com o mercado. Esta empresa processava em média 650 toneladas/mês, custo e frete (CF) médio posto-cliente de R\$ 305/t, 21 empregados, operava 14 horas por dia e 26 dias por mês em jornada de dois turnos. O produto era entregue ao cliente em sacos a granel com 15 kg e 35 kg.

Para caracterizar as taxas de câmbio entre as moedas referenciadas pelos autores e discutidas pelo autor deste estudo, foram assumidos valores médios de R\$ 2,20 por US\$ 1.00, assim como R\$ 2,70 por € 1.00, do período de junho de 2006 a julho de 2007.

3.1.3.2 Determinação dos custos

A metodologia usada para apropriação dos custos empresariais e de fabricação do briquete nesta indústria foi o *ABC-Activity-Based Costing* conforme Garrison; Noreen (2001), Shank, (1997); Nakagawa, (2001). As etapas foram as seguintes: identificação e definição das atividades e dos respectivos centros de atividade; apropriação direta dos custos aos produtos e aos objetos de custo; apropriação dos custos aos centros de custo da atividade;

determinação das taxas de atividade; apropriação dos custos aos objetos de custo, utilizando as taxas de atividade; elaboração de tabela final gerencial de custos.

Como o Método *ABC–Activity-Based Costing* determina centros de atividades como sendo etapas da fabricação, foram adotados nesta metodologia, os seguintes centros para o custeio: Pré-processamento; Cominuição; Peneiramento; Secagem; Exaustão; Briquetagem ; Armazenamento; Administração, Vendas e Marketing; Expedição E entrega.

O rateio das taxas de atividades foi feito por meio de entrevistas com funcionários, gerentes e diretoria da empresa no sentido de incorrer em um mínimo de arbitrariedade, subjetividade e na determinação dos percentuais dos fatores para cada centro de atividade conforme Shank (1997), Horngren (2000), Kaplan; Cooper (1998), Garrison; Noreen (2001).

Como é usado no *ABC–Activity-Based Costing*, o direcionador usado foi o custo da tonelada da matéria-prima em transformação durante o processo até o produto final e dado em R\$/t. Os direcionadores do primeiro estágio são aqueles recursos gastos com os macros fatores industriais para as atividades e os direcionadores do segundo estágio são aqueles das atividades para os produtos e serviços. Como a empresa só tem um tipo de produto que é o briquete de madeira, os direcionadores de segundo estágio foram desconsiderados porque não existem (Garrison; Noreen, 2001; Rodrigues, 2005).

A matéria-prima por ter um custo próprio não-associado aos nove centros de atividades foi apropriada diretamente ao produto final. Os maiores grupos dos custos, despesas e outros fatores contábeis são os seguintes: matéria-prima, custos diretos, custos indiretos, encargos de capital, imposto de renda e outros custos.

3.1.3.3 Determinação do lucro

Foi considerado como lucro líquido por tonelada de briquete, a diferença entre o custo posto-cliente e o preço de venda posto-cliente (CIF).

3.1.4 Resultados e discussão

A Tabela 3.3 apresenta os custos diretos e indiretos, tendo sido este o modelo usado para a coleta dos custos e dados básicos da empresa; sendo que as outras tabelas, gráficos e inferências são processamentos desta Tabela 3.3 e de outros dados junto ao mercado.

Tabela 3.3 – Material original de gastos e custos diretos e indiretos da indústria piloto

ITEM		R\$/mês	%	%	R\$/t	%
Matéria-prima		8622,17	100	5,01	13,26	5,01
Custo Direto	frete matéria-prima	32725,40	30,25		50,35	19,00
	frete briquete	21874,70	20,22		33,65	12,70
	manutenção	13262,10	12,26		20,40	7,70
	salário direto	17452,50	16,13		26,85	10,13
	energia elétrica	7040,91	6,51		10,83	4,09
	deprec. galpão e trator	2083,33	1,93		3,21	1,21
	deprec.máq e equip	5883,33	5,44		9,05	3,42
	sacaria	6920,18	6,40		10,65	4,02
	limpeza	930,00	0,86		1,43	0,54
	sub-soma	108172,00	100,00	62,80	166,42	62,80
Custo Indireto	energia elétrica	1692,38	6,19		2,60	0,98
	salar indireto	1748,97	6,39		2,69	1,02
	diretoria	5620,08	20,54		8,65	3,26
	desp adm	3320,48	12,14		5,11	1,93
	vendas e marketing	2704,13	9,88		4,16	1,57
	desp financeiras	728,00	2,66		1,12	0,42
	impostos	3420,18	12,50		5,26	1,99
	depreciação	1804,31	6,60		2,78	1,05
	terceiros	6320,00	23,10		9,72	3,67
	Sub-soma	27358,50	100,00	15,88	42,09	15,88
Encargos de capital		12445,90	100	7,23	19,15	7,23
Imposto renda		11699,10	100	6,79	18,00	6,79
Outros custos		3951,87	100	2,29	6,08	2,29
Total		172250,00	100	100,00	265,00	100,00

Fonte: Eco industrial Ltda

3.1.4.1 Análise dos custos gerenciais e de produção

As tabelas 3.4, 3.5 e 3.6 mostram os resultados obtidos na indústria piloto e são um desdobramento ou cruzamentos da Tabela 3.3 que tem o material informativo original coletado. A Tabela 3.4 mostra o perfil sintético por centros de custo e a Tabela 3.5. mostra a distribuição dos custos por centros de atividades.

Tabela 3.4 – Distribuição dos custos da empresa piloto.

Item	R\$/t	%
MP-Serragem	13,26	5,01
Custo Direto	166,42	62,80
Custo Indireto	42,09	15,88
Encargos de capital	19,15	7,23
Imposto de Renda	18,00	6,79
Outros Custos	6,08	2,29
Total	265,00	100,00

Fonte: Eco Industrial Ltda

Tabela 3.5 – Distribuição dos custos por atividade da indústria piloto

Atividade	R\$	%
Pré-processo	51,96	19,61
Cominuição	12,07	4,55
Peneira	7,45	2,81
Secagem	8,40	3,17
Exaustão	10,78	4,07
Briquetamento	26,23	9,90
Armazenamento	17,42	6,57
Administração, vendas e Marketing	38,95	14,7
Pós Processo	34,83	13,14
Subtotal	208,09	78,52
Encargos de capital	19,15	7,23
Imposto de renda	18,00	6,79
Outros custos	6,50	2,45
MP	13,26	5,00
Subtotal	56,91	21,48
Total	265,00	100,00

Fonte: Eco Industrial Ltda

A Tabela 3.6 mostra a distribuição dos custos da produção industrial do briquete dividida entre 22 centros de custos e gastos assim como em nove centros de atividades industriais. Essa matriz de 198 números indicativos permite que se faça uma série de inferências e análises para não somente entender a dinâmica do custeio industrial, assim como tomar decisões para reduzir valores, tornando a indústria da briquetagem competitiva no mercado nacional.

Tabela 3.6 – Determinação dos custos gerais de uma indústria de briquetagem – R\$/t

ITENS DO CUSTO	pré- processo	Comi nuição	peneira	secage m	ciclone	briquet amento	estoque	adm e vendas	pós process o	TOTAL process o	fora atividade	TOTAL	R\$/t	%	R\$/t	%
A-Direto ao Produto Final (MP)											13,26		13,26	5,01	13,26	5,01
B-Custo Direto																
frete da matéria-prima	50,35									50,35			50,35	19,00		
frete do briquete									33,65	33,65			33,65	12,70		
manutenção e consertos		2,24	1,02	1,22	1,84	13,26	0,82			20,40			20,4	7,70		
salários diretos	0,54	3,22	2,69	2,42	2,42	4,83	3,22	6,98	0,54	26,85			26,85	10,13		
energia elétrica	0,11	2,38	0,43	0,54	2,38	3,47	0,22	1,19	0,11	10,83			10,83	4,09		
deprec. de galpão e trator	0,12	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50		0,09	3,21			3,21	1,21		
deprec. de máquinas	0,27	1,81	0,91	1,81	1,81	2,26	0,18			9,05			9,05	3,42		
Sacaria							10,65			10,65			10,65	4,02		
limpeza e conservação	0,14	0,21	0,21	0,21	0,14	0,21	0,14		0,14	1,43			1,43	0,54		
Sub Total	51,53	10,37	5,76	6,71	9,09	24,54	15,73	8,17	34,53	166,42			166,42		166,42	62,80
C-Custo Indireto																
energia elétrica	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	2,08	0,03	2,60			2,6	0,98		
salários indiretos	0,40	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,70	0,25	2,69			2,69	1,02		
pro labore da diretoria								8,65		8,65			8,65	3,26		
despesas administrativas								5,11		5,11			5,11	1,93		
vendas e marketing								4,16		4,16			4,16	1,57		
despesas financeiras								1,120		1,120			1,12	0,42		
impostos, taxas, seguros								5,26		5,26			5,26	1,98		
deprec. de veiculos e benfeitorias								2,78		2,78			2,78	1,05		
Terceiros		1,38	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39		9,72			9,72	3,67		
Sub Total	0,43	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	30,77	0,30	42,10			42,1		42,09	15,88
D-Encargos de Capital											19,15		19,15	7,23	19,15	7,23
E-Imposto de Renda											18		18	6,79	18,00	6,79
F-Outros Custos											6,08		6,08	2,29	6,08	2,29
TOTAL	51,96	12,07	7,45	8,40	10,78	26,23	17,42	38,95	34,83	208,08	56,49		265,00			
% DO CUSTO DO PROCESSO	24,97	5,798	3,58	4,03	5,18	12,6	8,37	18,71	16,74	100						
% DO CUSTO EMPRESARIAL	19,61	4,55	2,81	3,17	4,07	9,90	6,57	14,70	13,14	78,52	21,32	100,00	265,00	100,00	265,00	100,00
% DA FABRICAÇÃO	-	14,65	9,05	10,20	13,09	31,85	21,16	-	-	-	-	100,00				

A Tabela 3.6 mostra a distribuição do custo de produção de uma tonelada de briquete de madeira no valor de R\$ 265,00. Outras empresas têm um menor custo de produção de R\$ 216,0/t (€ 80/t) (vide APÊNDICE L). Valores semelhantes foram encontrados por Alakangas (2002) de € 84/t a € 90/t (R\$ 226,8/t a R\$ 243/t) e Zakrisson (2002) de € 61 (R\$ 164,7/t).

Os preços de venda do briquete deste estudo estão ao redor de R\$ 305/t (€ 112,9/t). Na Alemanha, peletes valem € 189/t (R\$ 510,3/t), na Espanha € 140/t (R\$ 378/t), na Finlândia € 160/t (R\$ 434/t), na Áustria € 160/t (R\$ 434/t) e na Inglaterra € 150/t (R\$ 405/t) (European pellet centre, 2007). Estes fatos mostram que o preço médio no Brasil está pouco menor que os praticado na Europa e especificamente na Grande São Paulo. Essa é a região metropolitana de maior demanda por briquetes do Brasil, onde o preço de varejo da tonelada é de R\$ 350/t a R\$ 400/t (€ 129,6/t a € 148,1/t).

Comparando com Vinterback (2004), nota-se que os impostos no Brasil valem 6,79% e na Suécia 20%. Segundo este autor, a distribuição de pelete na Suécia feito nas residências, vale 30% dos custos, quando o frete de entrega de briquete no estudo vertente vale 13,14%. A explicação disto é que o briquete neste estudo é entregue em atacado ao cliente com cargas que variam a 10 a 30 toneladas, enquanto que na Suécia é varejo domiciliar a granel do tipo entrega residencial. O custo direto vale 62,6%, devido aos fretes, salários, manutenção e consertos e dentro dos quatro fatores mais pesados do custo-tonelada fabricado.

Autores como Garrison; Noreen, (2001), Alakangas, (2002), Hirsmark, (2002), Zakrisson, (2002); Thek; Obernberger, (2002) afirmam que a estrutura dos custos diretos são: matéria-prima, mão-de-obra e custos operacionais. As atividades de pré-processo, expedição e entrega não são mencionadas. As informações da revisão têm uma visão ligada à fabricação e, não, da empresa, o que gera distorções. Não se referem aos estudos de custeio ou do ABC e sim, aos custos básicos de matéria-prima, secagem, mão-de-obra, briquetagem e, em alguns casos, depreciação das máquinas. Tais autores não detalham como e que custos foram usados.

Os resultados obtidos na Tabela 3.6 para uma produção mensal de 650 toneladas de briquete mostram que os custos diretos mais importantes são frete da matéria-prima (19%), frete de

entrega do briquete (12,7%), manutenção e consertos de máquinas e equipamentos (7,7%), salários diretos da fábrica (10,3%), energia elétrica (4,09%), depreciação do galpão e do trator (1,21%), depreciação das máquinas e dos equipamentos da fábrica (3,42%), sacaria (4,02%) e material de limpeza e conservação (0,54%). Os custos diretos mensais R\$ 108.172,43 ou R\$ 166,42/t (vide Tabela 3.3).

Os custos indiretos foram classificados como energia elétrica (0,98%), salários indiretos (1,02%), diretoria (3,26%), despesas administrativas (1,93%), vendas e marketing (1,57%), despesas financeiras (0,42%), impostos, taxas e seguros (1,98%), depreciação (1,05%) e terceiros (3,67%) em um total mensal de R\$ 27358,53 ou R\$ 42,09/t. Conforme a Tabela 3.3, a matéria-prima foi apropriada diretamente ao produto final por não pertencer a nenhuma das nove atividades definidas e com um valor mensal de R\$ 8622,17 (R\$ 13,26/t) e participação geral nos custos de 5,01%. Encargos de capital valem 7,23%, Imposto de Renda 6,79% e outros custos 2,29%. A Tabela 3.3 apresenta dados dos custos diretos, dos custos indiretos, da matéria-prima e outros valores apropriados ao produto final, em valores mensais e percentuais.

Os resultados na Tabela 3.3 mostram um total mensal de matéria-prima, custos diretos e custos indiretos de R\$ 144.152,67 (R\$ 8.622,17/mês + R\$ 108.172/mês + R\$ 27.358,5/mês) ou R\$ 221,77/t, 83,69% do custo total de R\$ 265/t. Ou ainda, 16,31% são todos os outros custos menos os três referidos, o que mostra uma estrutura enxuta.

Numa comparação entre os resultados citados por Tripathi (1998) para uma capacidade assemelhada de produção (2250 kg/h e 1995 kg/h) e os resultados obtidos são apresentados também na Tabela 3.6. Existem diferenças entre estas duas fontes, pois, na Índia, o autor não diz qual é a base dos seus custos, nos quais se supõe não estejam contabilizados custos administrativos, tributos, frete de entrega ou direitos trabalhistas da folha de pagamento. São duas culturas diferentes, embora o trabalho de Tripathi (1998) seja um dos mais completos e dos que mais se aproximam do realizado neste estudo.

Como é praxe no mundo, o valor da matéria-prima indiana se entende como entregue na fábrica; ou seja o valor do produto mais o valor do seu transporte. No presente estudo

consideramos apenas o valor do bem, a serragem, e não o valor do seu transporte, pois consideramos dois valores distintos em termos econômicos.

Acredita-se que a diferença entre o valor de manutenção de 7,70% deste estudo e de 3,9% citado por Tripathi (1998) na Tabela 3.7 se deva a que uma das briquetadeiras da empresa piloto tem mais de 40 anos, embora passe por revisões freqüentes.

Quanto ao fator do custo da energia elétrica indiana ser 18% e, portanto, 4,4 vezes maior (Tabela 3.7) do que o encontrado neste trabalho, acreditamos que isto se deva a base dos cálculos serem feitos apenas dos custos diretos e imediatos da produção e, não, da empresa, como o presente.

Tabela 3.7 – Custos de produção de briquete deste trabalho comparado com briquetes da Índia

Item	Dados deste trabalho %	Índia %
Energia elétrica	4,09	18,0
Matéria-prima	5,01	67,2
Manutenção	7,70	3,9

A Tabela 3.8 mostra os resultados obtidos do rateio dos custos nos nove centros de atividade e conforme preconiza o Método ABC.

Na Tabela 3.8 os resultados obtidos dos rateios apresentam 100% para cada centro de custo, seja ela matéria-prima, custo direto e custo indireto. Esta Tabela se refere a salários diretos como sendo 100% mostrando os seguintes rateios respectivamente de 2%, 12,10%, 9%, 9%, 18%, 12%, 28% e 2% para cada uma das nove atividades. O valor de 26% do rateio de salários diretos de Administração e Vendas se deve ao esforço que esta nova empresa está fazendo em mão-de-obra qualificada para expandir o mercado não-organizado do briquete no Brasil, que é distante e caro tanto da matéria-prima como dos consumidores finais.

Tabela 3.8 - Determinação das taxas de rateio das atividades – %

ITENS DO CUSTO	Pré- processo	Comi nuição	Peneira mento	Seca gem	Exaus tão	Briqueta gem	Armaze na mento	Adm e vend as	Expedi ção e Entrega	Soma
A- Direto Produto Final	matéria-prima - serragem e retalhos									100
B-Custo Direto										
Frete da matéria-prima	100									100
Frete do briquete									100	100
Manutenção e consertos		11	5	6	9	65	4			100
Salários diretos	2	12	10	9	9	18	12	26	2	100
Energia elétrica	1	22	4	5	22	32	2	11	1	100
Depreciação do galpão e do trator	4	15,83	15,83	15,83	15,83	15,83	15,83		1,02	100
Depreciação das máquinas e dos equipamentos	3	20	10	20	20	25	2			100
Sacaria							100			100
Limpeza e conservação	10	15	15	15	10	15	10		10	100
C- Custo Indireto										
Energia elétrica	1	3	3	3	3	3	3	80	1	100
Salários indiretos	15	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	25,02	10	100
Pro labore da diretoria								100		100
Despesas administrativas								100		100
Vendas e Marketing								100		100
Despesas financeiras								100		100
Impostos, taxas, seguros								100		100
Depreciação de veículos e benfeitorias								100		100
Terceiros		14,3	14,3	14,3	14,2	14,3	14,3	14,3		100

3.1.4.2 Determinação do lucro

A diferença entre o preço de venda posto-cliente (CIF) de R\$ 305/t e o custo posto-cliente (CIF) de R\$ 265/t, no valor de 13,11% ou R\$ 40/t foi lucro líquido. Nenhum trabalho pesquisado ao longo de três anos e meio no mundo faz referência ao lucro do briquete/pelete ou da lucratividade empresarial.

Dependendo da qualidade, preço do briquete no Brasil varia de R\$ 120/t a R\$ 400/t no varejo. Na Grande São Paulo o preço no atacado é de R\$ 270/t e no varejo varia de R\$ 350/t a R\$ 400/t. Conforme dados médios de mercado varejista no Brasil, o lucro líquido varia de 10% a 25%, ou seja, na Grande São Paulo o lucro foi de R\$ 35/t a R\$ 100/t (vide APÊNDICE L).

3.1.4.3 Alternativas de solução para custos gerenciais e de produção

As alternativas para a solução de custos de produção apresentadas nesta discussão são específicas para cada mercado. Isto significa que outras usinas de briquetagem situadas do Rio Grande do Sul até o Estado do Pará podem ter diferenças regionais de custos de matéria-prima, transporte ou mão-de-obra. No entanto, a modelagem de custeio *ABC* aqui desenvolvida é igual para todos os casos e cada indústria ou interessado pode usar os seus dados regionais.

Para esta discussão de alternativas de solução para os problemas de custos da briquetagem e baseado nos resultados obtidos, foram relacionados quatro temas como: custo do transporte da matéria-prima e do produto acabado, localização das indústrias de briquetagem, manutenção de máquinas e equipamentos industriais e embalagem do produto acabado.

a) custos do transporte da matéria-prima e do produto acabado

Um valor de R\$ 50,35/t em cada R\$ 265/t do custo da tonelada do briquete vale o frete de entrega da matéria-prima do fornecedor até o pátio da indústria no valor de 19% do custo total. Este valor é elevado em função da serragem ter baixa densidade na faixa de 180 kg/m³ até 365 kg/m³. E tendo sido transportada de locais de até 350 km. Apesar das empresas transportadoras compactarem a serragem e usarem caminhões de até 30 toneladas para reduzir custos, mesmo assim este item faz os custos aumentarem.

Vinterback (2004) trabalhando com peletes na Suécia afirma que o custo da matéria-prima vale 26% do custo total conforme a Tabela 3.1. Retirando o preço da matéria-prima, encontrado neste trabalho de 5,01%, Tabela 3.3, tem-se um valor de 20,99% para o transporte da matéria-prima. Este valor de 20,99% para o custo na Suécia pode ser comparado com os 19,0% encontrados neste trabalho e confirmando resultados entre Brasil e Suécia. Outro autor sueco, Zakrisson (2002), operando com peletes e conforme a Tabela 3.2. confirma um valor de até 51% de matéria-prima, sem se referir aos custos de entrega, supondo-se que o custo total de € 61 (R\$ 164,70) seja colocado fábrica e, não, no cliente. O que faz sentido, pois Vinterback (2004) registra que o custo de distribuição de pelete na Suécia vale 30%, contra os

12,70% deste trabalho. Esta diferença pode residir no fato do briquete brasileiro ser entregue diretamente ao consumidor final em atacado em cargas mínimas de 10 toneladas e na Suécia ser no varejo.

Somando o custo do frete da matéria-prima e de entrega do briquete, tem-se um número significativo de 31,7% ou R\$ 84/t. Este valor é motivo de preocupação dos empresários, pesquisadores e exportadores ao se referirem como o transporte sendo o fator limitante da briquetagem. Caminhos existem para reduzir este custo como secar a serragem na própria serraria, instalar a usina próxima aos centros de matéria-prima e da demanda, manter acordos com indústrias moveleiras e de transformação, adotar sistemas logísticos de transporte como ida-retorno, transportar maiores volumes, agregar mais energia ao briquete ou entregar a mercadoria posto fábrica.

b) localização das indústrias de briquetagem

Como não existem dados oficiais no Brasil e baseado em executivos de mercado, estima-se que 70% das 60 usinas de briquetagem grandes e pequenas do Brasil, estejam associadas com serrarias, principalmente nos maiores centros de desdobro primário de toras, como seja Pará, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia (Biomassa e briquetes, 2007). Esta matéria-prima, sendo descarte, pode ter custo zero na serraria. No entanto, esta facilidade traz o ônus de não se ter mercado, já que o briquete é um combustível queimado em fornalhas de indústrias principalmente alimentares e empresas de serviços localizadas nos centros urbanos. Ou seja, os briquetes produzidos nas serrarias distantes seriam pouco vendidos.

É necessário que se façam trabalhos de logística para saber qual o custo mínimo do lugar intermediário entre o fornecimento da matéria-prima e os centros consumidores para a instalação da usina. Uma discussão que se faz é a introdução de usinas itinerantes e condominiais de briquetagem, que seriam instaladas nos centros madeireiros de desdobro primário e em pólos industriais moveleiros e que estejam perto de centros consumidores. A cada 10 ou 15 anos, estas usinas seriam montadas e desmontadas de centro para centro, coletando-se a matéria-prima e produzindo-se briquetes a baixo custo de transporte.

c) manutenção de máquinas e equipamentos industriais

Cada tonelada de briquete custa R\$ 265,00 e tem em manutenção, peças e serviços, um valor de R\$ 20,40/t ou 7,7% do preço total. É um valor considerado alto pelo excesso de quebras freqüentes, parada de produção e presumivelmente ocasionado pela elevada carga de impacto de até 14 toneladas necessárias para o adensamento em até 350 golpes por minuto.

As duas máquinas em estudo têm um perfil diferente. A máquina mais antiga B1 de 40 anos produz uma carga de impacto de 14,31 toneladas força e uma tensão de adensamento de 24,73 MPa e com maior volume de consertos e paradas. Esta máquina mais antiga tem menor tecnologia, justificando os números encontrados neste trabalho. A máquina mais nova B2 de 10 anos tem uma carga de impacto de 10,19 toneladas força e uma tensão de 14,10 MPa. Da mesma forma, a vazão da máquina (B2) é de 1042,7 kg/h e a (B1) de 882,9 kg/h.

Estes fatos podem explicar os elevados custos de 7,7% em peças e serviços para a indústria. A compra de uma nova máquina exige um estudo de viabilidade econômica, pois custa R\$ 140.000,00 (US\$ 63.636), (Biomassa e briquetes, 2007), 70,6% da receita bruta mensal da fábrica no valor R\$ 198.250,00. Considerando ainda que o lucro líquido da fábrica é de R\$ 40/t ou R\$ 26.000,00/mês, seriam necessários 5,4 meses para pagar este investimento caso todo o lucro da empresa fosse alocado apenas para este item. Ainda em uma discussão comparativa, registra-se que o valor dos encargos de capital usados para o pagamento do financiamento da fábrica é de 7,23%, menor que os 7,7% de manutenção das máquinas.

d) embalagem do produto acabado.

Os sacos de 15 kg e de 30 kg de embalagem dos briquetes custam 4,07% do custo total ou R\$ 10,65 t de briquete. Tanto na Europa como no Brasil este produto é vendido embalado devido ao fato de ser vulnerável à umidade, o que demanda custos adicionais como mão-de-obra, embalagem e serviços de armazenamento e manuseio. Os tipos de embalagem variam no varejo em sacos de 5 kg vendidos em supermercados para aquecimento em lareiras (European pellet centre, 2007) até cargas a granel de 20 toneladas em grandes indústrias.

As usinas de briquetagem compram a sacaria usada em outras indústrias para reduzir custos ou fazem contratos para constância de fornecimento. Na Europa que é uma região mais fria que o Brasil e no caso de pelete de aquecimento doméstico, esta necessidade de ensaque não é fundamental porque as entregas são feitas em domicílio em depósitos a granel. Além do fato do pelete ser mais resistente à umidade devido a sua camada externa de lignina plastificada.

Como cada indústria tem seus problemas específicos, o caminho a seguir é conhecer o perfil administrativo e industrial do custo da embalagem e então decidir como isto pode ser feito. Como exemplo de opções: 1 – estudar o sistema de *big bag* para entrega, 2 – entregar a granel nos meses secos do ano em silos de clientes com veículos basculantes ou de descarga inferior de gravidade, 3 – parceria com consumidores de fertilizantes ou revendedores que adotem sacaria, 4 – entrega paletizada em sacos com briquetes amarrados de forma organizada, 5 – desenvolvimento de estudos de embalagens de menor custo, de maior resistência mecânica e à umidade, 6 – desenvolvimento de tecnologia para silos móveis graneleiros para briquetes e peletes à prova de umidade.

3.1.5 Conclusões

Os fatores mais importantes da briquetagem são: o transporte da matéria-prima/produto, salários/*pro labore*, manutenção das máquinas e encargos de capital, de onde se conclui que os custos podem ser reduzidos por meio de uma competente gestão industrial.

É lucrativa a atividade da briquetagem devendo ser expandida nas regiões de farta e boa matéria-prima e onde no caso deste estudo a lucratividade foi de 13,11%.

O método *ABC-Activity-Based Costing* mostrou-se competente para dar visibilidade aos custos, mas não para ratear corretamente os custos indiretos.

Os empresários do setor devem proceder a uma correta localização espacial e temporal das indústrias de briquetagem, eleger um tipo de embalagem adequado para o produto acabado, reduzir custos empresariais, assim como implantar competentes controles econômico-financeiro-contábeis.

3.1.6 Referências

ALAKANGAS, E. **Wood pellets in Finland** -Technology, economy and market. OPET 5. VTT-Technical Research Centre of Finland. Jyvaskyla. 2002.

AZEVEDO, H. **Utilização do sistema de custeio ABC no Brasil: Um survey entre as 500 maiores empresas**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos. Porto Seguro. Bahia. 2004.

BIOMASSA E BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>>. Acesso em: 2007.

BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.cetecbr.com.br/bra/briquetes.php>>. Acesso em: 17 abr. 2008.

BRIQUETES. Disponível em: <http://www.biomax.com.br/briquete_vantagens.asp>. Acesso em: 27 set. 2005.

CELIK TAS, M.; KOCAR, G. **A perspective on pellet manufacturing in Turkey with a SWOT Analysis**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO Jonkoping. 2006.

DEL MENEZZI, C. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

EUROPEAN PELLETT CENTRE. Disponível em: <<http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878>>. Acesso em: 21 jun 2007.

FIGUEIREDO, S.; CAGGIANO, P. **Controladoria -Teoria e Prática**. Ed. Atlas. São Paulo. 1997.

GARRISON, R.; NOREEN, E. **Contabilidade Gerencial**. Ed. LTC. 9^a Edição. Rio de Janeiro. 2001.

GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass briquetting: technology and practises**. FAO, april 1996. Disponível em: <<http://www.rwdep.org>>. Acesso em: 11 set 2006.

HILLRING, B.; VINTERBACK, J. **Wood pellets in the swedish residential market**. Forest Products Journal. May. 1998.

HIRSMARK, J. **Densified Biomass Fuels in Sweden**. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

HORNGREN, C. **Contabilidade de Custos**. Ed. LTC. Rio de Janeiro. 2000.

HOWARTH, E. **No quick fix on energy**. Inwood magazine. N 9 June/July 2006. p 38-40. New Zealand. 2006.

KAPLAN, R.; COOPER, R. **Custo e Desempenho: Administre seus custos para ser mais competitivo**. Ed. Futura. São Paulo. 1998.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. Ed. Atlas. São Paulo. 2003.

NAKAGAWA, M. **ABC- Custeio Baseado em Atividades**. Ed. Atlas. São Paulo, 2001.

PEREIRA, M. **Prevenção e manutenção de máquinas na Eco Industrial**. Trabalho de Graduação. Faculdade do Instituto Brasil. Anápolis. 2006.

RODRIGUES, T. **Sistema referencial de preços baseado em atividades- aplicação em uma empresa prestadora de serviços em telecomunicações**. IN: IX Congresso Internacional de Custos. Florianópolis. 2005.

SHANK, J. **A revolução nos Custos**. Ed. Campus. Rio de Janeiro. 1997.

THEK, G.; OBERNBERGER, I. **Wood pellet production costs under austrian and comparison to swedish framework conditions**. Proceedings of the 1st Conference on Pellets. Stockholm, Sweden. 2002.

TRIPATHI, A. K., IYER, P. V. R., KANDPAL, T. C. **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India**. Biomass and Bioenergy. Vol 14. nr 5/6. p 479-488. Great Britain. 1998.

VAPO. Disponível em: <http://www.vapo.fi/eng/main_page/?id=563>. Acesso em: 24 out 2006.

VINTERBACK, J. **Pell-Sim-Dynamic Model for forecasting storage and distribution of wood pellets**. Biomass and Bioenergy, v 27, n 6, p. 629-643. 2004.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 2002.

3.2 PESQUISA QUALITATIVA DO MERCADO DE BRIQUETE

3.2.1 Introdução

O briquete de madeira é um biocombustível sólido usado para queima em fornalhas industriais gerando calor ou vapor, em fornos de empresas de serviços entre elas panificadoras, pizzarias, além de fornecer energia de aquecimento domiciliar em regiões frias. Os concorrentes energéticos do briquete de madeira são o carvão mineral ou vegetal, lenha plantada ou nativa,

eletricidade, derivados do petróleo e gás natural (Pereira, 2006). Neste cenário energético brasileiro e mundial, o briquete de madeira compete com as suas vantagens comparativas e cresce em função de algumas variáveis a serem estudadas neste trabalho.

Segundo BEN (2007) 27,96% da oferta interna bruta da energia primária no Brasil é representada pelos produtos da cana-de-açúcar e pela lenha, um dos mais altos do mundo em função da abundância de água, sol e terras de menor valor, além do baixo preço da lenha, principalmente da nativa usada para cocção domiciliar. Já a oferta total das fontes de energia secundária no Brasil tem o seguinte perfil: nafta 26,3%; eletricidade 26,2%; diesel 16,6%; secundários do petróleo 17,8%; GLP 10,9%; outros 2,2%. Para um país com cerca de 180 milhões de consumidores, é natural que haja uma concorrência entre todos tipos de combustíveis incluindo os biomássicos.

Considerando que metade do desdobro da madeira em toras são descartes em um total potencial estimado em 14 milhões de toneladas anuais no Brasil (vide APÊNDICE B), é natural que o briquete tenha surgido como alternativa energética para substituir parcialmente o petróleo e o seu alto preço no médio e longo prazo, material este que pode se transformar em briquete pelo simples adensamento da serragem ou cominuição de descartes.

Entre 1940 e 1973, a briquetagem foi tímida no Brasil e no mundo. No entanto, a partir dessa data e por força dos altos preços dos derivados do petróleo, as alternativas energéticas inclusive ligno-celulósicas entraram no mercado, competindo com os seus benefícios não somente econômicos como ambientais e do fator oportunidade. Em março de 2008 o preço do petróleo atingiu US\$ 110/barril e em maio de 2008, a marca histórica de US\$ 130/barril (O preço do petróleo, 2008; IPCC, 2007; Light sweet crude oil, 2008; Gore, 2006).

A literatura acadêmica e técnica do mercado brasileiro e mundial do briquete de madeira é escassa diante das necessidades de conhecimento para decisões empresariais e dos profissionais da área, assim como para a elaboração de políticas públicas.

Em função destas prerrogativas, os objetivos deste capítulo são:

1- Realizar pesquisa de mercado qualitativa com Perguntas Abertas para caracterizar de forma preliminar, como se comporta o mercado de briquete,

2- Investigar os Pontos Fortes e Fracos da oferta, assim como as Oportunidades e Ameaças da demanda, estudando os fatores que favoreçam a sua demanda, assim como aqueles que o desfavoreçam,

3- Apresentar evidências e sugerir soluções para o crescimento da demanda do briquete no Brasil.

3.2.2 Revisão da literatura

3.2.2.1 Considerações iniciais

Motivado pelos altos preços, pressão ambiental e menor garantia de suprimento fruto das disputas geopolíticas mundiais, as energias fósseis estão em declínio de demanda. As alternativas agroenergéticas entre elas as ligno-celulósicas, ganham espaço, são renováveis, de carbono equilibrado e incorporam dia-a-dia novas tecnologias que as tornam mais competitivas (Thek; Obernberger, 2002; Bjerg, 2006; Goldemberg, 1998).

Um uso inteligente do aproveitamento destes descartes das serrarias como toras deformadas, serragem, costaneiras, pontas, retalhos, assim como descartes das indústrias moveleiras e da construção civil, é a fabricação de briquete de madeira, uma lenha de maior densidade energética. No Brasil como no mundo, o comércio do briquete e do pelete é uma atividade sem normas, estatísticas oficiais; portanto, faz-se necessário um estudo mais avançado de mercado.

Estes combustíveis biomássicos ou fósseis competem entre si pelo preço, qualidade técnica e situações administrativas específicas de cada mercado. Em função de uma nova consciência ambiental, elevação do preço do petróleo e ao crescimento da demanda, a biomassa em geral e o briquete/pelete em particular, ganham maior fatia e preço de mercado. Neste sentido, o mercado europeu demanda cinco milhões de toneladas de pelete/briquete por ano num valor de US\$ 700 milhões (Vinterback, 2006; Thek; Obernberger, 2002). Na Europa, estão em

estudo usinas termoeletricas acionadas com pelete e briquete, abrindo um novo mercado para a agroenergia (Vinterback, 2006).

A partir da década de 1980 no Brasil, a situação mudou: o óleo combustível que representava 70% e a lenha, 30%, têm agora uma participação nestas agroindústrias de 70% de biomassa e 30% de óleo combustível. Uma agroindústria em particular poderia ter uma participação de 85% de lenha, 10% de bagaço de cana e 5% de casca de arroz (MCT, 2006).

Segundo Pereira (2006), muitas indústrias estão trocando a lenha plantada ou doméstica pelo briquete pelos motivos de: 1) desuniformidade e dificuldade de manuseio e controle da queima da lenha, 2) baixa densidade física e energética encarecendo o transporte, 3) umidade elevada e variável, 4) baixo poder calorífico.

A bioenergia madeireira em geral e o briquete de madeira em particular, está sendo revivida pelo aumento dos preços das energias fósseis a partir da primeira crise do petróleo ocorrida em 1973 (Celiktas; Kocar, 2006).

3.2.2.2 O mercado do briquete e do pelete

Por questões históricas, culturais e comerciais, o produto ligno-celulósico adensado que se desenvolveu no Brasil foi o briquete e, não, o pelete, produto semelhante, porém diferenciado quanto às dimensões e processo de fabricação. Ambos são biocombustíveis sólidos ligno-celulósicos adensados para uso em fornalhas e fornos.

Cada país ou região explora os seus recursos mais abundantes e mais disponíveis. Os Estados Unidos procuram otimizar as reservas de petróleo junto aos países árabes, seja por meio de acordos comerciais, bilaterais ou ações bélicas. Os europeus voltam-se mais para as energias renováveis, entre eles os países nórdicos como Suécia e Finlândia ricos em biomassa de turfa e de coníferas. Mais de 60% do território desses países têm cobertura nativa de coníferas (Alakangas, 2002; Zakrisson, 2002; Hirsmark, 2002).

No Brasil, os três estados que mais produzem briquetes comerciais são Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Nestas regiões, há evidências de um mercado de concorrência perfeita, onde há muitos compradores e muitas usinas briquetando e onde o mercado seria tomador de preço. Já em regiões como o Pará, onde existem muitas serrarias, os briquetes são mais usados para co geração própria das serrarias, produção de carvão para guserias e descartados no meio ambiente.

Estudando o mercado sueco para peletes, Hillring (1997) afirma que o aumento do uso energético da madeira não tem aumentado o preço da madeira, esperando que ele fique estável, refletindo a grande demanda de lenha de madeira e uma estabilidade nos preços competitivos com os combustíveis fósseis.

Alakangas (2002) mostra que o diferencial de mercado do pelete e do briquete na Finlândia, além do menor preço, é a sua condição ecológica. É uma biomassa plantada, renovável e com ciclo equilibrado de carbono. Da mesma forma, Yagy (2006) registra que os benefícios dos peletes são a indução à redução do aquecimento global, mitiga a dependência dos combustíveis fósseis e estimula a indústria florestal. Outros autores mais ligados ao mercado como Vinterback (2006) relacionam os benefícios do pelete como a elevada densidade energética, padronização da composição do produto, fácil transporte e melhor armazenamento.

3.2.2.3 Análises estratégicas de mercado

Devido à falta de informações de pesquisa de mercado de briquete de madeira no Brasil, inclusive pelo *SWOT Analysis*, e pesquisando a literatura mundial, alguns trabalhos são encontrados nesta área. Entre eles, Alakangas (2002) trabalhando no mercado da Finlândia e Celiktas; Kocar (2006) no mercado turco.

No caso de adensados de descartes agrícolas na Turquia, Celiktas; Kocar (2006) apresentam um estudo comparativo entre oferta e demanda conforme a Tabela 3.9 baseada na matriz *SWOT Analysis*:

Tabela 3.9 – *SWOT Analysis* apresentada por Celiktas; Kocar (2006)

Pontos fortes da oferta	Pontos fracos da oferta
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de estocar • Possibilidade de agregar valor • Poucas emissões e odores na queima • Muitas opções de uso • Redução dos custos dos produtores rurais • Ausência de descartes químicos ou físicos • Sem afetar o solo agrícola • Aspectos ambientais • Possibilidade de aumento de empregos • Pouca poeira e cinza • Possibilidade de uso em fogões a lenha 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de padronização e Normas • Ausência de <i>know how</i> do setor • Falta de uso na agroindústria • Falta de políticas de sustentabilidade agrícola • Concorrência • Instabilidade de custos • População com consciência ambiental do briquete • Fraca distribuição do produto • Confiabilidade
Oportunidades da demanda	Ameaças da demanda
<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento da economia agrícola • Aumento do uso de energias renováveis • Existência de nichos de mercado • Posição geográfica favorável • Transporte fácil • Negócios e desenvolvimento de produtos • Informação e pesquisa do setor • Sócios, agentes e distribuição • Impacto sazonal 	<ul style="list-style-type: none"> • Efeitos políticos e legislativos • Inovações • Sustentabilidade • Dificuldades de penetração no mercado • Resistência com outras energias concorrentes • Organizadas cadeias de energias concorrentes • Sazonalidade agrícola da produção • Doenças e pragas da agricultura • Ausência de forças competitivas

Tabela 3.10 – *SWOT Analysis* apresentada por Alakangas (2002)

Pontos fortes da oferta	Pontos fracos da oferta
<ul style="list-style-type: none"> • Combustível renovável • Combustível compacto e homogêneo • energia ambiental, em relação ao CO₂ • Fácil uso, manuseio e transporte • Queima limpa e com baixo teor de cinza • Pouco exigente em armazenamento • Alto teor de energia e preço estável • Baixo preço da matéria-prima • Flexibilidade de uso, de fogões a grandes indústrias geradoras de energia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeno conhecimento entre os consumidores • Mercado recente • Equipamentos caros frente aos outros concorrentes • Altos custos de transporte e distribuição, assim como ausência de veículos apropriados para o transporte • Ausência de normas para o briquete • Estar o briquete ainda imaturo • Fontes longínquas de energia
Oportunidades da demanda	Ameaças da demanda
<ul style="list-style-type: none"> • Instabilidade dos combustíveis importados principalmente petróleo • Aumento crescente dos preços da eletricidade • Política energética favorecendo a energia local • Melhoria na qualidade das máquinas e equipamentos industriais do processamento da madeira, reduzindo assim o preço da matéria-prima • Grande potencial de crescimento • Melhoria do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Política ambiental não-disponível ainda • Paralisação das exportações para a Suécia e Dinamarca • Escassez de matéria-prima. Se a matéria prima é desviada para outros fins ou se há menos fabricação de máquinas para o processamento da madeira • Redução dos preços dos combustíveis importados • Competição com alternativas locais como cavaco de madeira

O mercado de pelete de madeira cresceu na Europa a partir de 2003 devido aos elevados preços do petróleo, à ameaça do seu suprimento e à maior consciência ambiental dos habitantes deste continente. Neste sentido, foi feito um *SWOT Analysis* por Alakangas (2002) para a Finlândia, segundo maior produtor e exportador mundial de pelete usando descartes madeireiros de coníferas e conforme a Tabela 3.10.

3.2.3 Material e métodos

3.2.3.1 Considerações iniciais

A coleta de dados foi realizada de janeiro a agosto de 2007 nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil e em vários segmentos de mercado. Entre eles, grandes e pequenos consumidores industriais do setor alimentício, panificadoras, acadêmicos entre professores e alunos de pós-graduação do setor, restaurantes, pesquisadores, executivos públicos, indústrias de máquinas de briquetagem e empresários da indústria de briquetagem.

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa num mercado recente e carente de informação, foram usadas três ferramentas de investigação mercadológica, sendo: 1- Pesquisa de Mercado com questionário de entrevista pessoal e usando Perguntas Abertas (Malhotra, 2006), 2- Pesquisa de mercado pelo Método *SWOT Analysis*-Modo de Valoração e 3- Pesquisa de mercado pelo Método *SWOT Analysis*-Modo de Análise de Correspondência (Everit, 1992; Hair, 2005; Tagliacarne, 2006; Malhotra, 2006; Boyd; Westfall, 1964; Aaker *et al*, 2001).

Os respondentes destas duas pesquisas de perguntas abertas e fechadas foram eleitos entre aqueles que tinham conhecimentos simultâneos de mercado e de tecnologia de briquete, de forma a oferecer respostas consistentes. Como no Brasil este mercado é pouco conhecido, a quantidade disponível foi de apenas 26 pessoas.

O cruzamento dos resultados qualitativos obtidos pelos três métodos de investigação permitiu análises e discussões consistentes.

3.2.3.2 Pesquisa de mercado pelo Método de Perguntas Abertas.

Para a realização desta pesquisa foi usado um questionário com 12 Perguntas Abertas e um destaque aplicado nas 26 entrevistas pessoais e por *e-mail*. A construção das 12 perguntas foi feita em um processo que iniciou em março de 2005 até dezembro de 2006, como fruto da revisão da literatura e de contatos com profissionais da área de briquetagem no Brasil. Essas perguntas foram em uma quantidade mínima, relevantes para conhecimento do mercado, objetiva para focos centrais deste estudo, elaborados com uma linguagem acessível aos diversos segmentos permitindo cruzamentos para correlação de respostas associadas e segundo modelos teóricos (Malhotra, 2006 e Tagliacarne, 2006).

Este material e método da pesquisa de opinião pública dado em frequências são apresentados na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Relação das Perguntas Abertas usadas no questionário

-
- 1- Cite os três maiores benefícios do briquete de madeira
 - 2- Cite os três maiores problemas do briquete de madeira
 - 3- O briquete de madeira já tem 160 anos. Por que até hoje ele não é um produto largamente usado?
 - 4- O briquete é um produto ambiental. O Sr. acredita que esta nova consciência ambiental tem ajudado o briquete a ter cada dia maior uso? () sim () não Por que?
 - 5- Por que o Sr. usa o briquete?
 - 6- Por que o Sr. não usa o briquete ?
 - 7- Facilidades para vender briquete
 - 8- Quais os três tipos de mercado mais importantes para se vender briquete?
 - 9- Qual a sua sugestão para reduzir o custo de produção do briquete?
 - 10- Qual a sua sugestão para reduzir o preço de venda do briquete?
 - 11- Para o comprador, o que é melhor:
() o briquete que tem mais caloria, custa mais um pouco e dá caloria mais rápido, OU
() a lenha que tem menos caloria, custa menos e dá caloria de forma demorada?
 - 12- Como a falta de Normas, Leis e Registros atrapalha o uso, o comércio ou serviços com o briquete?
 - 13- (DESTAQUE)
-

A elaboração, tabulação e processamento dos resultados foram feitos conforme Hair (2005), Tagliacarne (2006), Aaker *et al* (2001) e Malhotra (2006), onde as respostas são agrupadas em famílias típicas de temas dos respondentes. Assim, algumas perguntas tiveram apenas duas famílias e outras até seis conforme mostrados graficamente nos resultados obtidos. As respostas do tipo “não sei” (NS), sem resposta (SR) ou que não tiveram associação com as famílias relacionadas na tabulação, não foram consideradas, gerando menor volume de informações. Porém, dando mais consistência às respondidas.

A décima terceira questão do questionário, denominada Destaques, trata de uma pergunta final em que o respondente foi convidado a apresentar o fator mais importante da questão briquete, junto com a percepção conclusiva do entrevistador e conforme Malhotra (2006).

3.2.3.3 Pesquisa de mercado pelo Método *SWOT Analysis*- Modo de Valoração

A metodologia para a aplicação dos questionários para investigar o mercado de oferta e demanda foi feito usando-se o Método *SWOT Analysis*. Ele avalia as forças e as fraquezas da oferta, assim como as Oportunidades e as Ameaças da demanda, conforme Boyd; Westfall (1964), Alakangas (2002), Celiktas; Kocar, (2006), Tagliacarne, (2006), Aaker *et al* (2001) e Malhotra (2006).

A Tabela 3.12 mostra o modelo usado nesta pesquisa de mercado usando Perguntas Fechadas. A elaboração foi baseada na compilação de dados secundários resultante da revisão da literatura, contatos pessoais e telefônicos com especialistas, entrevistas e pré-teste do mercado do briquete e do pelete em 2006. A estrutura foi preparada para a tabulação estatística: em cada um dos quatro quadrantes, existem sete alternativas; os respondentes assinalaram da primeira mais importante até a sétima menos importante. Assim, apresentou 49 alternativas de combinações possíveis em cada quadrante.

O valor para cada pergunta de cada quadrante foi feita da seguinte forma. A pergunta assinalada pelo respondente em primeiro lugar teve sete pontos e a sétima assinalada, um ponto. Assim, a soma dos 26 questionários resultou em uma soma de respostas assinaladas em primeiro até o sétimo lugar, e para cada um dos quadrantes. Esta soma teve um valor de tantos pontos de importância para aquele tema desejado de investigar. A pergunta que teve maior valoração é a mais importante. Este número denominado de pontos de valoração é que foi processado e sobre o qual foram analisados os resultados.

Tabela 3.12 – Modelo de questionário usado na pesquisa de oferta e demanda de briquete

	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS
O F E R T A	<input type="checkbox"/> é produto ambiental, zero emissão, sem cheiro ou efeito estufa <input type="checkbox"/> farta e barata matéria-prima (sem transporte) <input type="checkbox"/> substitui a lenha, o carvão e o <i>fuel oil</i> <input type="checkbox"/> gera elevado calor de forma rápida <input type="checkbox"/> tem maior poder calorífico que a lenha pela baixa umidade <input type="checkbox"/> grande densidade energética por m ³ <input type="checkbox"/> fácil transporte, armazenamento e manuseio	<input type="checkbox"/> falta de matéria-prima em algumas épocas do ano e em algumas regiões do Brasil <input type="checkbox"/> produto sem valor agregado pois é para queima <input type="checkbox"/> produto muito vulnerável à umidade <input type="checkbox"/> elevado preço para frete de entrega <input type="checkbox"/> produto não-uniforme pelos muitos tipos de matéria-prima <input type="checkbox"/> necessidade de armazenar em lugar coberto <input type="checkbox"/> pouca resistência mecânica quando a granel
D E M A N D A	<input type="checkbox"/> mais venda de briquete quanto mais cara for a lenha e os derivados do petróleo <input type="checkbox"/> lucrativa atividade que compra matéria-prima a US\$6/t (sem frete) e vende briquete a US\$ 140/t <input type="checkbox"/> muitos usos como fornalhas, caldeiras, padarias, lareiras, pizzarias, churrasqueiras <input type="checkbox"/> venda direta da fábrica consumidor <input type="checkbox"/> mercado internacional comprador de biomassa energética <input type="checkbox"/> redução de desmatamento de florestas nativas <input type="checkbox"/> possibilidade de exportação	<input type="checkbox"/> consumidor compra preço e, não, a energia contida no briquete <input type="checkbox"/> disputa pela serragem entre outras cadeias produtivas <input type="checkbox"/> elevado preço dos fretes de produtos e matérias primas <input type="checkbox"/> baixas sazonais dos preços dos produtos concorrentes como lenha reduz a venda de briquete <input type="checkbox"/> preconceito e desconhecimento dos benefícios do briquete <input type="checkbox"/> ausência de uma rede de distribuição <input type="checkbox"/> falta de Leis, normas e estatísticas prejudicando o comércio

3.2.3.4 Pesquisa de mercado pelo Método *SWOT Analysis*-Modo de Análise de Correspondência

Esta terceira forma de investigação usou o mesmo modelo de questionário *SWOT Analysis*. Foi feito o registro do primeiro mais importante até o sétimo menos importante para cada pergunta de cada quadrante e para cada um dos 26 respondentes. A forma de processamento foi diferente, usando-se a Análise de Correspondência, o Teste Exato de Fisher e o Método de Monte Carlo para a mesma base de dados (Everit, 1992; Conover, 1980).

Para o processamento estatístico destas informações, foi usado o programa de computador denominado “R” que tem a capacidade de estabelecer correspondências entre as sete perguntas e os sete níveis de importância de cada uma delas (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007). Este método foi usado conforme mostra Everit (1992), como uma técnica exploratória de dados, adequada para analisar tabelas de duas entradas ou tabelas de múltiplas entradas,

levando em conta algumas medidas de associação entre linhas (perguntas) e colunas (nível de importância de 1 a 7).

A Análise de Correspondência converte uma matriz de dados não-negativos em um tipo particular de representação gráfica em que as linhas e colunas da matriz são simultaneamente representadas em dimensão reduzida, isto é, por pontos em um gráfico. O método usado neste trabalho permitiu estudar as relações e semelhanças existentes entre: a) as categorias de linhas e entre as categorias de colunas de uma tabela de contingência, b) o conjunto de categorias de linhas e o conjunto de categorias de colunas. A Análise de Correspondência (AC) permitiu relacionar para cada quadrante da planilha *SWOT Analysis*, as linhas que são as perguntas e as colunas que são os sete graus de importância conforme Guedes; Ivanqui (1999), Carvalho *et al* (2001); Czermainski (2004).

Para a validação das sete respostas da *SWOT Analysis* de cada quadrante e para os sete níveis de importância, foi usada uma versão computacionalmente intensiva do Teste Exato de Fischer (Conover, 1980) apropriado para casos de tabelas de baixa frequência e amostras pequenas. Como as tabelas são do tipo 7 x 7, gerando um elevado número de permutações, foram tomadas permutações aleatórias usando o Método de Monte Carlo.

3.2.4 Resultados e Discussão

3.2.4.1 Pesquisa de mercado com Perguntas Abertas

Após a tabulação preliminar foram encontradas as seguintes famílias (F) de respostas para cada uma das 12 Perguntas Abertas (P) das tabulações das entrevistas e apresentadas na Tabela 3.13 e na Figura 3.1.

Uma síntese destas respostas evidencia que o briquete é um combustível sólido de boa caloria; é um produto de baixa qualidade; o aspecto ecológico ajuda a vender; usa-se briquete devido ao fator meio ambiente; não usa briquete por falta de informação; o fator energético do briquete é um maior facilitador para vender; o setor alimentício é o melhor mercado para vender briquete; a distribuição é uma forma de reduzir custos de produção; a melhor distribuição é solução para reduzir preços de venda; que entre a lenha e o briquete, o briquete é

melhor e finalmente, que a legislação atual não prejudica o comércio de briquete no mercado interno.

Tabela 3.13 – Relação das famílias de temas das Perguntas Abertas

P1 – Cite os três maiores benefícios do briquete de madeira

F1 – Tem boa caloria, F2 – Bom manuseio, frete e armazenamento, F3 – Produto padrão, F4 – Produto ecológico, F5 – Mais competitivo.

P2 – Cite os três maiores problemas do briquete de madeira

F1 – Produto de baixa qualidade, F2 – Produto caro, F3 – Armazenamento – espaço, F4 – Cultural/desconhecido, F5 – Distribuição, F6 – Mercado não-organizado.

P3 – O briquete de madeira já tem 160 anos. Por que até hoje ele não é um produto largamente usado?

F1 – Falta informação, F2 – Produto não-competitivo, F3 – Matéria-prima difícil.

P4 – O briquete é um produto ambiental. O Sr. acredita que esta nova consciência ambiental tem ajudado o briquete a ter cada dia maior uso? (F1) Sim (F2) Não

P5 – Por que o Sr. usa o briquete?

F1 – Meio ambiente, F2 – Caloria, F3 – Mais barato/melhor, F4 – Operacional.

P6 – Por que o Sr. não usa o briquete ?

F1 – Desinformação, F2 – Caro, F3 – Causas operacionais

P7 – Facilidades para vender briquete

F1 – Energia, F2 – Operacional, F3 – Meio ambiente.

P8 – Quais os três tipos de mercado mais importantes para se vender briquete?

F1 – Setor alimentício, F2 – Fornalha, caldeira e vapor, F3 – Indústrias, F4 – Residências, F5 – Olaria, cerâmica, F6 – Secador de grãos.

P9 – Qual a sua sugestão para reduzir o custo de produção do briquete?

F1 – Distribuição, F2 – Menor preço da energia, F3 – Menor juro / tributo, F4 – Escala de produção, F5 – Matéria-prima barata.

P10 – Qual a sua sugestão para reduzir o preço de venda do briquete?

F1 – Distribuição, F2 – Menos impostos, F3 – Colocar um concorrente, F4 – Negociação, F5 – Escala de produção.

P11 – Para o comprador, o que é melhor:

*(F1) O briquete que tem mais caloria, custa mais um pouco e dá caloria mais rápido, ou
(F2) A lenha que tem menos caloria, custa menos e dá caloria de forma demorada*

P12 – Como que a falta de Normas, Leis e Registros atrapalha o uso, comércio ou serviços com o briquete?

F1 – Nada atrapalha, F2 – Lei informa e disciplina, F3 – Lei dá garantia e confiança.

A Figura 3.1 mostra a distribuição das frequências das famílias para cada uma das 12 Perguntas Abertas.

Um fato que aparece claro nas respostas, é a desinformação sugerindo uma demanda reprimida, pois sendo desconhecido, não é comprado. Um outro fato que confirma a literatura (Thek; Obernberger, 2002; Vinterback, 2006; Alakangas, 2002; Celiktas; Kocar, 2006) é o fato da densidade energética contida no briquete de madeira proporcionar menor custo de frete, melhor manejo do produto, redução dos custos de infra-estrutura industrial e do kg de vapor nas caldeiras.

Uma discussão da importância ambiental do briquete é o seu carbono neutro onde 71,4% dos entrevistados percebem que a variável ambiental pode ajudar a vender. Assim, IPCC (2007) faz referências desastrosas para a sobrevivência da humanidade ao registrar que o teor de CO₂ na atmosfera era de 280 ppm em 1800 e de 315 ppm em 1958 com um crescimento médio anual de 0,2215 ppm. E entre 1958 e 2005 com um nível de 381 ppm, um aumento médio anual de 1,404%. Disto se infere que o uso de combustíveis fósseis vem gerando atualmente um aumento de 6,3 vezes mais CO₂ que no século passado e ameaçando a vida no planeta pelas mudanças climáticas registradas. Como referência limite, um valor de 450 ppm de CO₂ na atmosfera é sinônimo de desastre global (IPCC, 2007).

Como fruto destas observações, o cidadão teria percepção desta ameaça e que o caminho da sustentabilidade é o registrado nas respostas das entrevistas feitas.

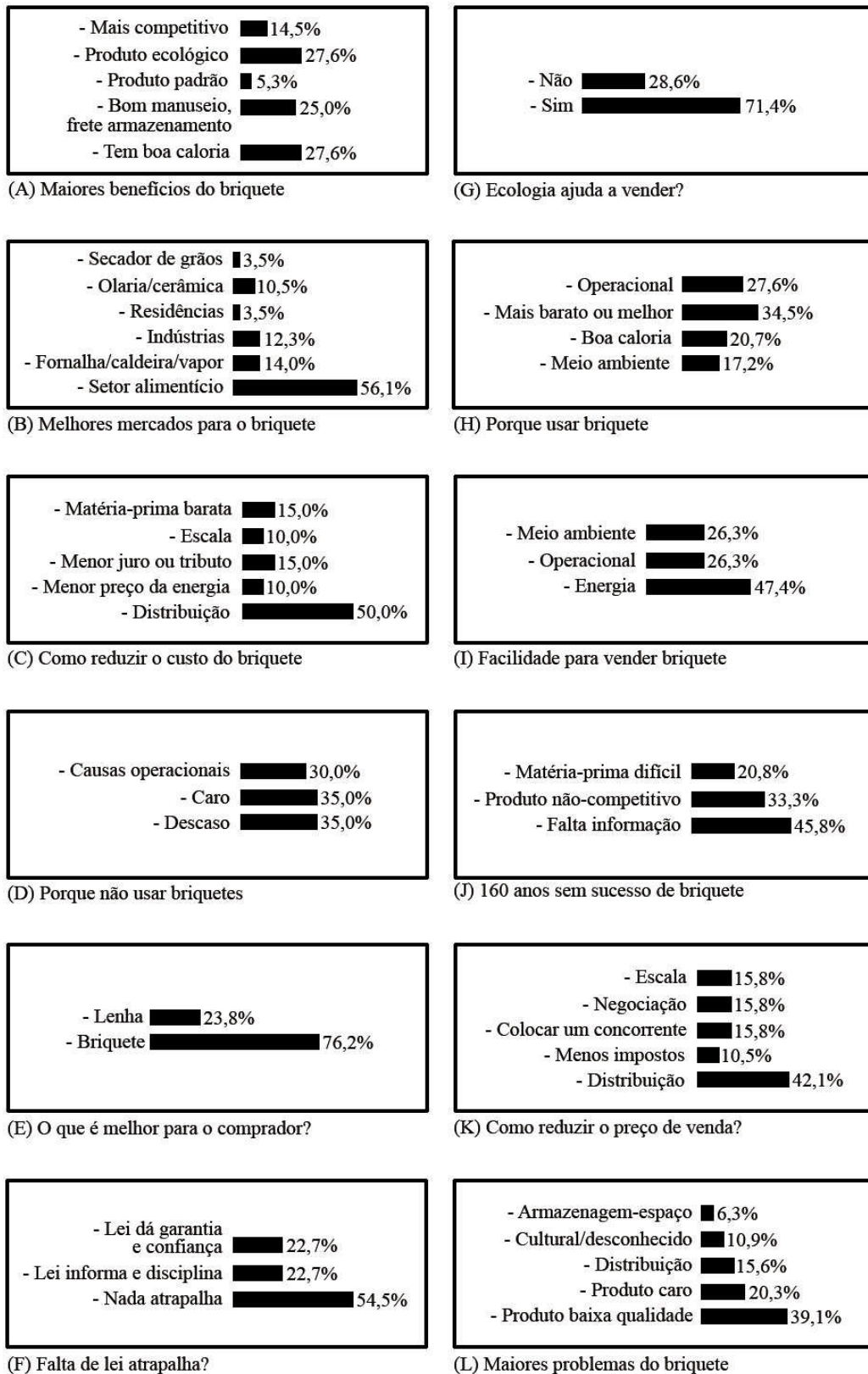


Figura 3.1 – Comportamento do briquete no mercado conforme a Tabela 3.13.

3.2.4.2 Resultados da pesquisa da oferta e da demanda com planilha *SWOT Analysis*.

Conforme mostrado na Tabela 3.14 os resultados e discussão deste capítulo usando o Método *SWOT Analysis* foram feitos com dois Modos de análise: o Modo de Valoração e o Modo Análise de Correspondência. Este procedimento foi adotado para dar maior consistência cruzada às interpretações.

Tabela 3.14 – Pontuação das perguntas no ranking das respostas

TAB A = PONTOS FORTES DA OFERTA-RANKING								
Pergunta	1	2	3	4	5	6	7	Soma
1	5	5	3	3	2	5	3	26
2	3	1	3	0	3	4	12	26
3	3	2	4	3	3	6	5	26
4	5	8	2	5	4	1	1	26
5	5	5	4	5	3	2	2	26
6	4	3	8	3	4	3	1	26
7	1	2	2	7	7	5	2	26
soma	26	26	26	26	26	26	26	

TAB B = PONTOS FRACOS DA OFERTA-RANKING								
Pergunta	1	2	3	4	5	6	7	Soma
1	5	5	0	6	0	5	5	26
2	1	1	2	0	9	4	9	26
3	4	7	4	4	1	4	2	26
4	10	3	3	4	2	4	0	26
5	1	3	5	1	5	5	6	26
6	5	4	8	2	4	1	2	26
7	0	3	4	9	5	3	2	26
soma	26	26	26	26	26	26	26	

TAB C = OPORTUNIDADES DA DEMANDA-RANKING								
Pergunta	1	2	3	4	5	6	7	Soma
1	5	5	4	4	5	3	0	26
2	4	3	6	1	5	1	6	26
3	6	7	6	3	1	3	0	26
4	1	2	3	7	5	5	3	26
5	2	2	3	2	6	7	4	26
6	7	3	2	5	3	3	3	26
7	1	4	2	4	1	4	10	26
soma	26	26	26	26	26	26	26	

TAB D = AMEAÇAS DA DEMANDA-RANKING								
Pergunta	1	2	3	4	5	6	7	Soma
1	7	2	2	9	3	1	2	26
2	1	4	4	2	3	4	8	26
3	5	5	7	4	2	3	0	26
4	6	3	2	1	5	5	4	26
5	2	3	3	7	6	3	2	26
6	3	5	6	1	4	4	3	26
7	2	4	2	2	3	6	7	26
soma	26	26	26	26	26	26	26	

Os resultados das frequências da *SWOT Analysis* em cada um dos sete níveis do ranking, para cada pergunta dos quatro quadrantes e nas 26 repetições, seguem adiante na Tabela 3.14. Nela, existem quatro tabelas internas denominadas TAB e correspondentes a cada quadrante da planilha *SWOT Analysis*. Para cada pergunta de cada quadrante, existem sete graus de importância, como seja do primeiro até o sétimo. Em cada vez que o respondente registrou o grau de importância, ele o fez assinalando o primeiro mais importante com valor sete pontos e o sétimo menos importante com valor um. Como as tabelas são parametrizadas, a soma sempre é 26, tanto dos valores das perguntas na abcissa como da importância de cada uma dos sete graus de importância na ordenada. Este registro matemático é a forma de confirmar a exatidão das tabelas, assim como é o número dos 26 respondentes.

3.2.4.2 A – Modo de Valoração

As Figuras 3.2 a 3.5 e a Tabela 3.15, mostram as respostas hierarquizadas em pontos de cada um dos quadrantes da *SWOT Analysis*, mostradas na metodologia da Tabela 3.12.

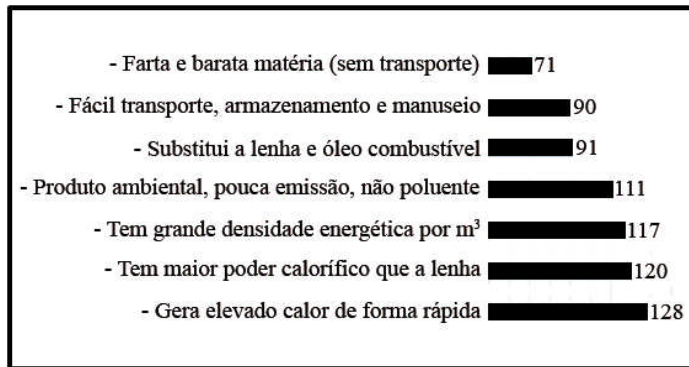


Figura 3.2 - Pontos fortes da oferta - Pontos

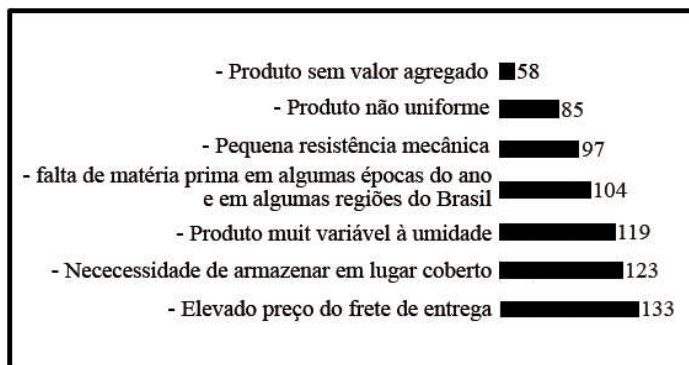


Figura 3.3 - Pontos fracos da oferta - Pontos



Figura 3.4 - Oportunidades da demanda - Pontos

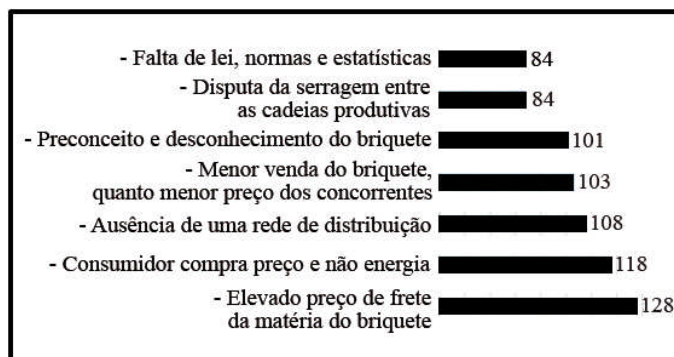


Figura 3.5 - Ameaças da demanda - Pontos

Tabela 3.15 – Síntese das duas respostas mais relevantes de cada quadrante da *SWOT Analysis* com Perguntas Fechadas pelo Modo de Valoração e mostradas nas Figuras 3.2 a 3.5.

Pontos Fortes da oferta:

- 1^o – Gera elevado calor de forma rápida
- 2^o – Tem maior poder calorífico que a lenha

Pontos Fracos da oferta:

- 1^o – Elevado preço do frete de entrega
- 2^o – Necessidade de armazenar em lugar coberto

Oportunidades da demanda:

- 1^o – Muitos usos para o briquete
- 2^o – Maior venda de briquete quanto mais cara for a lenha

Ameaças da demanda:

- 1^o – Elevado valor do frete da matéria-prima e do briquete
 - 2^o – Consumidor compra preço e, não, energia
-

Os resultados confirmam a literatura ao registrar os Pontos Fortes da oferta do briquete/pelete ser a grande densidade energética (Vinterback, 2006) ou o elevado teor de energia citado por Alakangas (2002). Nos Pontos Fracos da oferta, Alakangas (2002) e Celiktas; Kocar (2006) confirmam os elevados custos do frete e a fraca distribuição. Para as Oportunidades da demanda Celiktas; Kocar (2006) confirmam o fato registrando a existência de nichos de mercado e obviamente o fato do maior preço da lenha, gerar maior demanda de briquete, já que eles são produtos alternativos ou complementares. No quadrante *SWOT Analysis* das Ameaças da demanda, os respondentes se referem aos elevados fretes de matéria-prima e produto acabado o que é confirmado por Alakangas (2002).

3.2.4.2 B – Modo de Análise de Correspondência

Os resultados gráficos encontrados das Análises de Correspondência para os quadrantes *SWOT Analysis* são apresentados nas Figuras 3.6 a 3.9 das tabulações, respectivamente Pontos Fortes da oferta (A), Pontos Fracos da oferta (B), Oportunidades da demanda (C) e Ameaças da demanda (D).

A análise e as tabulações das Figuras 3.6 a 3.9 são apresentadas nas Tabelas 3.17 a 3.20 conforme Everit (1992) e Agresti (1990) ao registrar que os pontos distantes da origem e de

reduzido ângulo entre as bivariáveis de pergunta P e grau de importância I, são aquelas que oferecem maior associação de correspondência.

A Tabela 3.16 conforme R DEVELOPMENT CORE TEAM (2007) e Conover (1980) mostra que a significância para cada um dos quatro quadrantes é altamente significativa, com valor P máximo de 2,53%. Portanto a este nível de significância há evidências factuais com base nos dados de que existe uma coerência nas respostas dos entrevistados em relação ao grau de importância respondido. Isso significa que a Análise de Correspondência pode ser feita e interpretada sem nenhum impedimento de significância.

Tabela 3.16 – Valor P de significância do Teste Exato de Fisher para os dados da pesquisa *SWOT Analysis*

Quadrante da planilha <i>SWOT Analysis</i>	Valor P de significância
A – Pontos fortes da oferta	0,0044
B – Pontos fracos da oferta	0,0004
C – Oportunidades da demanda	0,01080
D – Ameaças da demanda	0,0253

Tabela 3.17 – Associação entre perguntas e importância dos Pontos Fortes da oferta

Nº	Pergunta	Correspondência
1	P6 – Grande densidade energética	I3, I2, I1
2	P5 – Tem maior Poder Calorífico Superior	I3, I2, I1
3	P1 – Produto ambiental	I2, I1, I3

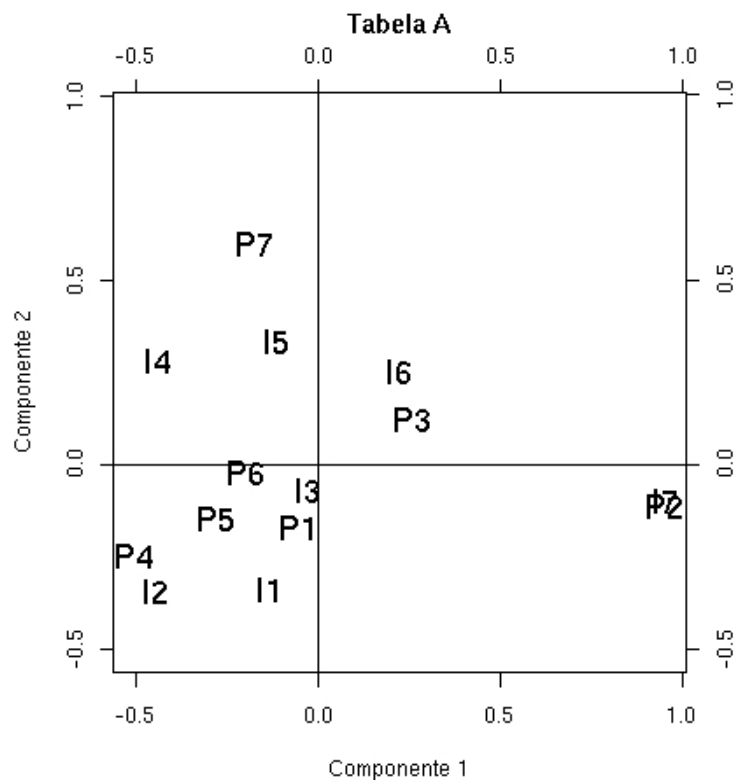


Figura 3.6 – Pontos Fortes da oferta.

Os resultados mostram que os dois mais importantes Pontos Fortes da oferta são grande densidade energética e que o briquete tem maior poder calorífico. Isto faz sentido e confirma a revisão da literatura.

Tabela 3.18 – Associação entre perguntas e importância dos Pontos Fracos da oferta

Nº	Pergunta	Correspondência
1	P4 – Frete caro de entrega	I1
2	P3 – Produto vulnerável à umidade	I2
3	P6 – Precisa de armazenamento coberto	I3

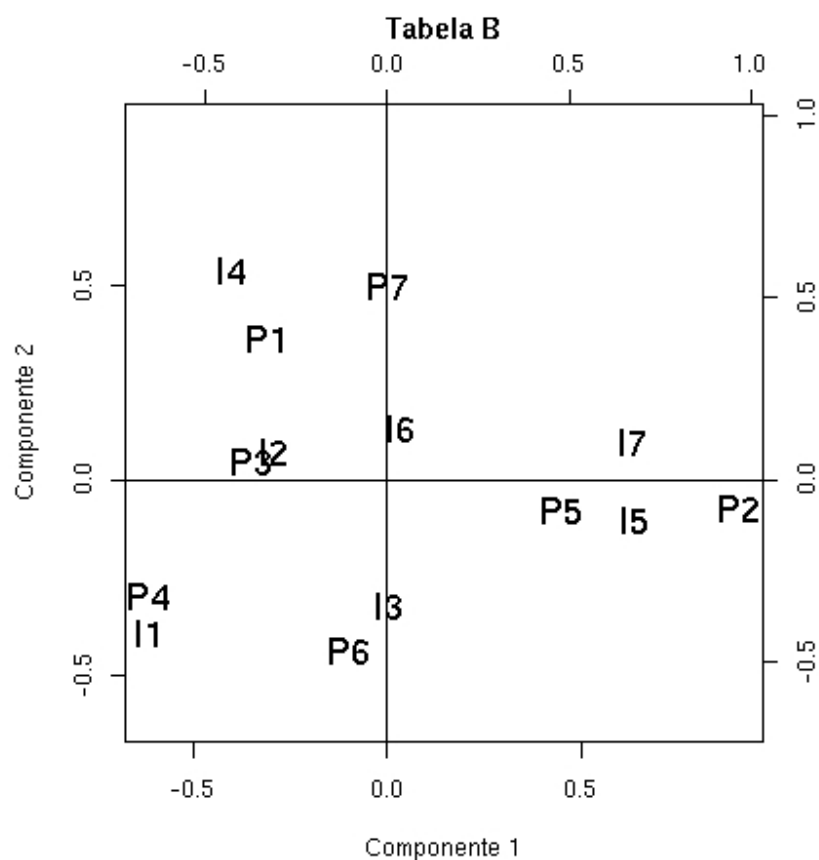


Figura 3.7 – Pontos Fracos da oferta.

Entre as três respostas mais importantes dos Pontos Fracos da oferta estão o problema da pouca resistência do briquete à umidade registrados como produto vulnerável à umidade e precisa de armazenamento coberto. Isto faz sentido e confirma a revisão da literatura.

Tabela 3.19 – Associação entre perguntas e importância das Oportunidades da demanda

Nº	Pergunta	Correspondência
1	P3 – Muitos usos em muitos tipos de consumidores	I1, I2, I3
2	P6 – Reduz o desmatamento	I1, I2, I3

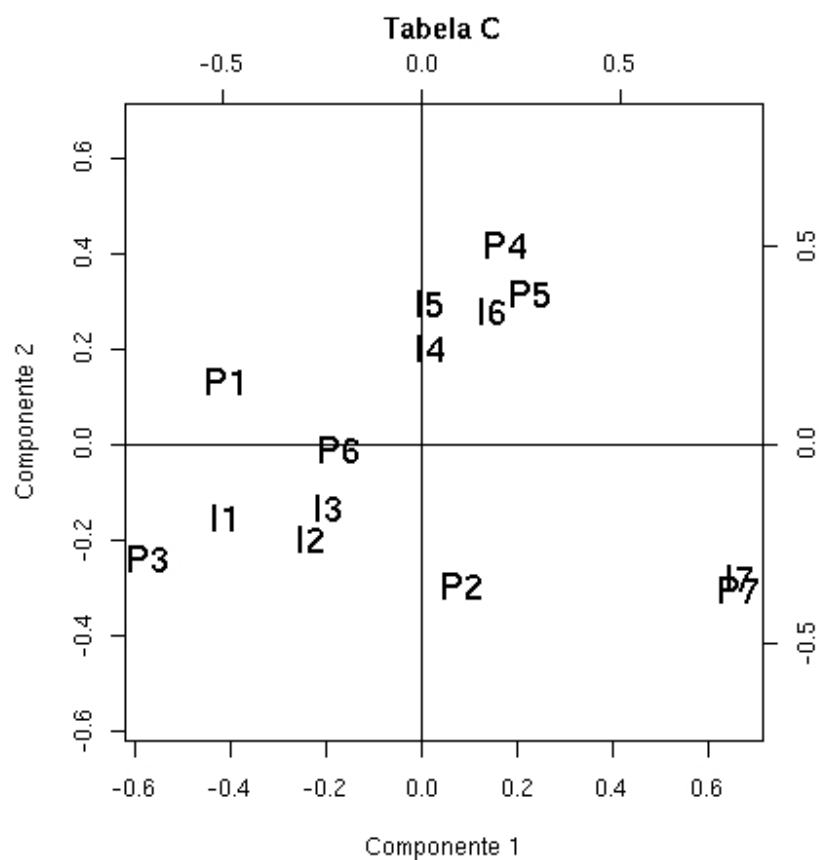


Figura 3.8 – Oportunidades da demanda.

Duas distintas respostas surgem neste resultado, ao registrar que as duas maiores oportunidades do briquete no mercado, são os muitos tipos de compradores, assim como a redução do desmatamento. A primeira está ligada à competitividade comercial e a segunda à consciência ambiental. Confirmando a revisão da literatura ao indiciar que o briquete é um produto ecológico.

Tabela 3.20 – Associação entre perguntas e importância das Ameaças da demanda

Nº	Pergunta	Correspondência
1	P3 – Frete caro de entrega	I3, I1, I2
2	P6 – Falta distribuição do briquete	I2, I3

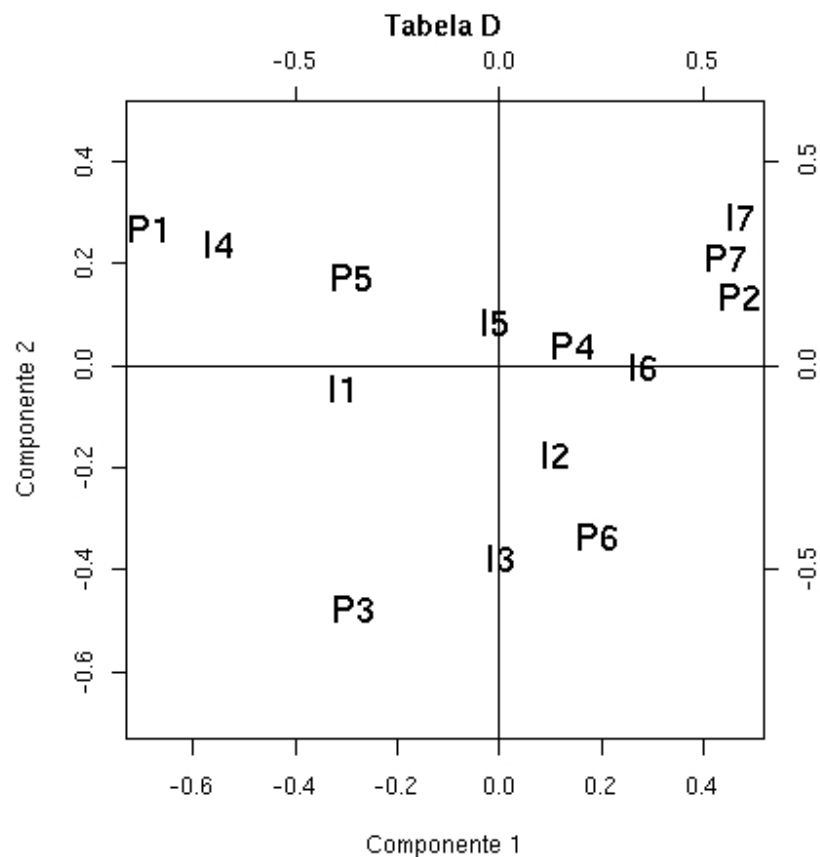


Figura 3.9 – Ameaças da demanda.

As duas mais importantes respostas das Ameaças da demanda são assemelhadas. Tratam do frete caro de entrega e da falta de distribuição do produto no mercado. Como o Brasil tem distâncias continentais expressivas e o produto sem valor agregado, então o frete é fator limitante para o seu preço ser competitivo.

3.2.4.3 Discussão interativa dos resultados entre as Perguntas Abertas e o *SWOT Analysis*.

Os resultados obtidos nas Tabelas 3.17 a 3.20 endossam os resultados anteriores e a revisão da literatura para peletes e briquete. Ou seja, a alternativa óbvia de que a maior venda de briquete é proporcional à elevação dos preços das energias alternativas como a Suécia que tributou o petróleo importado da Rússia abrindo espaço para o mercado de briquete e pelete (Persson, 2006). A oferta é penalizada pelos custos de entrega do produto ao cliente confirmando a literatura consultada (Hirsmark, 2002; Alakangas, 2002; Thek; Obernberger, 2002; Celiktas; Kocar 2006). A redução sazonal dos preços dos combustíveis concorrentes é uma ameaça ao

briquete. Uma discussão que se faz destes resultados obtidos é que o preço do briquete e das alternativas concorrentes é que fazem a decisória de compra na sua maioria e, não, o aspecto ambiental; ou seja, que para haver maior venda de briquete, a ferramenta é a redução do custo de produção e de preço final posto-cliente.

A Tabela 3.21 mostra uma comparação do Método *SWOT Analysis* para o Modo Valoração A e Modo de Análise de Correspondência B. Nela, é observada uma correlação entre os resultados obtidos para métodos diferentes e induzindo a se acreditar que os resultados e interações sejam semelhantes.

Tabela 3.21 – Comparação do Modo Valoração, Modo Análise de Correspondência e Interação

SWOT Analysis	Modo Valoração-A	Modo Análise de correspondência-B	Interação dos dois Modos
Fortes1	Gera elevado calor de forma rápida	Gera elevado calor de forma rápida	A qualidade e a quantidade da energia do briquete são os fatores mais importantes
Fortes2	Tem maior poder calorífico que a lenha, pela baixa umidade	Tem maior poder calorífico que a lenha, pela baixa umidade	
Fracos1	Elevado preço para frete de entrega	Elevado preço para frete de entrega	Frete caro da entrega do briquete e vulnerabilidade à umidade são os mais importantes
Fracos 2	Necessita de armazenamento em lugar coberto	Produto muito vulnerável á umidade	
Oportun1	Muitos usos como fornalhas, caldeiras, padarias, lareiras, pizzarias e churrascarias	Muitos usos como fornalhas, caldeiras, padarias, lareiras, pizzarias e churrascarias	Muitos usos do briquete favorecem a sua expansão
Oportun2	Maior venda de briquete quanto mais cara for a lenha	Redução do desmatamento de florestas nativas	
Ameaças1	Elevado preço dos fretes de produtos e matérias-primas	Elevado preço dos fretes de produtos e matérias-primas	Ausência de boa distribuição e frete caro da entrega são as maiores ameaças
Ameaças2	Consumidor compra preço e, não, a energia contida no briquete	Ausência de uma rede de distribuição	

Fortes=Pontos Fortes da oferta; Fracos=Pontos Fracos da oferta; Oportun=Oportunidades da demanda; Ameaças=Ameaças da demanda.

1 e 2=Os dois fatores mais importantes citados pelos respondentes entre as sete alternativas em cada quadrante.

A Tabela 3.22 adiante mostra uma equivalência significativa entre as respostas dadas por dois diferentes métodos e apresentação de respostas.

Tabela 3.22 – Comparação dos resultados ente Perguntas Abertas (Tabela 3.13) e *SWOT Analysis* (Tabela 3.15)

Perguntas Abertas	<i>SWOT Analysis</i>
<p>Pontos Fortes da oferta: 1^o – Gera elevado calor de forma rápida 2^o – Tem maior poder calorífico que a lenha</p>	<p>Pontos fortes da oferta A qualidade e a quantidade da energia do briquete são os fatores mais importantes.</p>
<p>Pontos fracos da oferta: 1^o – Elevado preço do frete de entrega 2^o – Necessidade de armazenar em lugar coberto</p>	<p>Pontos fracos da oferta: Frete caro da entrega do briquete e vulnerabilidade à umidade são os mais importantes.</p>
<p>Oportunidades da demanda: 1^o – Muitos usos para o briquete 2^o – Maior venda de briquete quanto mais cara for a lenha</p>	<p>Oportunidades da demanda: Muitos usos do briquete favorecem a sua expansão.</p>
<p>Ameaças da demanda: 1^o – Elevado frete da matéria – prima e do briquete 2^o – Consumidor compra preço e, não, energia</p>	<p>Ameaças da demanda: Ausência de boa distribuição e frete caro da entrega são as maiores ameaças</p>

A primeira, uma pesquisa de mercado com Perguntas Abertas em que o entrevistado respondeu aquilo que tinha mais em mente, sem indução a nenhuma resposta. E para diferentes segmentos de mercado investigados, desde um grande industrial consumidor de briquete, passando por um professor universitário, até o dono de padaria.

Nos Pontos Fortes da oferta e para os três modelos usados, a variável caloria do briquete aparece como a mais relevante e deverá ser otimizada em todas atividades industriais ou comerciais de que trata o briquete de madeira.

Nos Pontos Fracos da oferta e para os três modelos usados, as variáveis preço do transporte e vulnerabilidade à umidade, aparecem como relevantes. Depreende-se disto que as pessoas e os mercados envolvidos com o briquete usado como biocombustível sólido, devem criar condições para minimizar estes dois fatores.

Da mesma forma, a oportunidade que o mercado oferece aos produtores e consumidores de briquete para os três métodos adotados, é o fato de ele poder ser usado em muitos tipos de segmentos e usos, como calor e potência, seja em fornalhas, caldeiras, co-geração, aquecimento doméstico, calor em empresas alimentícias como pizzarias, restaurantes, churrascarias e fornos em geral. Isto confirma a revisão da literatura ao afirmar que os mercados mais exigentes são padarias, pizzarias, motéis e hotéis.

Finalmente, as Ameaças da demanda mostradas nos três métodos aparecem como problemas associados à distribuição do briquete, seja ele frete caro ou a logística do preço FOB (*free on board*) e preço CIF (*cost, insurance, freight*).

Por outro lado, as respostas do *SWOT Analysis*, tiveram Perguntas Fechadas para serem assinaladas opcionalmente pelo grau de percepção por importância para cada uma. Ainda, registra-se o valor das respostas quando as feitas pela *SWOT Analysis* realizada por dois modos de avaliação. Os dois modos mostram valores assemelhados usando formas diferentes de metodologia, como seja o da Valoração e da Análise de Correspondência. Este último por sua vez passou pelo crivo da significância estatística de correspondência dos resultados com um valor máximo de 2,5% de probabilidade.

Este desenvolvimento teórico diferenciado para o *SWOT Analysis* foi uma nova modalidade de investigação científica para pesquisa de mercado. Tanto para a valoração das perguntas assim como a introdução da Análise de Correspondência. Com isto, acredita-se que esta contribuição seja uma nova fronteira na investigação para *surveys* de Pesquisa Qualitativa de Mercado.

Uma discussão é feita sobre três correspondências mais relevantes:

a) Boa geração de calor

A primeira função do consumidor é dispor de energia para a demanda de calor já que o briquete é um combustível sólido. Isto fica claro nas correspondências da Tabela 3.17 revelada pelas duas respostas e onde as demais cinco estão num plano complementar. Autores como

Goldemberg (1998), BEN (2007), Alakangas (2005) e Vinterback (2006) deixam bem clara esta questão da energia calórica (Hillring, 1997).

b) Muitos usos em muitos tipos de consumidores

A percepção comercial dos respondentes da multiplicidade de nichos de mercado é uma Oportunidade da demanda, pois todos os fornos e fornalhas tanto para calor, vapor ou geração terméletrica abrem portas para a venda de briquete.

Assim, pode-se inferir que o potencial de mercado é representativo para o briquete no Brasil, faltando ainda o fator tempo para que haja um *mind sharing* (nível de determinado conhecimento ou percepção na mente de cada indivíduo e para cada tema em particular; ao pé da letra, fatia da mente) coletivo de compra e conscientização deste novo produto. Toda tecnologia revivida para se consagrar, precisa de tempo, mesmo porque o crescimento da biomassa substituindo o petróleo como na Suécia, é um fenômeno lento, complexo exigindo consenso da sociedade (Vinterback, 2000 e Persson, 2006).

c) Frete caro de entrega

Zakrisson (2002), Thek; Obernberger (2002), Hirsmark (2002); Alakangas (2002, 2005) registram que o frete é um dos fatores mais pesados na composição dos custos da fabricação do pelete/briquete. Ao contrário de toda a Europa que é uma região apenas pouco maior que o Brasil, então é de se inferir que o frete do briquete aos consumidores num país de distâncias continentais expressivas, tenha este agravante. Isto induz a se pensar que as indústrias de briquetagem precisam fazer estudos logísticos para saber o ponto ideal de custos e distâncias. Tanto do produto entregue, como da matéria-prima comprada de terceiros. Quando a usina de briquetagem é da própria serraria, então o custo do frete da matéria-prima é desprezível e o briquete se tornaria mais competitivo. Neste sentido, sabe-se que as serrarias estão no Estado do Pará e os mercados consumidores como da Grande São Paulo estão distantes desta região.

Estas questões ambientais e culturais do briquete são confirmadas nos Destaques (vide Tabela 3.11) colhidos dos entrevistados da pesquisa de mercado. De outro lado, Celiktas; Kocar (2006) na planilha *SWOT Analysis* (vide Tabela 3.9) apresentada para os Pontos Fortes da

oferta, registram seis itens entre dez ligados ao meio ambiente. Eles são: poucas emissões e odores na queima, ausência de descartes químicos ou físicos, não afeta o solo agrícola, aspectos ambientais, pouca poeira e cinza, uso amigável. Poderia ser um indicativo que na Europa a consciência ambiental é maior do que no Brasil.

Em função destes fatos, é importante discutir a respeito da sociedade onde o briquete está inserido, seja pelo fator energia, seu foco principal, assim como o ambiental. Para que isto se transforme em realidade, as políticas públicas devem ser organizadas e implantadas no sentido de fazer valer os benefícios dele para a sociedade. Entre algumas políticas públicas que poderiam ser desenvolvidas encontram-se as seguintes e como fruto destas discussões e resultados desta estudo: 1) Criação de uma legislação que incentive e privilegie a biomassa madeireira do briquete como biocombustível sólido no sentido de contribuir com a mitigação do efeito estufa gerado pelos combustíveis fósseis, 2) Criação de Normas Brasileiras para briquete pela ABNT, no sentido de estabelecer normas técnicas, comerciais inclusive de exportação, 3) Criação de uma legislação de desenvolvimento regional, pela qual, nos pólos madeireiros, seriam criados empregos e renda da atividade industrial da briquetagem, 4) Incentivos fiscais para as indústrias de briquetagem crescerem e competirem bem nesta fase inicial com mercados organizados como do petróleo, eletricidade e gás natural, 5) Desenvolvimento de convênios com centros de tecnologia junto a grupos empresariais da biomassa inclusive junto às universidades do Brasil e Exterior. Isto geraria adequadas tecnologias aos problemas brasileiros, formação de especialistas e criação de *know how* para a briquetagem.

3.2.5 Conclusões

A análise e a discussão dos resultados permitiram apresentar as seguintes conclusões:

3.2.5.1 Pesquisa de mercado qualitativa com Perguntas Abertas para caracterizar de forma preliminar como se comporta o mercado de briquete:

Os maiores benefícios do briquete são que eles têm uma boa qualidade energética, é um produto ecológico e que oferecem um bom manuseio, transporte e armazenamento.

Os maiores problemas do briquete são que eles têm baixa qualidade por quebrar com facilidade, ser caro e vulnerável à umidade.

Os melhores mercados para o briquete de madeira são as agroindústrias e os setores de alimentação como panificadoras, restaurantes e pizzarias.

A sugestão para reduzir os custos de produção e os preços de venda, é ter uma distribuição mais competente.

A ausência de leis, normas e legislação em geral não prejudica o desenvolvimento do briquete no mercado.

A variável que facilita o comércio do briquete é a sua condição de ser um biocombustível.

3.2.5.2 Investigação dos Pontos Fortes e Fracos da oferta, assim como as Oportunidades e Ameaças da demanda

Os mais importantes Pontos Fortes da Oferta são a qualidade e a quantidade de energia contida no briquete.

Os mais importantes Pontos Fracos da Oferta são o elevado valor para o transporte do briquete, assim como a vulnerabilidade à umidade.

A mais importante Oportunidade do mercado para o briquete são os múltiplos e possíveis usos do produto.

As mais importantes Ameaças do mercado são o transporte caro de entrega e a falta de um moderno sistema de distribuição.

3.2.5.3 Sugestões para o crescimento da demanda do briquete no Brasil:

Deverá haver redução dos custos de transporte da matéria-prima e do produto acabado para aumentar a demanda de briquete no Brasil.

A qualidade do briquete deverá melhorar, pois ele quebra, esfarela, não existe padronização, nem análises do produto registradas nas embalagens.

A demanda do briquete de madeira pode crescer no mercado por se tratar de biocombustível sólido de bom valor energético e com apelo ambiental.

O mercado do briquete é emergente, não-organizado e sofre concorrência da eletricidade, GLP ou derivados do petróleo.

Estudos técnico-econômicos de briquetagem e de peletização deverão ser feitos para investigar a qualidade e o custo do produto tanto para consumo interno como para exportação.

É sugerido à ABNT a criação de Normas induzindo à criação de um selo de garantia para o briquete, assim como renúncia fiscal para as indústrias de briquete no Brasil como incentivo de política pública.

É proposto ao IBAMA a modernização de portarias, Normas que contribuam com a legislação, assim como o Ministério de Minas e Energia (MME) a coordenação de estatísticas de briquete no Brasil.

3.2.6 Referências

AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. **Pesquisa de Marketing**. Ed. Atlas. São Paulo. 2001.

AGRESTI, A. **Categorical data Analysis**. John Willey & Sons. New York. 1990.

ALAKANGAS, E. **Bionergy in Finland**. IN: International Training Programme - Wood fuel production for small scale and district heating plants. Joensuu, Finland. 2005.

ALAKANGAS, E. **Wood pellets in Finland** -Technology, economy and market. OPET 5. VTT-Technical Research Centre of Finland. Jyvaskyla. 2002.

BEN-**Balanco Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2007.

BJERG, J. **Pellets for Europe-barriers and perspective for increased market penetration**. Proceedings 2th World Conference on Pellets. p 1811 - 1812. Ed. SVEBIO. Jonkoping. 2006.

BOYD, H.; WESTFALL, R. **Pesquisa Mercadológica**. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro. 1964.

CARVALHO, J. R. P.; VIEIRA, S. R.; MORAN, R. C. C. P. **Como avaliar similaridades entre mapas de produtividade**. Relatório técnico 10. Embrapa. Campinas. 2001.

CELIK TAS, M.; KOCAR, G. **A perspective on pellet manufacturing in Turkey with a SWOT Analysis**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO Jonkoping. 2006.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. John Willey & Sons. New York. 1980.

CZERMAINSKI, A. **Análise de Correspondência**. Seminário apresentado na Disciplina de Análise Multivariada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Universidade de São Paulo. Junho. Piracicaba. 2004.

EVERIT, B. S. **Analysis of contingency Tables**. Ed. Chapman & Hall. London. 1992.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Ed. Edusp. 234 p. São Paulo. 1998.

GORE, A. **Uma verdade inconveniente**. Ed. Manole. Barueri-SP. 2006.

GUEDES, T. A.; IVANQUI, I. L. **Aspecto da seleção de variáveis na Análise de Correspondência**. Atas da Conferencia Internacional "Experiências e Expectativas do Ensino de Estatística - Desafios para o século XXI". Florianópolis. 1999.

HAIR, J. F. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Ed. Bookman. São Paulo. 2005.

HILLRING, B. **Price trends in the swedish wood fuel market**. Biomass and Bioenergy, v 12, n 1, p 41-51. 1997.

HIRSMARK, J. **Densified Biomass Fuels in Sweden**. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change-**Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Summary for Policymakers**. Geneve. Switzerland. 2007.

LIGHT SWEET CRUDE OIL. Disponível em: <<http://www.nymex.com>>. Acesso em: 16 mai 2008.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. Ed. Bookman. Porto Alegre. 2006.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia-Brasil. **Grupos de Agronegócio elevam apostas na lenha**. Pub. Agência MCT. 22.02.2006. Brasília. 2006.

O PREÇO DO PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.abin.gov.br>>. Acesso em: fev/mar 2008.

PEREIRA, M. **Prevenção e manutenção de máquinas na Eco Industrial**. Trabalho de Graduação. Faculdade do Instituto Brasil. Anápolis. 2006.

PERSSON, G. **Speech at World Bioenergy 2006**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO. Jonkoping. 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-0, URL <http://www.R-project.org>. 2007.

TAGLIACARNE, G. **Pesquisa de Mercado-Técnica e Prática**. Ed. Atlas. São Paulo. 2006.

THEK, G.; OBERNBERGER, I. **Wood pellet production costs under austrian and comparison to swedish framework conditions**. Proceedings of the 1st Conference on Pellets. Stockholm, Sweden. 2002.

VINTERBACK, J. **Wood pellet use in Sweden: a system approach to the residential sector**. Doctoral Thesis. Silvestria 152. Swedish University of Agricultural Sciences- Dpt. of Forest Management and Products. Uppsala. 2000.

VINTERBACK, J. **New technologies for production of (wood chips and) pellets**. World Bioenergy & Pellets. Ed. Svebio. Stockholm. 2006.

YAGY, K. **Economics and a policy option of wood pellet fuel in Japan**. Journal of the Japan Institute of Energy. V 85, n 6, p 451-460. 2006.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 20

CAPÍTULO 4

4 DISCUSSÃO INTERATIVA E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conforme registrado na Introdução Geral, é necessária uma Discussão Interativa entre os diversos e complexos temas abordados neste trabalho, assim como a construção de Considerações Gerais capazes de consolidar as discussões anteriores e permitir conclusões consistentes, pois este é um estudo basicamente observacional e mais qualitativo. Por se tratar de assunto pouco conhecido no Brasil e no mundo dentro de um formato científico, interações e considerações são necessárias e suficientes para concluir dados pesquisados e sugerir caminhos para os pesquisadores do porvir trabalhando com briquete de madeira.

Assim, são tratados de forma integrada, temas como energia, tecnologia, mercado, economia, informação, marco legal, meio ambiente e propostas de novos Doutorados.

4.1 TECNOLOGIA DO BRIQUETE E DA BRIQUETAGEM

Os resultados básicos de tecnologia encontrados nesta investigação estão sintetizados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1- Características técnicas encontradas nos ensaios para o briquete de madeira

Item	Especificações
Umidade do briquete	12,9% bu
Dimensão do briquete	Ø85mm x 300mm e Ø95mm x 300mm
Densidade aparente do briquete	1042 kg/m ³ (Ø85mm) e 1080 kg/m ³ (Ø95mm)
Densidade a granel do briquete	692 kg/m ³
Poder Calorífico Superior	4389 kcal/kg ou 18,37 MJ/kg
Poder Calorífico Útil	3463 kcal/kg ou 14,49 MJ/kg
Teor de cinzas	1,99%
Granulometria da matéria-prima	48,04% menor que 0,84mm 15,57% maior de 3,35mm (maravalha) 36,39% entre 0,8mm e 3,35mm
Resistência mecânica estática	(3,84 MPa=Ø85mm) e (3,23MPa= Ø95mm)
Resistência mecânica dinâmica- % de inteiros maiores de 5 cm após 7 arremessos	89,62% para saco arrumado 70,55% para saco a granel
Densidade energética briquete sólido	15,36 GJ/m ³
Densidade energética a granel	10,03 GJ/m ³
Tensão de compactação da briquetagem	24,73MPa = Ø85mm e 14,1MPa = Ø95mm
Carga de impacto do pistão da briquetadeira	14,31 tf = Ø85mm e 10,19 tf = Ø95mm
Demanda energética relativa de fabricação	10,8 %
Demanda total de energia para fabricar o briquete	435 kWh/t

Não existe padronização do briquete no Brasil; no entanto, na Europa, já existem normas regionais conforme mostram as Tabelas 4.2. e 4.3. Como a DIN 51731 da Alemanha, a

ONORM M 1735 da Áustria, a SS 18 71 20 (Hahn, 2004) e a SS 18 71 21 (Hirsmark, 2002) da Suécia para briquetes de madeira.

Tabela 4.2- Norma sueca SS 18 71 20 para especificação de peletes de madeira (Hahn, 2004)

Propriedade	Unidade	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dimensões	mm	-	-	-
Densidade a granel	Kg/m ³	>600	>500	>500
Poder Calorífico	MJ/kg	≥16,9	≥16,9	≥15,1
Útil	kWh/kg	≥ 4,7	≥ 4,7	≥ 4,2
Teor de cinza	% MS	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 1,5
Teor de umidade	% bu	≤ 10	≤ 10	≤ 12
Teor de enxofre	% MS	≤ 0,08	≤ 0,08	-
Cloretos	% MS	≤ 0,03	≤ 0,03	-

Tabela 4.3- Norma sueca SS 18 71 21 para especificação de briquetes de madeira (Hirsmark, 2002).

Propriedade	Unidade	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dimensões- Ø	mm	min 25	min 25	min 25
Dimensões-comprimento	mm	máx 300	máx 100	
Densidade a granel	Kg/m ³	> 550	> 450	> 450
Durabilidade	Massa % de finos <15 mm	≤ 8	≤ 10	> 10
Poder Calorífico Útil	MJ/kg	≥ 16,2	≥ 16,2	-
Teor de cinza	% MS	≤ 1,5	≤ 1,5	-
Teor de umidade	% bu	≤ 12	≤ 12	≤ 15
Teor de enxofre	% MS	≤ 0,08	≤ 0,08	-
Cloretos	% MS	≤ 0,03	≤ 0,03	-

Ainda em final de estudos, a Comunidade Européia e conforme Alakangas *et al* (2006) e European pellet centre (2007) por meio do CEN-Comitê Europeu de Normalização-CEN/TC 335 (CEN/TC 335-Standards under development, 2008), está preparando 30 especificações para biocombustíveis sólidos. Basicamente para briquetes e peletes de madeira a ser adotado pelos países europeus que mais produzem e consomem como Suécia, Finlândia, Alemanha, Dinamarca, Polônia, Itália, Áustria, Espanha e França. Ainda mais recentemente em 2008, a International Standard Organization (ISO) instalou em 21 de maio de 2008, um primeiro comitê junto ao CEN (Comité Européen de Normalisation) para criar uma norma mundial para biocombustíveis sólidos denominado ISO/TC 238-Solid biofuels, com sede em Stockholm (CEN/TC 335-Standards under development, 2008; SIS projects, 2008).

A Norma austríaca ONORM M 1735 (Hahn, 2004) para briquetes mostra que as dimensões devem estar entre 20 mm e 120 mm de diâmetro e um máximo de 400 mm de comprimento. Já

os norte-americanos conforme Aruna (1997) ao estudar o mercado europeu para exportar peletes de madeira, registra que existem problemas de exportação, pois os EUA não aderiram aos acordos internacionais de comércio para biocombustíveis sólidos.

Comparando as Tabelas 4.2. e 4.3., os resultados obtidos nesta pesquisa frente à norma sueca e à austríaca, mostram que os briquetes estudados têm dimensões dentro do padrão; densidade a granel em nível 1; Poder Calorífico Útil em nível 3; teor de cinza além do tolerável mesmo para o nível 3; teor de umidade em nível 3; teor de enxofre e cloretos sem dados.

Considerando três arremessos no Teste de Arremesso citados na Tabela 2.18, a porcentagem de finos é de 5,85% (100% - 94,15%) para sacos amarrados e de 19,37% (100% - 80,63%) para briquetes desarrumados. Isso significa que o briquete no saco arrumado está dentro do grupo 1, menor de 8% de finos da norma citada por Hirsmark (2002) e o saco a granel no grupo 3, maior de 10% de finos. Isso evidencia que o briquete nesta empresa mostrou um produto ainda sem atendimento à norma sueca o que poderia inviabilizar a sua exportação.

Outra fonte de resultados da qualidade do produto são as entrevistas pessoais de mercado feitas entre usuários e profissionais: 39,1% acreditam que o briquete é um produto de baixa qualidade, significando que o produto esfarela, quebra, desmancha com facilidade, tem matéria-prima ruim, gera lixo, produto sujo, não suporta frete longo, exige maior espaço para armazenamento, produz fumaça e gera poluição.

Estas percepções são distintas porque cada um dos respondentes tem os seus problemas particulares e pertence a segmentos diferentes, como seja: panificadoras sediadas no centro urbano e outros consumidores distantes como agroindústrias que usam o produto em fornalhas. No entanto, fica claro que o produto precisa melhorar para atender ao consumidor de maneira geral.

A lenha por ser sólida, demora para queimar gerando menor temperatura, enquanto que o briquete por se esfarelar tão logo esteja na fornalha, queima de forma rápida e eleva a temperatura e a pressão das caldeiras. Em função disto, alguns consumidores utilizam 60% de

lenha de eucalipto para maior tempo de combustão e 40% de briquete para atender à elevada temperatura e à queima rápida na geração de vapor.

A *SWOT Analysis* revela duas variantes relevantes que fazem do briquete um combustível viável em função das qualidades e características: geração de calor e a operacionalidade.

4.1.1 Geração de calor

A geração de calor é o maior benefício do briquete para 27,6% dos respondentes, sugerindo que o briquete tem rápido aquecimento e alta densidade energética. Nesta pesquisa, 47,4% dos respondentes afirmam que a maior facilidade para comercialização do briquete é o fator energia.

Embora no Brasil e também na Europa, o consumidor compre massa em forma de briquete e pelete, o que vale na realidade é a energia nele contida. A percepção dos consumidores nas respostas dadas nas entrevistas é de que a energia é o ponto mais relevante e embora não comprem ainda briquete nem pelete em termos de R\$/GJ como seria o correto. Respostas como rápida elevação da temperatura nas caldeiras, maior densidade energética para o transporte e armazenamento, assim como menos umidade que a lenha, são evidências desta percepção energética.

Uma informação da geração de calor nesta discussão diz respeito à indústria onde foram feitos os estudos e na qual foi instalado um sistema *on line* de monitoramento de temperatura para otimizar a secagem da serragem. Essa indústria estava com dificuldade de produzir um briquete com umidade de 9% base úmida. Esses registros aditivos de quatro meses não foram coletados de forma sistemática para este estudo, porém dão um indicativo das temperaturas de secagem da serragem conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4- Temperaturas no sistema de secagem da serragem.

Temperaturas °C	Produção briquete	Saída da fornalha	Entrada do secador	Saída do secador	Diferença
Faixas	Toneladas /hora	°C	°C	°C	°C
Baixa	2,0	400	300	45	255
Média	1,8	700	500	70	430
Alta	1,5	900	700	105	595

4.1.2 Operacional

A Pesquisa Qualitativa de Mercado mostra que o briquete de madeira é um produto mais fácil de manusear, transportar e armazenar que outros combustíveis, como a lenha, uma vez que o briquete vem em sacos arrumados em 35 kg ou em sacos desarrumados com 15 kg. Estes são lançados dentro da fornalha de forma rápida, fácil e segura, enquanto toras de eucalipto com 1 metro de comprimento são pesadas e têm dificuldade de manuseio (vide APÊNDICE A).

A carga de impacto dos sacos de briquete dentro de uma fornalha equivale a 0, 1174 kgf/mm² e de uma tora de eucalipto, de 2, 817 kgf/mm² (vide APÊNDICE A), justificando o fato das grelhas das fornalhas quebrarem quando se usa lenha dura, pesada e de alto impacto como a de eucalipto. No entanto, as grelhas das fornalhas não quebram quando abastecidas com briquetes ensacados.

4.2 CUSTO DE PRODUÇÃO E PREÇO DE VENDA DO PRODUTO.

Uma síntese dos preços e custos encontrados neste estudo estão na Tabela 4.5.

Tabela 4.5- Síntese de custos e preços do briquete de madeira obtidos neste trabalho.

Item	Valor R\$	Base	Valor - US\$(**)	Base
Preço de venda CIF do briquete	305/t	-	138,64/t	-
Custo total de produção CIF do briquete	265/t	-	120,45/t	-
Preço do kWh da fabricação	0,70/kWh	(305/435)	0,318/kWh	(138,64/435)
Custo do kWh da fabricação	0,61/kWh	(265/435)	0,277/kWh	(120,45/435)
Preço do GJ da fabricação	194,76/GJ	(305/1,566)	88,53/GJ	(138,64/1,566*)
Custo do GJ da fabricação	169,22/GJ	(265/1,566)	76,91/GJ	(120,45/1,566)
Preço de venda do GJ do briquete	21,03/GJ	(305/14,5/GJ/ t)	9,57/GJ	(138,64/14,49GJ)
Custo do GJ do briquete	18,27/GJ	(265/14,5GJ/ t)	8,31/GJ	(120,45/14,49GJ)
Preço do m ³ do briquete a granel	211,06/m ³	(305*0,69kg/m ³)	95,94/m ³	(138,64*0,69kg/m ³)
Custo do m ³ -briquete granel	183,38/m ³	(265*0,69kg/m ³)	83,35/m ³	(120,45*0,69kg/m ³)
Preço serragem na serraria	13,26/t	-	6,03/t	-
Lucro da venda do briquete	40/t	-	18,18/t	-

(*) 1kWh=3,6MJ (435kWh=1566 MJ ou 1,566 GJ) (**) taxa de conversão de R\$ 2,20 por US\$ 1,00

A receita bruta anual estimada da venda em varejo de 620 mil toneladas de briquete no Brasil em 2007 seria de R\$ 190 milhões (620 mil t a R\$305/t) (US\$ 86,4 milhões) (vide APÊNDICE L). Caso fossem aproveitados, apenas 40% de todos os descartes madeireiros para a produção de briquetes, ou 5,6 milhões de t (0,4 x 14 milhões de t/ano), a receita bruta anual seria de R\$ 1,7 bilhões (US\$ 772 milhões) (vide APÊNDICE B). Da mesma forma, a produção nacional

de briquetes é de 4,4% (0,62 milhões de t / 14 milhões de t ano) da produção total anual de descartes ligno-celulósicos (vide APÊNDICE B); ou seja, ainda existe teoricamente um potencial a explorar de 95,6% (100% - 4,4%) da produção de descartes, que geraria riqueza, desenvolvimento regional, emprego e renda.

O lucro líquido anual em uma indústria para 650 t/mês seria de R\$ 26 mil (650 t/mês x R\$ 40/t); ou para a produção anual brasileira de briquetes, de R\$ 24,8 milhões.

Um metro estéreo (st) de eucalipto em maio de 2007 com uma massa específica de 500 kg/m^3 tinha preço no mercado doméstico de Brasília-DF, R\$ 80/st ou R\$ 160/t. E uma tonelada de briquete R\$ 305/t. Acreditando-se que fosse esse o preço de equilíbrio de mercado na cidade de Brasília na época do estudo, por quais razões haveria esta diferença?

A primeira razão é que a umidade da lenha na época das chuvas é em média 30% e o briquete cerca de 10% ou menos, explicando que o briquete tenha maior densidade energética. A segunda, que o preço do frete do briquete é menor devido a sua maior densidade de $0,69 \text{ t/m}^3$, enquanto que a lenha pode ter 500 kg/m^3 . A terceira são outras vantagens discutidas anteriormente: temperatura mais rápida e elevada; fácil manuseio; não danifica as grelhas das fornalhas (vide APÊNDICE A); fácil armazenamento, não é convidativo para insetos ou ratos e demanda menos mão-de-obra (vide APÊNDICE E).

Segundo registros do CEPEA (2007), a lenha cortada e empilhada na margem da estrada no interior de São Paulo custava R\$ 45/metro estéreo (st) ou R\$ 90,00/t (densidade média de lenha de eucalipto 500 kg/m^3). Segundo dados de mercado atacadista, esta lenha com este preço na origem, chega ao consumidor final na cidade de São Paulo por um valor de R\$ 110/st ou R\$ 220/t de custo direto, portanto 144,4% mais caro devido ao transporte e lucro do atacadista. O briquete comercializado na Grande São Paulo tem um preço médio de mercado estimado no atacado de R\$ 270/t e no varejo de R\$ 350/t a R\$ 400/t (Biomassa e briquetes, 2007), o que torna o briquete competitivo frente à lenha neste cenário (vide APÊNDICE E).

Por outro lado, 71,4% dos respondentes afirmam que o aspecto ambientalista ajuda a vender o briquete e 76,2% dos compradores afirmam que o briquete é melhor que a lenha. Desta forma, existe uma evidência de que o briquete de madeira, por ser um produto menos conhecido pelos entrevistados, ainda não tem mercado organizado, de preços estáveis e operando num mercado de concorrência não-perfeita.

O mercado de briquete ainda não seria tomador de preço por causa disto. Cada região, produto, consumidor e economia local para o briquete têm preços e custos diferentes; daí acreditar-se nesta diversidade de informações, ora a favor da lenha e ora a favor do briquete.

No Brasil e Exterior, as informações existentes são privativas das indústrias e dos comerciantes. No entanto, algumas entidades classistas internacionais fazem registros de preços como na Europa, onde o pelete e o briquete já têm um mercado mais organizado. A Tabela 4.6 adiante mostra estes valores (European pellet centre, 2007).

Tabela 4.6- Preços dos peletes e briquetes na Europa 2004/2005= €/t

Preços de peletes e briquete na Europa-2004-2005-€/ton					
País/ano	sacos em supermercado	sacos em pallet	entrega menor 3 ton	entrega maior 3 ton	Média
Suécia/2005	225	209	157	151	185,5
Finlândia/2005	260	240	135	115	187,5
Dinamarca/2005	228	208	195	134	191,25
Inglaterra/2004	300	325	170	150	236,25
Áustria/2005	225	209	157	151	185,5
Polônia/2004	135	130	125	120	127,5
Média	228,83	220,17	156,50	136,83	185,58
Referência	167,24	160,91	114,38	100,00	

Fonte: European pellet centre (2007).

Observa-se pela Tabela 4.6 que a média geral, nos seis mercados de peletes e briquetes na Europa, considerando as quatro modalidades de venda e embalagem, é de R\$ 501/t (€ 185,58/t), sendo superior aos preços praticados no Brasil de R\$ 305/t (€ 113/t). No entanto, como os preços assumidos neste trabalho são para atacado em entregas maiores de três toneladas, o valor médio da Europa conforme a Tabela 4.6 é de R\$ 369,44/t (€ 136,83*2,7), o que se aproxima do valor levantado neste trabalho, de R\$ 305/t.

Ao considerar o preço de varejo praticado na Grande São Paulo em 2007, de R\$ 360/t (€ 133/t) (Biomassa e briquetes, 2007), os valores médios europeus tornam-se semelhantes. Assim, pode-se inferir que há possibilidade de exportação desde que sejam atendidas as exigências europeias de qualidade do produto, normas ambientais, legislação, taxas de câmbio aceitáveis e preço do frete Brasil-Europa.

Na Tabela 4.6, existe um fato comum no mercado que é a elevação do preço à medida que ele sai do atacado sendo vendido no varejo. Nesta Tabela, uma referência 100 em entregas maiores de três toneladas, o preço para entrega menor de três toneladas, se eleva em 14,38%.

Para vendas em supermercados em saquinhos tipo carvão de churrasco no Brasil, um aumento relativo de 67,24% em relação ao atacado maior de três toneladas em cada entrega. Isso evidencia um mercado versátil e diversificado, embora sem valor agregado já que é um combustível.

Nas médias gerais da Tabela 4.6 entre os grandes produtores de peletes/briquetes, como Suécia, Finlândia e Áustria, têm um preço equivalente de € 186/t (R\$ 502/t) e o maior preço registrado é na Inglaterra com € 236,25 (R\$ 637,87/t) (European pellet centre, 2007).

Os custos de produção neste trabalho e por ordem de importância são: 19% frete de entrega da matéria-prima; 12,7% frete de entrega do briquete ao cliente; 10,13% salários diretos; 7,7% manutenção e consertos das máquinas; 7,23% encargos de capital e 5,01% valor da matéria-prima colocada na serraria.

No mercado sueco, que é o maior em produção e em demanda interna com uma produção de 1,5 milhões de toneladas anuais de peletes, os quatro fatores do sucesso, conforme Hirsmark (2002) são o baixo custo de € 61/t (R\$ 164,7/t); a fartura e boa qualidade da serragem; a taxa de importação dos combustíveis fósseis da Rússia e um bom sistema de distribuição de calor nos distritos. Disto, infere-se que o pelete na Suécia seria viável não por um fato de concorrência perfeita, mas uma política pública protecionista.

A literatura registra ser o frete o mais elevado custo, limitando a atividade de briquetagem no Brasil e no mundo. Isto se deve ao fato da matéria-prima ser um descarte industrial, de baixa densidade e com longas distâncias para o transporte. Os autores em geral têm a praxe de considerar custo da matéria-prima, junto com o frete de entrega. Consideramos um erro atribuir custo de matéria-prima como transporte e, não, o valor como mercadoria.

Segundo informações dos fabricantes do Estado de Santa Catarina, o melhor briquete é produzido com maravalha de *Pinus sp* da indústria moveleira, a qual já vem seca e de granulometria uniforme (vide APÊNDICE L). O custo de produção encontrado nesse trabalho associado aos dados de mercado mostra que o briquete feito com maravalha teria um aumento de custo de 9,79% da matéria-prima colocada na fábrica conforme a Tabela 4.7. Quando se considera o custo total de fabricação do briquete feito com serragem comum e com maravalha, o aumento é de apenas 2,35%, pois passaria de R\$ 265/t (mais R\$ 6,23) para R\$ 271,23 conforme mostrado na Tabela 3.6 e na Tabela 4.7.

Tabela 4.7- Custo de produção do briquete pelo uso de melhor matéria-prima.

MP	Preço da MP R\$/m ³	Preço da MP R\$/t	Preço do Frete R\$/t	Preço CF R\$/t	Diferença R\$/t	Razão
Serragem	3,57	13,26	50,35	63,61	-	100,00.
Maravalha	5,26	19,49	50,35	69,84	6,23	109,79

Densidade da MP de 0,27t/m³ Diferença de preço da matéria-prima = R\$ 19,49/t - R\$ 13,26/t = R\$ 6,23/t
 Fonte: Dados desse trabalho e pesquisa junto ao mercado

Conforme mostra a Tabela 3.2, Zakrisson (2002) afirma que o custo da matéria-prima colocada na usina de peletização é 51,3% do custo industrial e neste estudo 24,01%, sendo 5,01% matéria-prima e frete 19%. Este autor mostra € 61/t para produzir pelete (R\$ 164,7/t) e com demanda de energia de 610kWh/t, resultando em um custo de produção de € 0,1/kWh (R\$ 0,27/kWh). Comparando os resultados encontrados neste trabalho R\$ 0,61/kWh, o custo é 2,26 vezes maior. Deve-se considerar que o custo citado por Zakrisson (2002) é colocado na fábrica e neste trabalho é colocado no cliente. O mesmo mostra que o custo de produção na Áustria é de € 0,2/kWh (R\$ 0,54/kWh), o dobro do custo sueco e bem próximo ao encontrado neste trabalho, de R\$ 0,61/kWh/t.

É considerada uma distorção quando pesquisadores calculam custos parciais de briquetadeiras e matéria-prima já transportada para a usina, em vez de contabilizar custos reais industriais. Na literatura, não são encontradas referências financeiras, encargos de capital, administração, riscos, tributos e terceirização no cálculo de custo de produção de briquete.

Esta falha é comum em toda literatura mundial, mesmo porque custos são segredos industriais. Por outro lado, este trabalho inclui todos os fatores de custo como encargos de capital, administração, distribuição e no valor final custo CIF de R\$ 265/t (€ 98,15/t) contra os da demanda num valor de compra de R\$ 305/t (€ 112,96/t). Resultando em um lucro líquido de R\$ 40/t (€ 14,81/t).

Em toda a literatura nacional e internacional consultada, não foi encontrado nenhum trabalho acadêmico referindo-se ao lucro da atividade. Isto permitiria refletir que trabalhos científicos, mesmo de mercado ou custos de briquete ou de pelete, são omissos quando se trata de comércio e sobrevivência das indústrias, uma vez que o lucro é que faz a usina continuar operando.

Conforme mostra a Tabela 4.5, o preço de venda da energia do briquete é de R\$ 21,03/GJ (US\$ 9,54/GJ). Junginger *et al* (2001) trabalhando com palhas de descartes agrícolas como de arroz, bagaço de cana e restos florestais na Tailândia, encontrou valores de US\$ 0,59/GJ a US\$ 2,58/GJ. Hillring (1998), US\$ 4/GJ, Mani *et al* (2005) entre US\$ 3,0/GJ e US\$ 3,8/GJ e Hillring e Vinterback (1998), de US\$ 11,2/GJ, entregue ao cliente final na Suécia com peletes ligno-celulósicos. Estes dados apresentados são díspares, devido às taxas de câmbio das moedas, tipo de produto adensado, condição comercial, tamanho do lote comercializado, eficiência técnico-econômica industrial, assim como se posto fábrica ou posto-cliente final, com ou sem impostos. Em uma apreciação geral, o preço da energia entre o encontrado e o revisto na literatura mostra que Suécia e Brasil estão próximos, pois são preços entregues ao cliente, respectivamente US\$ 11,2/GJ e US\$ 9,54/GJ (Vide APÊNDICES E e D).

4.3 AS QUESTÕES DE INFORMAÇÃO E DE LEIS ASSOCIADAS AO BRIQUETE.

Apesar de o briquete ter surgido oficialmente em 1848 quando William Easby recebeu a patente do seu invento (O processo de briquetagem, 2005), apenas a partir da crise do petróleo em 1973 conforme Celiktas; Kocar (2006) e com a elevação do seu preço, é que ele se tornou uma alternativa economicamente viável aos combustíveis fósseis (Supple; Danielson, 2006).

Em função desta condição, acredita-se que ele não seja tão conhecido como mostra a pesquisa deste trabalho. Nela, 45,8% das pessoas acreditam que o uso do briquete não se desenvolveu por falta de informação. As energias tradicionais como o GLP, a eletricidade e os derivados de petróleo já têm um mercado organizado e o briquete ainda não. Isto poderia ser uma justificativa da sua menor demanda.

Na pesquisa de mercado, 54,5% dos entrevistados afirmam que a falta de leis, normas ou regulamentos não prejudica o uso ou a comercialização do briquete de madeira, acreditando-se que este fato exista por ser tratar de um tema recente.

A Lei de Política Ambiental do Distrito Federal (Lei N° 041/1989) proíbe a poluição causada por emissões da queima de lenha ou de briquete principalmente nas panificadoras e outros estabelecimentos no Plano Piloto da cidade de Brasília, sugerindo o uso de filtros, GLP ou eletricidade para atenuar a poluição.

O uso do briquete, substituindo a lenha plantada ou a lenha dos desmatamentos ilegais e de menor preço, seria um fator de alívio antrópico sobre as matas, uma vez que a Lei 9605/98 e o Decreto 3179/99 (Lei dos Crimes Ambientais) (Ministério do Meio Ambiente, 1999) proíbem o desmatamento indiscriminado. Permitem, apenas, a retirada da lenha da mata sob determinadas condições, principalmente com a comprovação da origem e certificada por órgão oficial de competência ambiental.

Por outro lado e ligada ao Código Florestal, a Lei 7803 de 18 de junho de 1989 revoga as antigas Leis 7511 de 7 de julho de 1986 e a Lei 6535 de 15 de junho de 1978. Nela, são

tratados temas de reserva legal, atribuições do IBAMA, competências, exploração, reposição e manejo florestal, além de registro com motosserras.

Neste sentido, o uso do briquete estaria associado ao não-uso da lenha de desmatamento. Os registros de mercado do ano de 2006 mostram que em determinada época, o briquete de madeira estava em R\$ 305/t, a lenha de eucalipto em R\$ 60/st (R\$ 150/t) ($\rho=0,4 \text{ t/m}^3$) e a lenha doméstica ou da mata em R\$ 35/st (R\$100/t) ($\rho=0,35 \text{ t/m}^3$). Isto gerou uma corrida em direção ao corte e venda de lenha nativa, causando desmatamento ilegal. Poder-se-ia inferir que o uso do briquete é um indutor ou alternativa legal à manutenção das matas nativas.

4.4 A QUESTÃO ENERGÉTICA

O briquete de madeira é um biocombustível sólido ligno-celulósico que vem crescendo no mercado, com apelo ambiental e que tem estimativas de mercado nacional não-oficiais de 620 mil toneladas produzidas por ano. Os dados deste trabalho mostram um PCS de 18,37 GJ/t e de PCU de 14,49 GJ/t, com uma elevada umidade de 12,9%. Considerando uma umidade ideal aceita de 10% e um PCU de 15 GJ/t, o total de energia da produção anual brasileira seria de 9,3 PJ. Disto, deduz-se que ainda poderiam ser aproveitados cerca de 95,6% (100% - 4,4%) dos descartes brasileiros para geração de energia.

A discussão energética que se faz é dos descartes madeireiros serem mais bem usados na fabricação de briquetes, do que serem transformados em carvão, serem queimados a céu aberto, lançados no meio ambiente e inaproveitados como tem sido no Brasil. Em uma época em que a demanda mundial por energia cresce rápido em países populosos e emergentes como China, Rússia e Índia, onde os recursos naturais diminuem e a população cresce, não faz sentido aproveitar mal os recursos energéticos da madeira. Estes poderiam atender às indústrias e às demandas energéticas das empresas de serviços, onde o briquete provou a sua adequação operacional e econômica.

A Figura 4.1 mostra que os preços do petróleo começaram a subir em 1973, tendo atingido um nível máximo em 2005. Este fato deu origem a uma corrida por energias alternativas comparadas ao caro petróleo e entre elas, a biomassa madeireira (Celiktas; Kocar, 2006;

Supple; Danielson, 2006). Já no final de março de 2008 e em maio de 2008 o preço do barril chegou a *recordes* históricos de US\$ 110 e US\$ 130 respectivamente (O preço do petróleo, 2008; Light sweet crude oil).

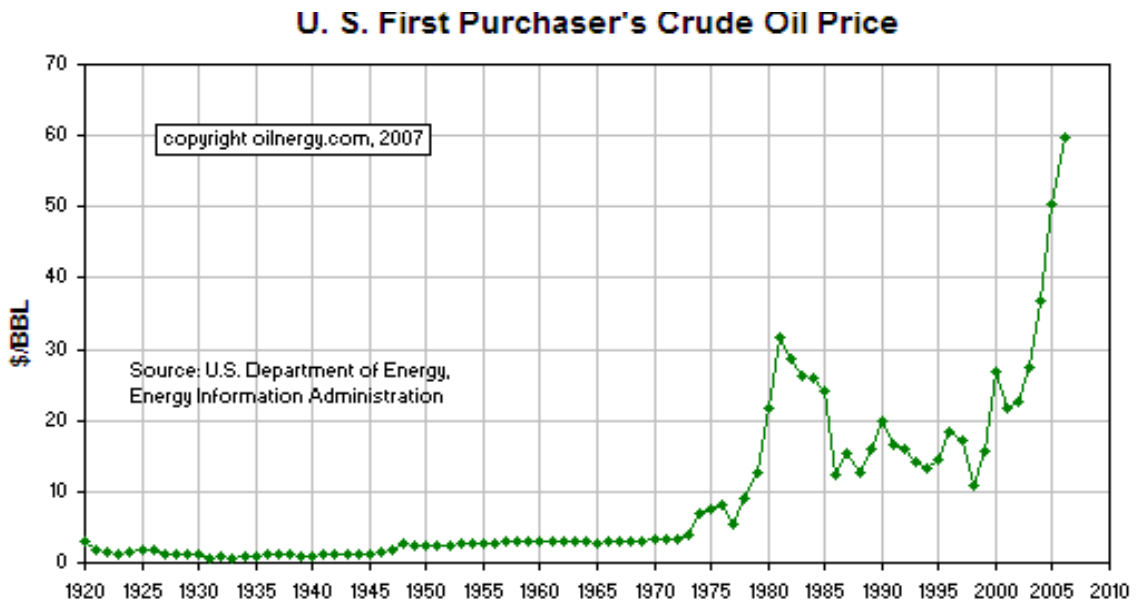


Figura 4.1- Evolução dos preços mundiais do barril do petróleo em 90 anos.

Fonte: Supple; Danielson (2006).

O Balanço Energético Nacional-BEN é um documento anual editado desde 1970, emitido pelo Ministério de Minas e Energia (BEN, 2007) com o objetivo de subsidiar a formulação de políticas energéticas, bem como orientar a definição dos planejamentos setoriais.

A Tabela 4.8 e as Figuras 4.2 a 4.5 a seguir apresentam dados da oferta e evolução da produção de energia no Brasil, conforme BEN (2007).

Tabela 4.8– Base de dados do Balanço Energético Nacional (1970 a 2007), em tep x 10³.

ANO	FONTES DE ENERGIA PRIMÁRIA							FONTES DE ENERGIA SECUNDÁRIA					
	Petroleo	Energia Hidráulica	Lenha	Canas de açúcar	Σ Lenha +Canas	Soma Parcial	TTL- Primária	Oleo Combustível	Elétrica	Carvão Vegetal	Alcool	Soma Parcial	TTL- Secundária
1970	25.664	3.422	31.852	3.601	35.453	64.539	67.323	6.600	3.410	1.590	310	11.910	30.312
1971	27.222	3.714	31.807	3.842	35.649	66.585	69.536	7.739	3.855	1.811	300	13.705	33.825
1972	32.473	4.357	32.143	4.298	36.441	73.271	76.341	8.540	4.284	2.099	370	15.293	38.243
1973	38.778	4.977	31.897	4.644	36.541	80.296	83.392	10.515	4.876	2.227	308	17.926	44.692
1974	41.479	5.646	32.599	4.619	37.218	84.343	87.756	11.950	5.445	2.777	288	20.460	49.998
1975	45.054	6.214	33.154	4.180	37.334	88.602	92.592	12.689	6.005	3.321	276	22.291	53.775
1976	47.755	7.128	31.882	4.748	36.630	91.513	96.052	14.579	6.815	3.013	254	24.661	58.974
1977	49.056	8.036	30.822	6.539	37.361	94.453	99.939	14.791	7.637	3.063	553	26.044	61.523
1978	54.692	8.833	29.794	7.322	37.116	100.641	106.793	16.015	8.514	3.135	994	28.658	67.380
1979	56.916	10.022	30.375	8.254	38.629	105.567	112.503	16.792	9.543	3.691	1.367	31.393	73.455
1980	55.627	11.082	31.083	9.301	40.384	107.093	114.785	16.210	10.548	4.272	1.673	32.703	73.575
1981	53.991	11.241	30.415	10.196	40.611	105.843	113.748	13.036	10.852	4.057	1.532	29.477	69.243
1982	53.537	12.133	29.109	12.140	41.249	106.919	116.681	12.226	11.483	4.156	2.133	29.998	71.714
1983	52.131	13.022	30.233	15.455	45.688	110.841	120.680	9.671	12.372	4.724	3.064	29.831	71.031
1984	55.555	14.321	33.340	16.793	50.133	120.009	132.248	8.505	13.755	5.902	3.795	31.957	74.637
1985	56.023	15.334	32.925	19.108	52.033	123.390	137.926	8.820	14.921	6.182	4.651	34.574	80.512
1986	59.687	15.682	32.766	17.257	50.023	125.392	140.807	9.003	16.082	6.524	5.973	37.582	86.789
1987	61.103	15.955	32.777	20.772	53.549	130.607	147.439	9.828	16.570	6.347	6.047	38.792	89.886
1988	60.985	17.115	32.565	19.032	51.597	129.697	146.274	9.951	17.529	6.759	6.368	40.607	93.255
1989	61.329	17.596	32.953	18.480	51.433	130.358	146.642	9.606	18.258	7.526	6.884	42.274	96.953
1990	60.459	17.770	28.537	18.451	46.988	125.217	141.324	9.709	18.711	6.137	6.346	40.903	95.114
1991	59.297	18.722	26.701	20.093	46.794	124.813	143.030	8.941	19.374	5.402	6.455	40.172	96.717
1992	60.812	19.200	25.089	20.064	45.153	125.165	142.511	9.568	19.813	4.961	6.329	40.671	98.247
1993	61.507	20.208	24.803	19.378	44.181	125.896	144.520	10.272	20.732	5.256	6.685	42.945	102.451
1994	62.986	20.864	24.858	21.905	46.763	130.613	150.440	10.524	21.474	5.333	7.182	44.513	107.294
1995	63.365	21.827	23.262	21.778	45.040	130.232	150.146	11.129	22.764	4.915	7.481	46.289	112.969
1996	69.164	22.847	21.971	23.397	45.368	137.379	157.752	12.047	23.871	4.554	7.729	48.201	118.862
1997	72.930	23.982	21.664	25.939	47.603	144.515	173.110	12.301	25.333	4.379	7.436	49.449	125.772
1998	78.783	25.056	21.264	25.155	46.419	150.258	176.955	11.997	26.394	3.986	7.389	49.766	128.749
1999	81.033	25.188	22.130	24.575	46.705	152.926	176.753	10.544	27.144	4.401	7.410	49.499	129.280
2000	81.989	26.168	23.058	19.895	42.953	151.110	180.340	9.500	28.510	4.814	6.457	49.281	131.990
2001	84.955	23.028	22.437	22.800	45.237	153.220	187.137	8.469	26.626	4.409	6.053	45.557	128.746
2002	83.618	24.594	23.636	25.272	48.908	157.120	194.377	8.239	27.884	4.615	6.557	47.295	129.760
2003	83.118	26.283	25.965	28.357	54.322	163.723	201.266	7.223	29.430	5.432	6.253	48.338	129.487
2004	87.566	27.589	28.178	29.637	57.815	172.970	216.215	6.431	30.923	6.353	6.961	50.668	135.306
2005	87.666	29.021	28.420	31.094	59.514	176.201	220.323	6.574	32.267	6.248	7.321	52.410	137.464
2006	88.125	29.913	27.964	35.177	63.141	181.179	225.832	5.891	33.506	6.083	6.982	52.462	139.901

Fonte: BEN (2007).

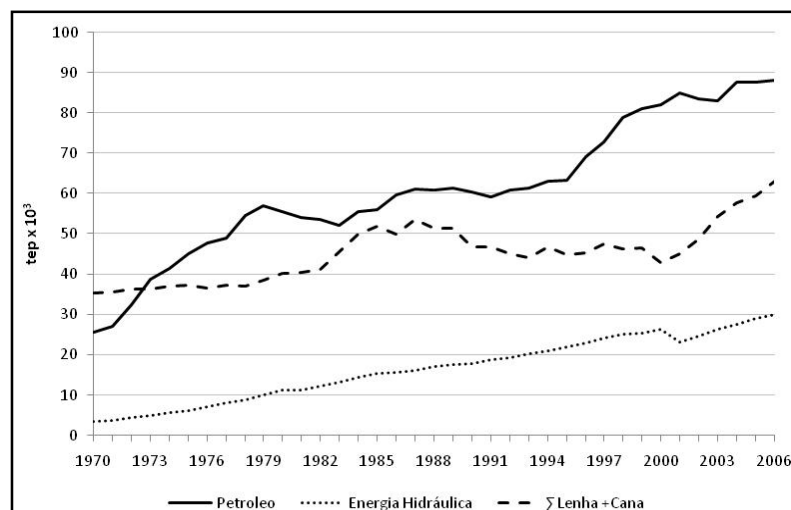


Figura 4.2– Evolução do petróleo, biomassa (lenha+cana) e energia hidráulica.

Fonte: BEN (2007).

A Figura 4.2 mostra uma superioridade da biomassa em relação à energia hidrelétrica, tendo a lenha+produtos da cana-de-açúcar mantido uma faixa mais ou menos constante ao longo dos 36 anos.

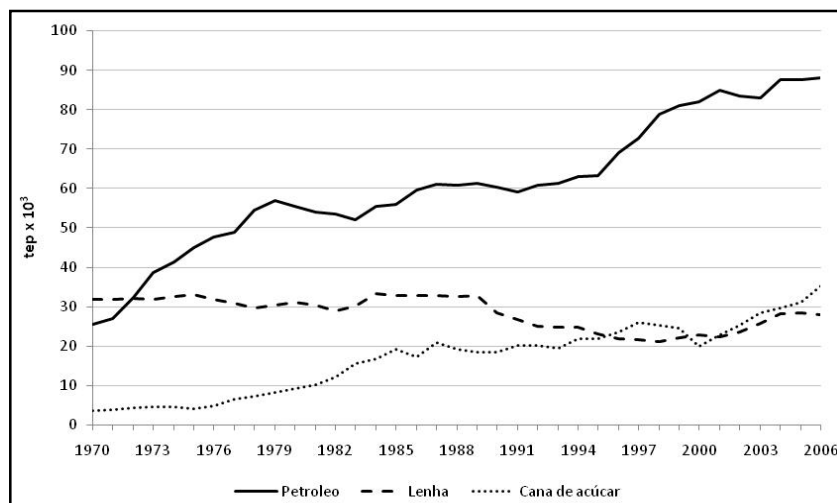


Figura 4.3– Evolução do petróleo, lenha e cana-de-açúcar. Fonte: BEN (2007).

A Figura 4.3 mostra que a cana-de-açúcar tem um crescimento constante ao longo de 36 anos, enquanto a lenha que era a energia líder em 1970 acima do petróleo, vem mantendo constante a demanda.

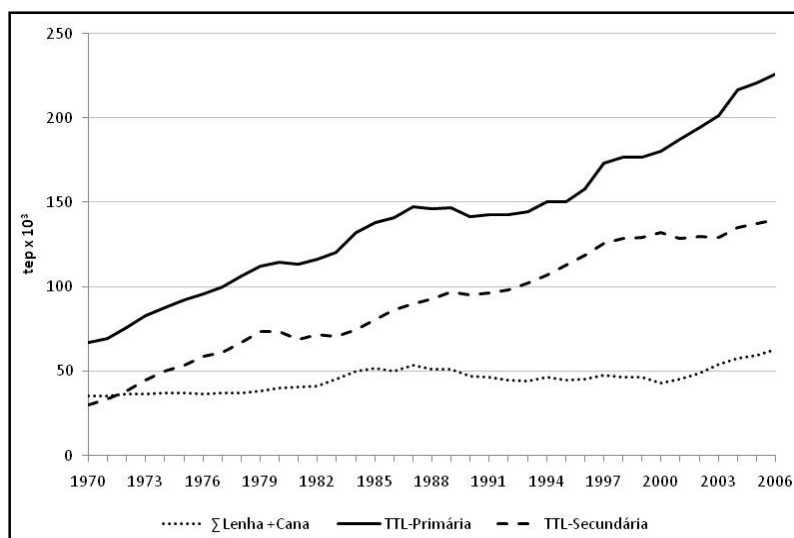


Figura 4.4 – Evolução da biomassa (lenha+cana-de-açúcar), energia primária e energia secundária. Fonte: BEN (2007)

A biomassa madeira, pelas características tecnológicas e comerciais discutidas neste trabalho, pode ser uma alternativa ao uso do petróleo e seus derivados.

Para superar mercados organizados como petróleo, eletricidade e energia nuclear, são necessários demanda, tempo, investimentos e competitividade. Acredita-se que o mercado de briquete vá se firmar ao longo do tempo como demonstra o Mercado Europeu que já em 2005, demandava cinco milhões de toneladas de peletes e briquetes em um valor anual de US\$ 700 milhões (Vinterback, 2006)

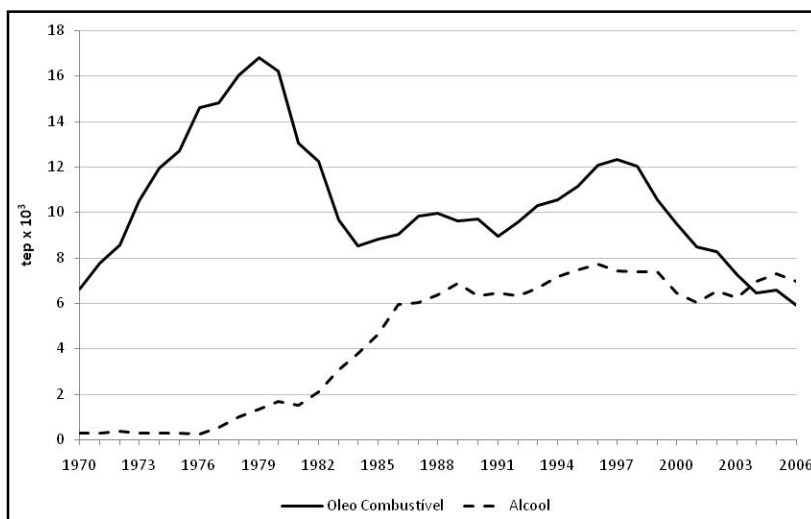


Figura 4.5- Evolução da produção do óleo combustível e do álcool.
Fonte: BEN (2007)

Já existem novas tecnologias bioenergéticas e em estudos, como a pirólise ultra-rápida de menos de 0,5 segundos em tempo de residência, para transformação de biomassa em bio óleo e gás. Entre elas as tecnologias Ultra Rápida e a BIG/GT de gaseificação (*Biomass Integrated-Gasifier/Gas turbine*) (Kingston, 2007; Bridgwater, 2007; Nogueira, 2000; Nystrom, 2004; Malmquist, 2006; Siemons, 2002; Larson; Williams (2001), Jossart, 2006; AEBIOM, 2006).

O uso da biomassa em geral e do briquete de madeira em particular para geração de eletricidade, é um tema importante desta Discussão Interativa. A biomassa atende aos requisitos como ter facilidade de uso, baixo preço da matéria-prima e ser ambientalmente limpa (Nogueira, 2000).

Nogueira (2000) afirma que há crescimento, potencial e interesse no desenvolvimento de plantas biotermelétricas devido à abundância de descartes florestais no Brasil e ao desenvolvimento de modernas tecnologias da pirólise rápida e ultra-rápida da biomassa, entre elas, as chamadas tipo *Flash*, em que as moléculas são quebradas, principalmente lignina, celulose e hemicelulose, gerando a futura combustão instantânea apenas dos seus monômeros.

Lugares afastados dos centros urbanos e ricos em matéria-prima madeireira podem gerar e vender eletricidade, por meio de co-geração e usando estas modernas técnicas de pirólise rápida (Silva; Rocha, 2006; Kingston, 2007; Bridgwater, 2007). Além disto e por meio de leilões públicos, a legislação permite a venda de energia elétrica da iniciativa privada e madeireira no mercado aberto (Unidade de Co-Geração Lages, 2008).

Independentemente destes números do Brasil, alguns países estão mudando o perfil da sua matriz energética baseada nos combustíveis fósseis e atômicos pela energia da biomassa. No caso particular da Suécia, a matriz da oferta energética para 2006 foi de 625 TWh, sendo 32,1% petróleo e seus derivados, 31% energia atômica, 18,5% de biocombustíveis, 9,9% hidroelétrica, 4,5% carvão mineral e o restante em energia de menor importância (ENERGY IN SWEDEN, 2007). Segundo esta mesma fonte, o governo sueco programou eliminar até 2020, o uso dos combustíveis derivados do petróleo.

Como o preço do petróleo atingiu valores extremos de US\$ 130/barril em maio de 2008, as energias alternativas têm uma grande chance de crescer. Alie-se a isto, a política do governo brasileiro tem incentivado o uso das energias alternativas (100 mil MW), entre elas as biomássicas e com recursos financeiros do PROINFA. Disso se infere que haverá crescimento da produção de briquetes de madeira nos próximos anos (vide APÊNDICES B, E e D).

4.5 SUGESTÕES PARA OUTRAS TESES DE DOUTORADO

Em função dos resultados deste trabalho, são apresentados a seguir alguns temas relevantes a serem desenvolvidos ligados a tecnologia, economia, energia do briquete e biomassas em geral para futuras Teses de Doutorado:

- 1 – Análise energética e econômica para a implantação de termelétricas de gaseificação, BIG/GT ou *Flash Pyrolysis* no Brasil usando briquetes e cavacos de madeira,
- 2 – Uma investigação e proposta de solução para os entraves à exportação de briquetes e peletes no Brasil,
- 3 – Análise logística da implantação de usinas de briquetagem considerando distâncias e custos de transporte da matéria-prima e do produto acabado,
- 4 – Uma análise no Balanço Energético Nacional visando a substituição parcial de energias fósseis pela energia da biomassa madeireira,
- 5 – Um estudo das cadeias produtivas que competem com os descartes madeireiros na fabricação do briquete,
- 6 – Uma investigação do Protocolo de Quioto e do IPCC na otimização energética-econômica-ambiental das energias biomássicas madeireiras,
- 7 – Precificação e custeio das energias biomássicas comparadas ao preço do óleo diesel, eletricidade, gás natural e GLP,
- 8 – Uma proposta de Normatização para o briquete de madeira para o Brasil,
- 9 – Um levantamento preliminar quali-quantitativo do briquete e da briquetagem de madeira no Brasil.

4.6 REFERÊNCIAS

- AEBIOM. **Third Conference-European Legislation to Promote Bioenergy**. Brussels. 2006.
- ALAKANGAS, E. **EUBIONET 2. CEN-Technical Specifications for solid biofuels-Fuel specifications and classes and fuel quality assurance**. Working Group 2, TC 335. Finland. 2006.
- ARUNA, P. B. *et al.* **An analysis of wood pellets for export: a case study of Sweden as an importer**. Forest Products Journal. June 1997; 47 ; 6; ABI/INFORM Global. pg 49. 1997.
- BEN-**Balanço Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2007.
- BIOMASSA E BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>>. Acesso em: 2007.
- BRIDGWATER, A. V. **Biomass Fast Pyrolysis**. Bioenergy Research Group. Aston University. Birmingham. United Kingdom. 2007.
- CELIK TAS, M.; KOCAR, G. **A perspective on pellet manufacturing in Turkey with a SWOT Analysis**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO Jonkoping. 2006.

CEN/TC 335-STANDARDS UNDER DEVELOPMENT. Disponível em: <<http://www.cen.eu/CENORM/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/WP.asp?param=19930&title=CEN%2FTC+335>>. Acesso em: 05 jun 2008).

CEPEA-**Relatório do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. Maio de 2007. N° 65. ESALQ. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2007.

ENERGY IN SWEDEN. **Swedish Energy Agency-Sweden's Energy Balance**. Stockholm. 2007.

EUROPEAN PELLETT CENTRE. Disponível em: <<http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878>>. Acesso em: 21 jun 2007.

HAHN, B. **Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets**. Pellets for Europe. UMBERA-Umweltorientierte Betriebsberatungs-Forschung und Entsorgung. Austria. 2004.

HILLRING, B.; VINTERBACK, J. **Wood pellets in the swedish residential market**. Forest Products Journal. May. 1998.

HILLRING, B. **Price trends in the swedish wood fuel market**. Biomass and Bioenergy, v 12, n 1, p 41-51. 1997.

HIRSMARK, J. **Densified Biomass Fuels in Sweden**. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

JOSSART, J. **Boosting Bioenergy in Europe**. European Biomass Association – AEBIOM. Belgium. 2006.

JUNGINGER, M.*et al.* **Fuel supply strategies for large-scale bio-energy projects in developing countries. Electricity generation from agricultural and forest residues in Northeastern Thailand**. Biomass and Bioenergy, 21(2001) p. 259-275.

KINGSTON, A. Bio-oil flash pyrolysis produces feedstock for synthetic diesel. Bio fuels journal. may / june. 2007.

LARSON, E.; WILLIAMS, R. **A review of biomass integrated-gasifier / gas turbine cycle technology and its application in sugar cane industries, with an analysis for Cuba**. Energy for Sustainable Development. V 5, N 1. 2001.

LIGHT SWEET CRUDE OIL. Disponível em: <<http://www.nymex.com>>. Acesso em: 16 mai 2008.

MALMQUIST, A. **Swedish micro-CHP solutions-externally fired microturbine system**. 2 World Conference on Pellets. Jonkoping. Sweden. 2006.

MANI, S.; SOKHANSANJ, S.; BI, X. **Modeling of biomass drying and densification processes**. 2005 ASAE Annual International Meeting. Paper N 056144. Tampa, Florida. 2005.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **A Lei dos Crimes Ambientais**. Brasília.1999.

NOGUEIRA, L. A. H. *et al.* **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações**. Ed. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 2000.

NYSTROM, K. **Market development and steering instruments for bioenergy in Europe**. European Biomass Association Congress. Utrecht. 2004.

O PREÇO DO PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.abin.gov.br>>. Acesso em: fev/mar 2008.

O PROCESSO DE BRIQUETAGEM. Disponível em: <<http://www.komarek.com.br/process/index.html>>. Acesso em: 27 set 2005.

SIEMONS, R. **A development perspective for biomass-fuelled electricity generation technologies-Economic technology assessment in view of sustainability**. PhD Thesis. Faculty of Economics and Econometrics. University of Amsterdam. 2002.

SILVA, M.V.M.; ROCHA B.R.P. Análise econômica de um gaseificador de 20 kW. Unicamp-Nipe. Campinas-SP. Agrener. 2006.

SIS PROJECTS. Disponível em: <<http://www.sis.se/defaultmain.aspx?tabid=741>>. Acesso em: 05 jun 2008.

SUPPLE, D.; DANIELSON, D. **World and U.S. Energy Overview**. Energy Club Discussion. Massachusetts Institute of Technology. USA. 2006.

UNIDADE DE CO-GERAÇÃO LAGES. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/modules/system/viewpage.asp?>>. Acesso em: 15 jan 2008.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 2002.

CAPÍTULO 5

5 IMPLICAÇÕES DESTE ESTUDO E CONCLUSÕES GERAIS

5.1 IMPLICAÇÕES DESTE ESTUDO

Este estudo sobre mercado e produção de briquete indica pontos importantes sobre custos, tecnologia, produção e análise mercadológica.

A produção brasileira de briquete responde às novas demandas de biocombustíveis sólidos, ainda que em pequena ordem de grandeza. Com novos investimentos, usinas maiores e mais eficientes nas regiões de grande produção de resíduos florestais e agrícolas e com uma solução para a equação logística, o Brasil tende a responder por uma parcela cada vez maior da produção e das exportações mundiais. Com isto, o mercado tende a expandir. Como ainda se vivencia um momento incipiente em que os descartes para produção se apresenta abundante do recurso madeira, isto explica o baixo grau tecnológico e de qualidade do produto, quando comparado com às normas internacionais.

O crescimento da produção interna é resultado principalmente do consumo em mercados de serviços alimentares, ou não, como panificadoras, pizzarias, restaurantes, hotéis, motéis; onde as exportações praticamente são inexistentes, caracterizando uma indústria madeireira orientada para o suprimento do mercado doméstico. As análises econômicas apontam que, se for desejado o crescimento dinâmico da produção de briquete no Brasil, requer-se uma orientação estrutural da indústria, fazendo que ela possa competir nos mercados interno e externo.

Outra inferência com relação à oferta de briquete é que, para aumentar a demanda interna e expandir a oferta de exportação, a capacidade produtiva tem de crescer, bem como definir o marco legal para produção e consumo, padrões de qualidade, divulgação da viabilidade econômica no setor empresarial e dos benefícios na demanda de varejo.

Na análise mercadológica, observou-se que o mercado não é organizado, diversificado em muitos segmentos, geograficamente distribuído, com elevados custos de transporte e com uma gestão ainda a se profissionalizar na redução dos custos industriais. Estas são características

que regem o comércio de produtos primários e sugerem que o setor deve incrementar de imediato a modernização da indústria da briquetagem de madeira, a adoção de novas tecnologias, para melhor uso dos descartes florestais e ocupar um espaço na demanda crescente de energia brasileira e mundial.

Há evidências que o briquete pode substituir e complementar outras fontes de energia como os derivados do petróleo, a lenha nativa ou plantada, GLP, eletricidade ou o gás natural. Esta inferência permite aos produtores adotar uma nova postura no cenário nacional com relação à utilização dos biocombustíveis sólidos e estabelecer com os consumidores, contratos para expansão do consumo de briquete.

Estes resultados sugerem algumas implicações de política econômica, industrial e florestal. O aumento esperado nos preços do briquete pela expansão da demanda de energia financeira o *déficit* de pesquisa e de tecnologia do setor, aumentaria a oferta e manteria a receita dos produtores em níveis maiores. Seguindo o modelo vencedor das modernas empresas, deveria adotado o critério de reinversão de até 5% do lucro bruto em Pesquisa e Desenvolvimento nas indústrias de briquetagem.

A necessidade de políticas associativas e públicas para aumentar a qualidade e a demanda por briquete fica evidenciada. Entre estas, uma política comercial mais agressiva no sentido de abrir e expandir novos mercados e aprofundar os já existentes como o de caldeiras agroindustriais. Isto se justifica, porque as análises efetuadas apontam neste sentido. Consolidar marcas, introduzir novos resíduos agrícolas e florestais ou seus *blends* (uma composição de misturas com determinadas características e porcentagens de cada uma delas, as quais conferem um padrão específico ao conjunto), agregar valor ao produto, expandir o *mind sharing* dos consumidores, modernizar o parque industrial, diferenciar os produtos no sentido de promover um consumo mais sofisticado do briquete, certificar com selo verde os produtos do ponto vista ambiental e conhecer a logística são políticas a serem implementadas de imediato.

A consideração geral deste estudo é que o briquete é um produto vencedor apesar de estar na sua infância tecnológica e comercial, tanto no Brasil como no mundo. Se políticas no sentido de elevar o preço para produtores e aumentar o consumo não forem adotadas, o briquete corre o risco de continuar participando de uma fatia inexpressiva na Matriz Energética brasileira.

Finalmente, é interessante levantar sugestões para novas pesquisas. Recomenda-se, nas futuras investigações, questionar a atual intensificação de capital na indústria, multiplicação de tipos e usos do produto, criação de Normas brasileiras, renúncia fiscal para o desenvolvimento regional florestal onde exista abundância de descartes, a entrada de novas indústrias no setor e formas de reduzir impactos ambientais pela entrada do briquete no mercado.

5.2 CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados obtidos e considerando as análises e as discussões apresentadas, as conclusões gerais deste trabalho são as seguintes:

5.2.1 Temas Tecnológicos

O briquete é um produto tecnicamente viável para geração de calor e potência, no qual a abundância, qualidade e preço dos descartes ligno-celulósicos são um incentivo à sua briquetagem no Brasil. O melhor briquete é produzido com maravalha da indústria moveleira.

O briquete de madeira poderá ter no futuro uma participação significativa na Matriz Energética brasileira, substituindo parte dos combustíveis fósseis, pelo fato de ter boas características físico-energéticas. Estima-se, também, que a produção anual de 620 mil toneladas de briquete no Brasil tenha energia equivalente a 9,3 PJ.

Existe sinergia entre a queima simultânea do briquete com a lenha por apresentarem temperaturas e tempos complementares na combustão.

Alguns fatores são importantes para melhorar a qualidade da produção e do briquete, entre eles redução da demanda de energia para secagem da serragem, normatização do produto, densidade energética, teor de umidade e de cinza do produto.

5.2.2 Temas de Mercado e de Economia

O briquete é um produto economicamente viável, embora os custos de transporte de matéria-prima e do produto possam inviabilizar o comércio da briquetagem. Estima-se, ainda, que o Brasil produza, por ano, 620 mil toneladas de briquete de madeira a um preço médio de R\$ 305/t (US\$ 138,6/t) e em um total de R\$ 190 milhões (US\$ 86,4 milhões).

O mercado do briquete no Brasil está em fase de organização onde não existem: preços estáveis; escala de produção geradora de baixo custo; distribuição organizada; associações classistas; exportação já estabelecida. A demanda de briquete irá crescer no Brasil em função da competitividade, maior capacitação empresarial, elevado preço dos combustíveis fósseis e futuras exportações para a Europa.

5.2.3 Outros Temas

Embora já exista há 160 anos no mundo, o briquete de madeira somente se tornou, um produto de sucesso no Brasil a partir de 1990, devido aos seguintes fatos: 1 – Abundância e baixo preço dos combustíveis fósseis e da lenha nativa; 2 – Ausência de consciência ambiental; 3 – Desinformação técnica e econômica do briquete de madeira; 4 – Pouca exigência dos mercados consumidores; 5 – Grandes distâncias entre as fontes de matéria-prima e os centros metropolitanos demandantes de biomassa energética.

A compreensão do briquete e da briquetagem precisa de ser feita para cada segmento de mercado em particular, em que em cada caso existem particularidades de região, preço, uso, processo industrial, tipo de matéria-prima, poder aquisitivo, mão-de-obra envolvida, assim como diferentes tipos de consumidores. As definições generalistas do produto e do processo são inconsistentes.

A consciência ambiental induz ao maior uso do briquete por ser ele um produto de carbono neutro, usuário de descartes madeireiros lançados no meio ambiente, além de ter melhor manejo que as lenhas concorrentes como a plantada e a nativa.

A metodologia *ABC–Activity-Based Costing*, o *SWOT Analysis*, a Pesquisa de Mercado e as outras ferramentas criadas ou aperfeiçoadas para este trabalho, se mostraram úteis ao desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS GERAIS

AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G. S. **Pesquisa de Marketing**. Ed. Atlas. São Paulo. 2001.

ABIMCI. Disponível em: <<http://abimci.com.br>>. Acesso em: 2006, 2007.

ABRAF. **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**. Anuário Estatístico da ABRAF de 2006. São Paulo. Ed. ABRAF. 2006.

AEBIOM. **Third Conference-European Legislation to Promote Bioenergy**. Brussels. 2006.

AGRESTI, A. **Categorical data Analysis**. John Willey & Sons. New York. 1990.

ALAKANGAS, E. **Bionergy in Finland**. IN: International Training Programme - Wood fuel production for small scale and district heating plants. Joensuu, Finland. 2005.

_____. **EUBIONET 2. CEN-Technical Specifications for solid biofuels-Fuel specifications and classes and fuel quality assurance**. Working Group 2, TC 335. Finland. 2006.

_____. **Wood pellets in Finland** -Technology, economy and market. OPET 5. VTT-Technical Research Centre of Finland. Jyväskylä. 2002.

_____.; VALTANEN, J.; LEVLIN, J. **CEN-Technical Specifications for solid biofuels-Fuel specifications and classes**. Biomass and Bioenergy 30. pg 908-914. 2006.

ALBUQUERQUE, C. **Desenvolvimento de um sistema de pré-secagem de partículas de Pinus e de Eucalipto para a produção de briquetes e de chapas de madeira**. Tese de Doutorado. UFRJ. Rio de Janeiro. 1995.

ALVES, C. **Rendimento de desdobro de toras, geração de descartes e tempo de trabalho em serrarias da Amazônia: o estudo de caso da Mil Madeireira, Itacoatiara, Amazonas**. Dissertação da Universidade do Amazonas. 2000.

AOAC- **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th Ed. Vol I. Ed. Association of Official Agricultural Chemists. Method Nr. 942-05-Ash. Maryland-USA-1998.

ARUNA, P. B. *et al.* **An analysis of wood pellets for export: a case study of Sweden as an importer**. Forest Products Journal. June 1997; 47 ; 6; ABI/INFORM Global. pg 49. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - Informação e documentação de trabalhos acadêmicos. Apresentação: NBR 6023 : 2002; NBR 10520 : 2002; NBR 6024 : 2003; NBR 6028 : 2003; NBR 14720 : 2005. São Paulo. 2008.

AZEVEDO, H. **Utilização do sistema de custeio ABC no Brasil: Um survey entre as 500 maiores empresas.** Anais do XI Congresso Brasileiro de Custos. Porto Seguro. Bahia. 2004.

BARTKOWIAK, M; ZAKRZEWSKI, R; KSIAZCZAK, A. **Thermal degradation of lignins isolated from wood.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2006.

BATTACHARRYA, G.; JOHNSON, R. **Statistical Concepts and Methods.** Willey & Sons. New York, 1977.

BEN-Balanco Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2007 e 2008.

BEZZON, G. **Síntese de novos combustíveis sólidos a partir de resíduos agroflorestais e possíveis contribuições no cenário energético brasileiro.** Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Campinas-SP. 1994.

BHATTACHARYA, S, C.; AUGUSTUS LEON, M.; RAHMAM, M. **A study on improved biomass briquetting.** Asian Institute of Technology. V 6, n 2 Thailand. 2002.

BIOMASSA E BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br>>. Acesso em: 2007.

BJERG, J. **Pellets for Europe-barriers and perspective for increased market penetration.** Proceedings 2th World Conference on Pellets. p 1811 - 1812. Ed. SVEBIO. Jonkoping. 2006.

BOYD, H.; WESTFALL, R. **Pesquisa Mercadológica.** Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro. 1964.

BRIDGWATER, A. V. **Biomass Fast Pyrolysis.** Bioenergy Research Group. Aston University. Birmingham. United Kingdon. 2007.

BRIQUETES NO BRASIL. Disponível em: <http://www.infoener.iee.usp/br/scripts/biomassa/texto/br_briquete.ssp>. Acesso em: 03 out 2005.

BRIQUETES. Disponível em: <<http://www.cetecbr.com.br/bra/briquetes.php>>. Acesso em: 17 abr. 2008.

BRIQUETES. Disponível em: <http://www.biomax.com.br/briquete_vantagens.asp>. Acesso em: 27 set. 2005.

BRITO, J.; CINTRA, T. **Madeira para energia no Brasil: Realidade, visão estratégica e demanda de ações.** Biomassa & Energia, V 1, N 2, p 157-163. 2004.

BROWN COAL AS FUEL. Disponível em: <<http://www.lib.utexas.edu/books/dumble/publications>>. Acesso em: 3 out 2005.

CARVALHO, J. R. P.; VIEIRA, S. R.; MORAN, R. C. C. P. **Como avaliar similaridades entre mapas de produtividade**. Relatório técnico 10. Embrapa. Campinas. 2001.

CELIK TAS, M.; KOCAR, G. **A perspective on pellet manufacturing in Turkey with a SWOT Analysis**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO Jonkoping. 2006.

CEN/TC 335-STANDARDS UNDER DEVELOPMENT. Disponível em: <<http://www.cen.eu/CENORM/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/WP.asp?param=19930&title=CEN%2FTC+335>>. Acesso em: 05 jun 2008).

CEPEA-**Relatório do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. Maio de 2007. N° 65. ESALQ. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2007.

COBRA, M. **Administração de Marketing**. Ed. Atlas. São Paulo. 1992.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. John Willey & Sons. New York. 1980.

COTRIM, A. **Instalações Elétricas**. Ed. Pearson Education do Brasil. São Paulo. 1992.

COUTO, L. *et al.* **Produção de pellets de madeira-o caso de Bio Energy no Espírito Santo**. Biomassa & Energia V1, N1, p 45-52. 2004.

CRISP, A. **Wood residue as an energy source for the forest products industry**. The Australian National University. 1999.

CZERMAINSKI, A. **Análise de Correspondência**. Seminário apresentado na Disciplina de Análise Multivariada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Universidade de São Paulo. Junho. Piracicaba. 2004.

DEL MENEZZI, C. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

DEMIRBAS, A. **Evaluation of biomass materials as energy source: upgrading of tea waste by briquetting process**. Energy Sources, V 21, nr 3, april, pg 215-220. 1999

DIAS, J. **Utilização da biomassa: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas**. Tese de Doutorado-Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002.

DUTRA, R.; NASCIMENTO, S. **Resíduos da indústria madeireira**. Monografia da Universidade do Estado do Pará. 2006.

EGGER, C. **Pellets markets in Europe**. O. Energiesparverband. Linz. Austria. 2005.

EMANUEL, K. **Divine wind: the history and science of hurricanes**. Oxford University Press. 2005.

EMBRAPA. Disponível em: <<http://embrapa.gv.br>>. Acesso em: 2007.

ENERGY IN SWEDEN. **Swedish Energy Agency-Sweden's Energy Balance**. Stockholm. 2007.

EUROPEAN PELLET CENTRE. Disponível em: <<http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878>>. Acesso em: 21 jun 2007.

EVERIT, B. S. **Analysis of contingency Tables**. Ed. Chapman & Hall. London. 1992.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de Bracatinga (*Mimosa scabrella*, *Benth*) e aspectos gerais da combustão**. Trabalho de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1981.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Edufal. 3ª Ed. Maceió. 2000.

FERREIRA, S. *et al.* **Influência dos métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de Eucalipto spp.** Revista Cerne, V 10, Nr 1. pg 10-21. 2004.

FIGUEIREDO, S.; CAGGIANO, P. **Controladoria -Teoria e Prática**. Ed. Atlas. São Paulo. 1997.

GARRISON, R.; NOREEN, E. **Contabilidade Gerencial**. Ed. LTC. 9ª Edição. Rio de Janeiro. 2001.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Ed. Edusp. 234 p. São Paulo. 1998.

GOMIDE, J. **Serraria**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 1974.

GORE, A. **An Inconvenient Truth**. New York. 2006.

GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass briquetting: technology and practises**. FAO, abril 1996. Disponível em: <<http://www.rwedp.org>>. Acesso em: 11 set 2006.

GUEDES, T. A.; IVANQUI, I. L. **Aspecto da seleção de variáveis na Análise de Correspondência. Atas da Conferencia Internacional "Experiências e Expectativas do Ensino de Estatística - Desafios para o século XXI"**. Florianópolis. 1999.

HAHN, B. **Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets**. Pellets for Europe. UMBERA-Umweltorientierte Betriebsberatungs-Forschungs und Entsorgungs. Austria. 2004.

HAIR, J. F. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Ed. Bookman. São Paulo. 2005.

HAMELINCK, C.; SUUAS, R. A. A.; FAAIJ, A. P. C. **International bionergy transport costs and energy balance**. University Utrecht -Copernicus Institute. The Netherlands. 2003.

HEINIMO, J.; ALAKANGAS, E. **Solid and liquid biofuels market in Finland-a study on international biofuels trade**. Lappeenranta University of Technology. Department of Energy and Environment Technology. Research Report EN A-53. April, 92 p. Finland. 2006.

HILLRING, B.; VINTERBACK, J. **Wood pellets in the swedish residential market**. Forest Products Journal. May. 1998.

HILLRING, B. **Price trends in the swedish wood fuel market**. Biomass and Bioenergy, v 12, n 1, p 41-51. 1997.

HIRSMARK, J. **Densified biomass fuels in Sweden**. Swedish University of Agricultural Sciences. Master of Science Thesis. Examensarbeten nr 38. Uppsala. 2002.

HORNGREN, C. **Contabilidade de Custos**. Ed. LTC. Rio de Janeiro. 2000.

HOSIER, R. **Biomass briquettes in the Dominican Republic: Part 1. Social and economical feasibility**. Biomass V 13, nr 3. pg 199-217. 1987.

HOWARTH, E. **No quick fix on energy**. Inwood maganize. N 9 june/july 2006. p 38-40. New Zeland. 2006.

IMAZON. **Produção de madeira processada**. 2004. Disponível em: <<http://www.consciencia.br>>. Acesso em: 01 mar 2007.

INCROPERA, F. **Fundamentos da transferência de calor e de massa**. Ed. LTC. 5 edição. Rio de Janeiro. 2003.

INTERNATIONAL ENERGY ANNUAL. Disponível em: <<http://www.iea.org>>. Acesso em: 4 out. 2005; 24 jun 2007.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change-**Climate Change 2007: The Physical Science Basis-Summary for Policymakers**. Geneve. Switzerland. 2007.

IWMB-Integrated waste management board. **Feasibility study on the expanded use of agricultural and forest waste in the commercial products.** California environmental protection agency. State of California. Sacramento-CA. USA. 1999.

JONES, D.; JONES, J. **Wood chips versus densified biomass: an economic comparison.** AIAA. p 223-249. Vista-Flórida-USA. 1980.

JOSSART, J. **Boosting Bioenergy in Europe.** European Biomass Association – AEBIOM. Belgium. 2006.

JUNGINGER, M. *et al.* **Fuel supply strategies for large-scale bio-energy projects in developing countries. Electricity generation from agricultural and forest residues in Northeastern Thailand.** Biomass and Bioenergy, 21(2001) p. 259-275.

KALLIO, M.; ORAVAINEN, H. **Pellet research and development at VTT.** International Nordic Bioenergy 2003 Conference. 2003.

KAPLAN, R.; COOPER, R. **Custo e Desempenho: Administre seus custos para ser mais competitivo.** Ed. Futura. São Paulo. 1998.

KINGSTON, A. **Bio-oil flash pyrolysis produces feedstock for synthetic diesel.** Bio fuels journal. may / june. 2007.

KOTLER, P.; KELLER, K. **Administração de Marketing.** Ed. Prentice Hall. 12° Ed. São Paulo. 2006.

LARSON, E.; WILLIAMS, R. **A review of biomass integrated-gasifier / gas turbine cycle technology and its application in sugar cane industries, with an analysis for Cuba.** Energy for Sustainable Development. V 5, N 1. 2001.

LI, Y.; LIU, H. **High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel.** Biomass and Bioenergy, v 19, p 177-186. 2000.

LIGHT SWEET CRUDE OIL. Disponível em: <<http://www.nymex.com>>. Acesso em: 16 mai 2008.

LOPES, R. P. *et al.* **Controle da combustão em fornalhas a lenha.** Anais do 3° Encontro de Energia no Meio Rural- Agrener. 2000.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada.** Ed. Bookman. Porto Alegre. 2006.

MALMQUIST, A. **Swedish micro-CHP solutions-externally fired microturbine system.** 2 World Conference on Pellets. Jonkoping. Sweden. 2006.

MANI, S. **Simulation of biomass pelleting operation.** Bioenergy Conference & Exhibition 2006. Prince George. Canada. 2006.

MANI, S.; SOKHANSANJ, S.; BI, X. **Modeling of biomass drying and densification processes**. 2005 ASAE Annual International Meeting. Paper N 056144. Tampa, Florida. 2005.

MANI, S.; TABIL, L. G.; SOKHANSANJ, S. **An overview of compaction biomass grinds**. Powder Handling and Processing. V 15, N 3, p 160-168. 2003.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia - Princípios de Micro e Macroeconomia**. Ed. Campus. São Paulo. 1999.

MARKLUND, P. **Essays on productive efficiency, shadow prices and human Capital**. PhD Thesis. Umea University. Sweden. 2004.

MARQUES, M (coord). **Conservação da Energia - Eficiência energética de instalações e equipamentos**. Ed. EFEI. Itajubá, MG. 467 p. 2001.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. Ed. Atlas. São Paulo. 2003.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia-Brasil. **Grupos de Agronegócio elevam apostas na lenha**. Pub. Agência MCT. 22.02.2006. Brasília. 2006.

MEDEIROS, J. B. **Redação Científica**. 10. ed. São Paulo: Atlas. 2008.

MELHI, T. **Discurso de abertura do Presidente da Norwegian Bioenergy Association**. Nordic Energy Conference. Trondheim-Noruega. 2005.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **A Lei dos Crimes Ambientais**. Brasília.1999.

MORAIS, D. M., **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para queima de blocos cerâmicos: uma aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

NAKAGAWA, M. **ABC- Custeio Baseado em Atividades**. Ed. Atlas. São Paulo, 2001.

NAKICENOVIC, N.; GRUBLER, A.; Mc DONALD, A. **Global Energy Perspectives**. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg. Austria. Ed. Cambridge University Press. 1998.

NOGUEIRA, L. A. H. *et al.* **Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações**. Ed. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília. 2000.

NYSTROM, K. **Market development and steering instruments for bioenergy in Europe**. European Biomass Association Congress. Utrecht. 2004.

O PREÇO DO PETRÓLEO. Disponível em: <<http://www.abin.gov.br>>. Acesso em: fev/mar 2008.

O PROCESSO DE BRIQUETAGEM. Disponível em: <<http://www.komarek.com.br/process/index.html>>. Acesso em: 27 set 2005.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. **Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their composition behaviour**. Biomass & Bioenergy 27 (6) 653-669- 2004.

PATUSCO, J. A. M. **Eletricidade no Balanço Energético Nacional - BEN**. Nota Técnica CGI Nr 01/98. Coordenação Geral de Estudos Integrados do Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2003.

_____ **Tratamento em co-geração nos balanços energéticos**. Relatório COBEN 08/93 do Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/downlod.do?Attachment> >. Acesso em: 22 set 2006.

PAULRUD, S. **Upgraded Biofuels-Effects of Quality on Processing, Handling Characteristics, Combustion and Ash Melting**. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden. 2004.

PEREIRA, M. **Prevenção e manutenção de máquinas na Eco Industrial**. Trabalho de Graduação. Faculdade do Instituto Brasil. Anápolis. 2006.

PERSSON, G. **Speech at World Bioenergy 2006**. Proceedings. 2^d World Conference on Pellets. Ed. SVEBIO. Jonkoping. 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric Models and Economic Forecasts**. New York, Mc Graw Hill, 3rd Ed. 1991.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINHO, J. T. **Resíduos do setor madeireiro: aproveitamento energético**. Biomassa e Energia. V1, nr 2. p. 199-208. 2004.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Editora IBAMA. Brasília. 2002.

_____ *et al.* **Poder calorífico da madeira e de descartes ligno-celulósicos**. Biomassa e Energia. v1, n 2, p 173-182. 2004.

_____ **Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos**. Ed. IBAMA - Circular Técnica do LPF. Vol 1. Nr 2. 1991.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. ISBN 3-900051-0, URL <http://www.R-project.org>. 2007.

ROCHA, S. **Mechanical Evaluation for the quality control of biomass pellets and briquettes**. Proceedings of the 2nd World Conference on pellets. 183-187. Jonkoping. Sweden. 2006.

RODRIGUES, L. D. *et al.* **Uso de briquetes compostos para a produção de energia no Estado do Pará.** Universidade Federal do Pará. Projeto Enerbio. 2003.

RODRIGUES, T. **Sistema referencial de preços baseado em atividades- aplicação em uma empresa prestadora de serviços em telecomunicações.** In: IX Congresso Internacional de Custos. Florianópolis. 2005.

ROSSILO-CALLE, F. **Uma breve análise do potencial da biomassa no Brasil.** Biomassa & Energia, V1, N 3, 225-236. 2004.

ROWELL, R. M. USDA-Forest Product Laboratory. Forest Service. **Wood Handbook.** Chapter 19-Specialty Treatments. Wisconsin. [1987].

RUSSEL, G. **Bioenergy here and there.** Northern logger and timber processor, V 5 N 5, p 10-11. USA. 2006.

SCHIERMEIER, Q. **What we don't know about climate change.** Nature. Vol 445/8. pg 580. February 2007.

SERPA, P. N. *et al.* **Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliotti*.** Rev. Árvore V 27 N 5. Viçosa. 2003.

SHANK, J. **A revolução nos Custos.** Ed. Campus. Rio de Janeiro. 1997.

SHIRAIISHI, N.; MATSUNAGA, T.; YOKOTA, T. **Thermal softening and melting of esterified wood prepared in an N₂O₄-DMF cellulose solvent medium.** Journal of Applied Polymer Science. V 24, Issue 12, p 2361-2368. Kyoto. 2003.

SIEMONS, R. **A development perspective for biomass-fuelled electricity generation technologies-Economic technology assessment in view of sustainability.** PhD Thesis. Faculty of Economics and Econometrics. University of Amsterdam. 2002.

SILVA, A. D. **Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensado.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001.

SILVA, M.V.M.; ROCHA B.R.P. **Análise econômica de um gaseificador de 20 kW.** Unicamp-Nipe. Campinas-SP. Agrener. 2006.

SIS PROJECTS. Disponível em: <<http://www.sis.se/defaultmain.aspx?tabid=741>>. Acesso em: 05 jun 2008.

SISTEMAS DE UNIDADES. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 09 fev 2007.

SUAREZ, J. A.; LUENGO, C. A. **Coffee husk briquettes: a new renewable energy source.** Energy Sources. 25 (10) 961- 967. out. 2003.

SUPPLE, D.; DANIELSON, D. **World and U.S. Energy Overview.** Energy Club Discussion. Massachusetts Institute of Technology. USA. 2006.

SVENNINGSON, P. **Biomass briquettes in the Dominican Republic. Part II: Technical analysis.** Biomass, V 13, N 4. 1987.

TABARÉS, J. L. M. *et al.* **Feasibility study of energy use for densified lignocellulosic materials (briquettes).** Ed. Elsevier Science Ltd. Fuel. V. 79, n 10, junho 2000. p 1229-1237. 2000.

TAGLIACARNE, G. **Pesquisa de Mercado-Técnica e Prática.** Ed. Atlas. São Paulo. 2006.

TEMMERMAN, M. **Standardisation of pellets: the case study of physical and mechanical properties.** Congress Pellets for Bioenergy. Utrecht. 2004.

THE HISTORY OF THE CITY OF KINGSFORD. Disponível em: <<http://www.cityofkingsford.com/history.html>>. Acesso em: 03 out. 2005.

THEK, G.; OBERNBERGER, I. **Wood pellet production costs under austrian and comparison to swedish framework conditions.** Proceedings of the 1st Conference on Pellets. Stockholm, Sweden. 2002.

THUNNELL, B. **Sawmilling in Sweden.** Wood technology department, Forest products research laboratory. Stockholm. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x5376e/x5376e03.htm>>. Acesso em: 08 abr 2006.

TONELLO, K. C. *et al.* **O destaque econômico do setor florestal brasileiro.** 3º Seminário Internacional de Ciência e Tecnologia na América Latina. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas. 2006.

TONINI, H.; ANTONIO, L. **Rendimento em madeira serrada de Cupinha, Caferana e Angelim da Pedra.** Comunicado Técnico 07.ISSN.- 0102 – 099 da Embrapa - Boa Vista. 2004.

TRIPATHI, A. K., IYER, P. V. R., KANDPAL, T. C. **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India.** Biomass and Bioenergy. Vol 14. nr 5/6. p 479-488. Great Britain. 1998.

UNIDADE DE CO-GERAÇÃO LAGES. Disponível em: <<http://www.tractebelenergia.com.br/modules/system/viewpage.asp?>>>. Acesso em: 15 jan 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **International Energy Outlook 2006.** Energy Information Administration (EIA). Washington. 2006.

US ENERGY AND WORLD ENERGY STATISTICS. Disponível em: <http://energy.cr.usgs.gov/energy/stat_etry/stat.1.html>. Acesso em: 24 out 2005.

UTILIZAÇÃO. Disponível em: <<http://briquetes.com.br/index.php?pg=utilizacao>>Acesso em: 09 abr 2008.

VALE, A. T. *et al.* **Caracterização energética e rendimento de carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arábica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*, DUKE)**, Revista Cerne, v.13, n.4, p.416-420. 2007.

VAPO. Disponível em: <http://www.vapo.fi/eng/main_page/?id=563>. Acesso em: 24 out 2006.

VARELA, M., LECHÓN, Y., SAÉZ, R. **Environmental and socioeconomic aspects in the strategic analysis of a biomass power plants integration**. Biomass and Bioenergy. n 17, p. 405-413. 1999.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. Ed. Campus, Rio de Janeiro. 1987.

VEIGA, M. **Perspectivas de inserção da bioeletricidade**. Seminário de Bioeletricidade. INEE/BNDS, Brasília. 2005.

VINTERBACK, J. **New technologies for production of (wood chips and) pellets**. World Bioenergy & Pellets. Ed. Svebio. Stockholm. 2006.

_____ **Pell-Sim-Dynamic Model for forecasting storage and distribution of wood pellets**. Biomass and Bioenergy, v 27, n 6, p. 629-643. 2004.

_____ **Wood pellet use in Sweden: a system approach to the residential sector**. Doctoral Thesis. Silvestria 152. Swedish University of Agricultural Sciences- Dpt. of Forest Management and Products. Uppsala. 2000.

YAGY, K. **Economics and a policy option of wood pellet fuel in Japan**. Journal of the Japan Institute of Energy. V 85, n 6, p 451-460. 2006.

YOUNG, P.; KHENNAS, S. **Feasibility and impact assessment of a proposed project to briquette municipal solid waste for use as a cooking fuel in Rwanda**. Ruanda. 2004.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Swedish University of Agricultural Sciences. Examensarbeten nr 39. Uppsala. 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A

DETERMINAÇÃO DA CARGA DE IMPACTO DA TORA DE EUCALIPTO E DO SACO DE BRIQUETE LANÇADOS NA FORNALHA.



Figura APÊNDICE A1 – Lançamento da biomassa na fornalha.

O objetivo desta determinação é estimar a carga de impacto que uma tora de eucalipto e de um saco de briquete causa sobre as grelhas do piso das fornalhas. Este cálculo foi realizado tendo em vista muitas reclamações dos usuários de lenha em relação à quebra das grelhas, o que ocasiona tempo de parada da fornalha, assim como despesas adicionais em manutenção e ausência de produção durante este período. Neste sentido, as equações 17(A e B) que determinam o impacto são:

$$\tau_e = (2 M * \sqrt{2gh}) / (A * \Delta t) \text{ (modelagem para choque elástico-lenha)} \quad [17-A]$$

$$\tau_p = (M * \sqrt{2gh}) / (A * \Delta t) \text{ (modelagem para choque inelástico-briquete)} \quad [17-B]$$

sendo:

τ = tensão de impacto, Pa ou N/m². τ_e = (tensão elástica) τ_p = (tensão inelástica)

M = massa da peça, kg

g = aceleração da gravidade, 9,8 m/s²

h = altura da queda, m

A = área de contato de impacto, m²

Δt = tempo de impacto, estimado em 0,001 segundos

Os dados mostram que o saco de briquete tem massa de 15 kg e diâmetro de contato de impacto de 0,3 m. A tora de eucalipto tem 20 kg de massa e diâmetro de contato de impacto de 0,1m. A altura de lançamento de ambos os produtos é de 1,5 m.

Os resultados mostram que as cargas de impacto são:

Para tora de eucalipto = $2,761 \times 10^7 \text{ N/m}^2 = 27,61 \text{ N/mm}^2 = 2,817 \text{ kgf/mm}^2$

Para o saco de briquete = $1,151 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 1,151 \text{ N/mm}^2 = 0,1174 \text{ kgf/mm}^2$

Portanto, o impacto causado pela tora de eucalipto em relação ao saco de briquete é 23,97 vezes mais intenso, o que sugere e confirma a reclamação da quebra das grelhas das fornalhas.

APÊNDICE B

ESTIMATIVA MÁSSICA, ENERGÉTICA E ECONÔMICA DOS DESCARTES MADEIREIROS INDUSTRIAIS NO BRASIL EM 2005

RESUMO:

1 – 14 milhões de toneladas anuais de descartes madeireiros em desdobro primário com umidade base umidade 30%.

2 – 173 Peta Joules anuais em potencial energético calórico, ou 4132×10^3 tep.

3 – US\$ 95,2 milhões anuais em preço Ex-Works indústria de desdobro primário.

Procedimentos estimativos:

1 – Definição: São considerados descartes madeireiros, como porção de toras desdobradas não transformada em madeira serrada comercial incluindo costaneiras, aparas, peças descartadas, destopos, serragem e casca (Alves, 2000).

2 – Volume: Uma média geral considera que 50% do volume de toras de madeira em desdobro primário são descartes madeireiros, conforme Crisp, 1999; Del Menezzi, 1999; Rocha, 2002; Serpa, 2003; Brand, 2002; Murara Jr, 2005; EMBRAPA, 2002; Alves, 2000; Ferreira, 2004; Pinheiro, 2004; Tonini; Antonio, 2004.

Conforme UNITED NATIONS, (2007), o Brasil produziu $21,2 \times 10^6$ m³ de madeira serrada no ano de 2004, estimando-se com uma umidade base umidade de 30 %. Por analogia, considera-se que o Brasil tenha produzido em 2004, um total de $21,2 \times 10^6$ m³ de descartes madeireiros.

3 – Densidade básica: Mori *et al* (2003) registra densidades básicas de madeiras de 25 espécies de Eucalipto variando de 0,547 g/cm³ em *E. saligna* até 0,89 g/cm³ em *E. resinifera*, e entre 10 espécies nativas, de 0,557 g/cm³ em Cerejeira até 0,879 g/cm³ em Jatobá. Barbosa e Ferreira (2004) registram densidades básicas de madeiras nativas em Roraima, desde 0,64 g/cm³ (*Pera schomburgkiana*) até 0,68 g/cm³ (*Matayba arborescens*). Oliveira *et al* (2005) estudando sete espécies de Eucalipto encontrou valores de densidade básica média, desde 0,49 g/cm³ até 0,73 g/cm³. Para esta estimativa, assumimos um valor médio de densidade básica de 0,66 g/cm³ de madeiras em desdobro primário, ou 0,66 toneladas/m³.

4 – Massa: Considerando as estimativas anteriores de volume e densidade básica, a massa anual de descartes madeireiros é de 14×10^6 toneladas com uma umidade de 30%.

5 – Energia: Assumimos um Poder Calorífico Superior de 4800 kcal / kg e para uma umidade média de 30% bu, o Poder Calorífico Útil vale 2953 kcal / kg ou 12,36 GJ por tonelada. Para as 14×10^6 toneladas de madeira, o potencial anual de energia vale 173 PJ (Peta Joules- 10×10^{15}).

6 – Valor: As pesquisas de mercado realizadas em 2006 e 2007 junto ao mercado de serragem e descartes madeireiros mostraram um valor médio de US\$ 1,36 / m³ ou US\$ 6,8 / tonelada posto Ex Works indústria de desdobro. Para a tonelagem anual de 14×10^6 de resíduos, o valor é de US\$ 95,2 milhões.

7 – Participação em toneladas da produção de briquete em relação à produção de descartes madeireiros: Estimando-se que o Brasil produza por ano $0,6204 \times 10^6$ toneladas de briquete de madeira, a sua participação sobre os descartes de madeira vale 4,43%.

APÊNDICE C

DETERMINAÇÃO DO PREÇO DA ENERGIA

O mercado do biocombustível ligno-celulósico comercializa os produtos tanto por massa como por unidade de energia. Os quatro produtos mais usados no mercado são o briquete de madeira, a lenha de eucalipto, a lenha doméstica ou catada e os descartes industriais (Pereira, 2006). O briquete é vendido por massa em unidades de R\$/t e as lenhas em reais por metro estéreo (R\$/st), sendo que o seu valor em toneladas é representado pela equação 18.

$$PL = Pst / \rho \quad [18]$$

Sendo:

PL = preço da lenha (R\$/t)

Pst = preço do metro estéreo (R\$/st)

ρ = densidade da biomassa (t/st)

Os consumidores usam a biomassa tanto para gerar calor ou potência, seja nas fornalhas e fornos, assim como geração de vapor por meio de caldeiras. Biomassas secas têm mais calor disponível e as úmidas menos, devido ao teor de umidade a ser eliminado pela própria combustão. Assim, a equação 19 adiante revela o Poder Calorífico Útil da biomassa em função da umidade.

$$PCU = [(PCS - K) * (1-TU) - (600 * TU)] / 238,89 \quad [19]$$

Sendo:

PCU e PCS= Poder Calorífico Útil e Superior, em MJ/kg ou GJ/t,

K= constante de calor de vaporização da água no calorímetro, no valor de 324 kcal/kg,

TU= teor de umidade base úmida, em decimal,

600 = constante e 238,89= transformação de kcal/kg em MJ/kg ou GJ/t.

A razão entre as equações 18 e 19 resulta no preço da energia útil (PE) do biocombustível ligno-celulósico dado em R\$/GJ e mostrado na equação 20:

$$PE = PL / PCU \quad [20]$$

Os resultados obtidos e compilados nos capítulos 3.1, 3.2 e revisão da literatura deste trabalho, mostraram os seguintes valores para o briquete e a lenha de eucalipto durante os ensaios realizados e com dados estimativos de mercado:

Tabela APÊNDICE C1- Dados para a determinação do preço direto da energia do briquete e da lenha de eucalipto.

Variável	Briquete de madeira da empresa em estudo	Lenha de eucalipto
PCS (kcal/kg) / (MJ/kg)	4389 / (18,38)	4217 / (17,67)(*)
PCU (kcal/kg) / (MJ/kg)	3463 / (14,50)	2545 / (10,6)
Preço (R\$/t)	305	160 (**)
Teor de umidade (% bu)	12,9	30,0
Densidade (t/m ³)	0,692	0,5
Energia da biomassa (GJ/t)	14,5	10,6
Preço da energia (R\$/GJ)	21,0	15,1

Fonte: (*)Quirino *et al* (2004) (**)= R\$ 80/st, sendo a densidade de 500 kg/m³

O preço direto da energia do briquete em relação à energia da lenha do eucalipto para os dados colhidos nos ensaios e estimados de mercado é 39,1% maior. Caso o teor de umidade do briquete fosse 10%, o preço direto da energia do briquete seria R\$ 20,2/GJ, 33,8% mais caro, e o conteúdo da energia, de 15,1 GJ/t.

Quanto menor o teor de umidade e o preço do briquete, assim como maior o seu Poder Calorífico Superior, mais competitivo ele será no mercado como estudado neste caso. O briquete tem 4,1% mais Poder Calorífico Superior que a lenha de eucalipto. Os briquetes são armazenados em locais pequenos e protegidos da umidade e da chuva, pois são vulneráveis a ela (vide APÊNDICE E e D). De outro lado, a lenha de eucalipto por ter maior volume e dimensões, é mais difícil de movimentação, aumentando o seu custo (vide APÊNDICES A e E). Na maioria das vezes ela fica armazenada a céu aberto. Isto significa que nos meses de chuva, ou nas regiões úmidas, como o Sul e o Norte, haverá menos energia disponível e maior preço relativo.

Considerando que cada caso tem a sua realidade de energia, preços e condição operacional, a competitividade do briquete será administrada pelos gestores das indústrias e do mercado onde ele está inserido. Neste sentido, quanto menor for o custo de produção, como o encontrado neste estudo de R\$ 265/t, a viabilidade poderá ser determinada com estes mecanismos ora apresentados.

APÊNDICE D

PREÇO DA ENERGIA DO BRIQUETE DE MADEIRA E DA LENHA DE EUCALIPTO, EM FUNÇÃO DO PREÇO DA BIOMASSA E PARA DIVERSOS TEORES DE UMIDADE.

As Figuras APÊNDICES D1, D2 e D3 mostram as relações entre energia, teor de umidade, preço da biomassa e preço da energia, tanto para briquete como para lenha de eucalipto, tomando-se dados de mercado. Esta análise gráfica e aditiva em forma de Apêndice, mostra em que condições o preço da energia do briquete se equivale ao preço da energia da lenha de eucalipto.

Para a montagem das figuras foi considerada a energia da biomassa como tendo 4600 kcal/kg ou 19,25 MJ/kg ou 19,25 GJ/t, portanto biomassa em condição anidra. Na Figura do APÊNDICE D, o preço CIF da lenha de eucalipto varia de R\$ zero/t a R\$ 280/t e densidade de 0,4 t/m³, assim como uma simulação de umidade base úmida variando de zero a 40%. Esta Figura APÊNDICE D1 mostra a variação do preço da energia líquida em função do preço da tonelada da lenha de eucalipto.

Para o briquete anidro foi considerado o mesmo valor energético de 19,25 GJ/t (PCS), preço CIF de zero a R\$ 500/t, umidade de zero a 15% base úmida, e o preço da energia dado em R\$/GJ. A Figura APÊNDICE D2 mostra esta variação de preço de energia líquida.

No caso particular deste trabalho e valores assumidos de mercado, os resultados mostraram um preço em janeiro de 2007, de R\$ 305/t de briquete com 12% de umidade e de R\$ 260/t de lenha de eucalipto com umidade de 30%. Assim, cruzando os dados nas Figuras APÊNDICES D1 e D2, o preço do GJ da lenha de eucalipto vale R\$ 24/GJ e do briquete, R\$19/GJ revelando que o preço da energia do briquete de madeira é 21 % menor que o da lenha de eucalipto neste caso particular.

A Figura APÊNDICE D3 mostra a relação entre teor de umidade e total de energia disponível da biomassa ligno-celulósica em Poder Calorífico Útil (GJ/t). Assim, o PCU anidro vale 17,89 GJ/t e com 40% de umidade 9,73 GJ/t; ou 54,4% da energia disponível se fosse anidra.

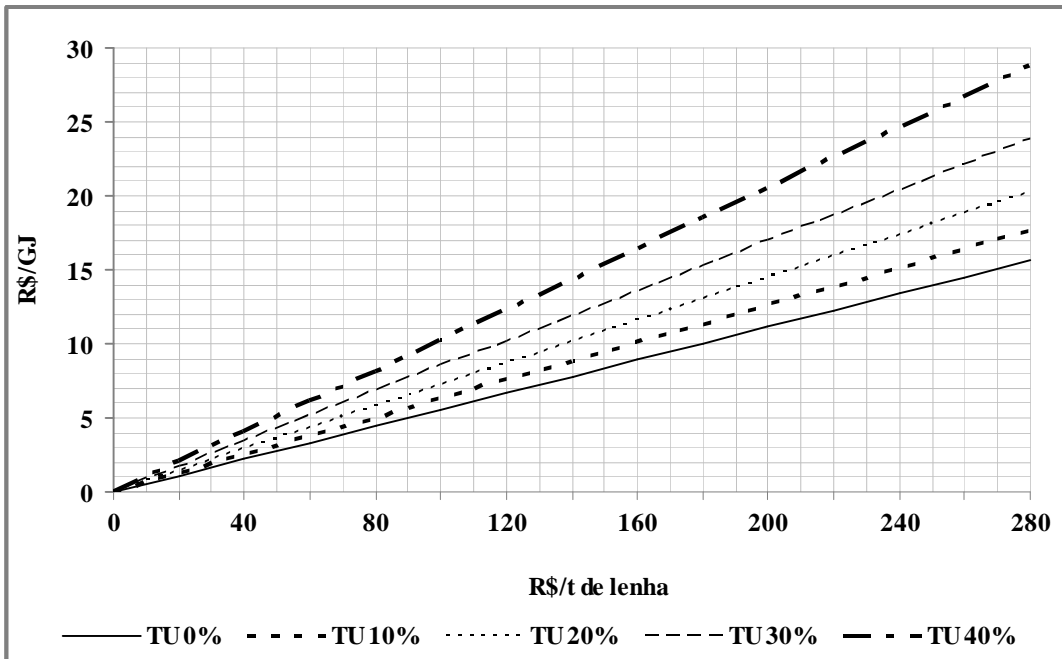


Figura APÊNDICE D1 – Preço da energia da lenha de eucalipto (R\$/GJ) em função do preço da tonelada da lenha (R\$/t) e para diferentes teores de umidade

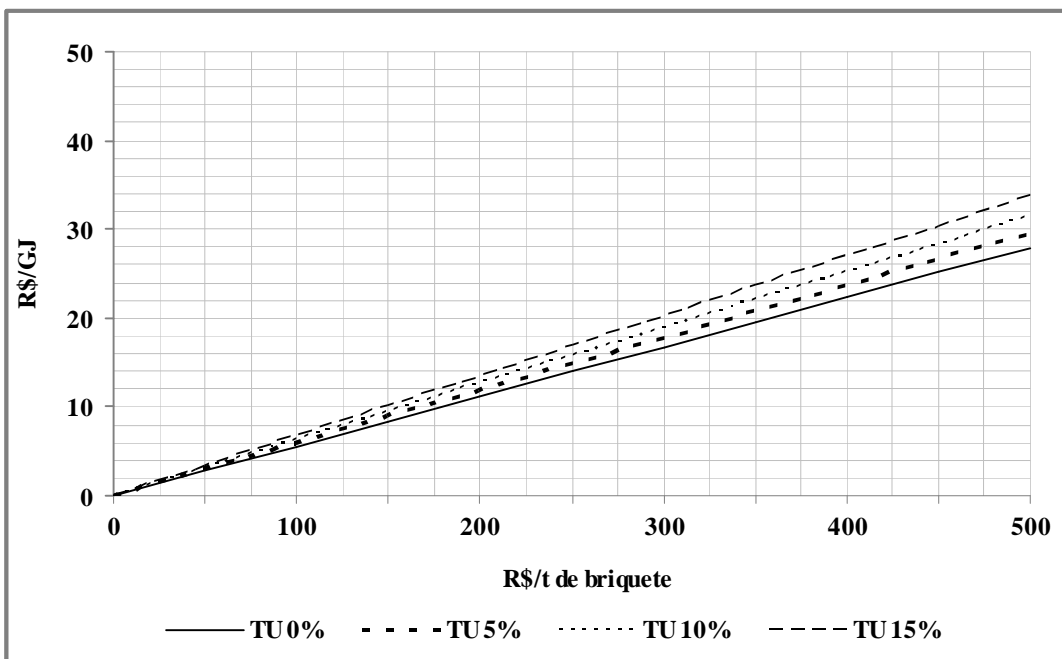


Figura APÊNDICE D2 – Preço da energia do briquete (R\$/GJ) em função do preço da tonelada do briquete (R\$/t) e para diferentes teores de umidade

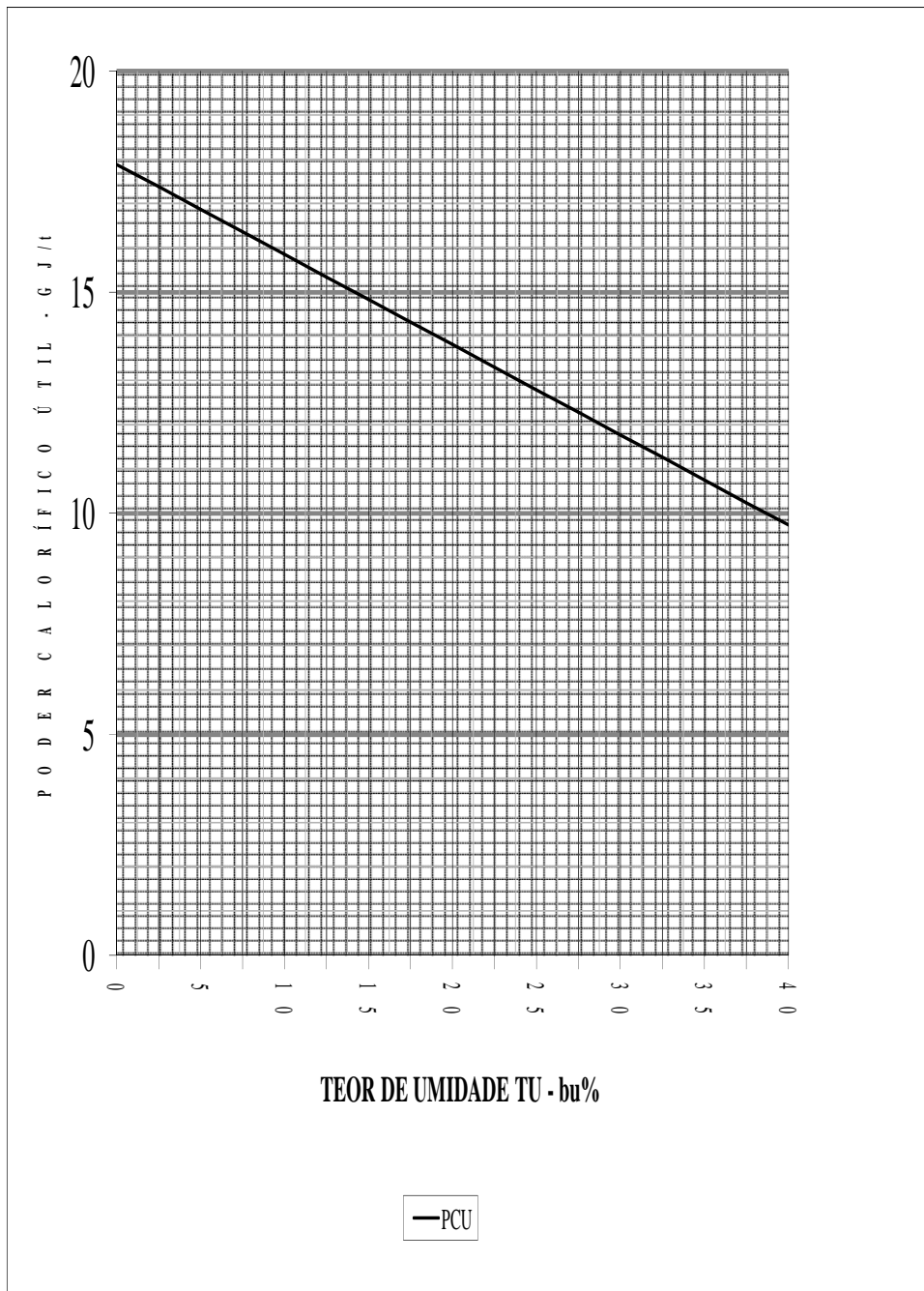


Figura APÊNDICE D3 – Poder Calorífico Útil da biomassa em GJ/t em função do teor de umidade (TU), base úmida, %

APÊNDICE E

DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DO VAPOR E DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM UMA CALDEIRA E ESTIMATIVA DOS CUSTOS INDIRETOS DE UMA AGROINDÚSTRIA

A – Custos Diretos e Indiretos dos combustíveis

Os custos diretos tratam dos cálculos da energia e da massa do combustível. Os custos indiretos são aqueles que os consumidores do combustível pagam a mais em transporte, armazenamento, uso, manejo e outros da indústria em mão-de-obra, manutenção das máquinas e caldeiras, assim como de fatores de risco envolvidos na geração térmica das indústrias e uso alimentar.

As estimativas de mercado e os dados deste trabalho mostram evidências que estes custos adicionais da lenha em relação ao briquete de madeira crescem 30% devido aos seguintes motivos:

1 – A menor densidade a granel da lenha aumenta o custo de transporte, 2 – A lenha exposta à chuva e ao tempo úmido, perde parte do poder calorífico, 3 – A lenha ocupa mais espaço de armazenamento, aumentando os custos, principalmente em panificadores e empresas urbanas de alimentação, 4 – O impacto do arremesso da lenha nas grelhas da fornalha pode quebrá-la, podendo paralisar a fábrica, quando só há uma caldeira, 5 – A lenha tem menor densidade energética a granel pelos maiores espaços vazios entre as peças, 6 – O manejo da lenha aumenta as despesas em mão-de-obra, encargos sociais e quantidade de acidentes por ser pesada e de difícil movimentação para o carregamento, descarrego, abastecimento na fornalha e movimentação interna nos galpões, 7 – A lenha não oferece elevada temperatura de chama como o briquete por ter um fogo mais lento, em oposição ao briquete que se desmancha dentro da fornalha, causando rápida elevação de temperatura e da pressão nas caldeiras, 8 – A distribuição e logística da lenha são mais difíceis por ser de peças maiores. Armazéns intermediários para lenha dentro das cidades, são difíceis e caros, 9 – O transporte da lenha exige documentação ambiental, o que não ocorre com o briquete, que tem passe livre, 10 – A lenha solta lascas e cascas, tornando sujo o ambiente e convidativo para insetos e roedores, 11- A lenha plantada demora pelo menos seis anos para ser produzida, 12 – A lenha para ser usada em pequenos fornos, precisa ser serrada, onerando o seu preço pela mão-de-obra adicional, 13 – A lenha doméstica ou catada tende a causar desmatamentos se for usada de forma ilegal, 14 – A lenha doméstica ou catada tem menor PCU, tem baixa densidade volumétrica e energética, assim como dificuldade para manuseio, transporte e armazenamento, 15 – A lenha demanda maior custo financeiro para estocagem em panificadoras do que o briquete, 16 – O comprador descuidado compra volume (metro estéreo) e não massa (tonelada), o que causa prejuízo de até 25 % no momento da compra da lenha.

B – Dados da caldeira de uma indústria do Distrito Federal

Produção de vapor = 25.000 kg/h ou 6,94 kg/s

Pressão de saída = 15 ATM

Pressão de retorno = 1 ATM

Temperatura de saída = 200°C

Temperatura do condensador = 95°C

Rendimento da caldeira em contrato = $\eta = 86\%$

Operação da caldeira: 216 horas/mês (9 horas/dia em 24 dias/mês)

C – Dados dos combustíveis

Combustível	PCS	PCU	TU-bu %	R\$/kg	Dens-kg/m ³
Briquete	18,37 MJ/kg	14,51 MJ/kg	12,9	0,305	692
	5,1 kWh/kg	4,02 kWh/kg			
	4389 kcal/kg	3463,2 kcal/kg			
Lenha	19,33 MJ/kg	10,81 MJ/kg	35,0	0,2(*)	400
	5,37 kWh/kg	3,0 kWh/kg			
	4619 kcal/kg	2581,7 kcal/kg			

(*) R\$ 80/st // 400 kg/m³ = R\$ 0,20/kg

D – Programa de Computador

Para a determinação dos cálculos termodinâmicos, foi usado o Software Cicle Pad v2. 0, Beta Version, em 24 de novembro de 2007 e cedido pelo Depto. de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.

E – Cálculo da quantidade de calor

Nas tabelas de processo, o computador registra que a quantidade de calor necessário para esta caldeira, demanda 16 467 kW.

Como a caldeira tem uma eficiência de contrato de 86%, então a quantidade real de calor necessário vale:

$$Q \text{ dot real} = 16\ 467 / 0,86 = 19\ 147,7 \text{ kW.}$$

F – Demanda de combustível

E 1 – Briquete

$$M \text{ dot} = 19\ 147,7 \text{ kW} / 14\ 510,8 \text{ kJ/kg} = 1,32644 \text{ kg/s} \text{ ou } 4\ 775,18 \text{ kg/h} \text{ ou } 4,77 \text{ t/h de briquete}$$

E 2 – Lenha de eucalipto

$$M \text{ dot} = 19\ 147,7 / 10\ 810 \text{ kJ/kg} = 1,77 \text{ kg/s} \text{ ou } 6\ 376,6 \text{ kg/h} \text{ ou } 6,37 \text{ t/h de lenha}$$

G – Custo Direto mensal do combustível

F1 – Briquete

$$4,77 \text{ t/h} \times 216 \text{ h/mês} \times \text{R\$ } 305/\text{t} = \text{R\$ } 314\ 247/\text{mês}$$

F2 – Lenha de eucalipto

$$6,37 \text{ t/h} \times 216 \text{ h/mês} \times \text{R\$ } 200/\text{t} = \text{R\$ } 275\ 184/\text{mês}$$

H – Comparação dos Custos Diretos e Indiretos do combustível

O briquete é 14,19% mais caro em Custo Direto neste caso.

A lenha tem um Custo Direto de R\$ 275 184/mês e um custo Indireto de R\$ 82 555/mês.

O briquete tem um custo Direto e Indireto de R\$ 314 247/mês.

O custo mês total da geração de energia como briquete é de R\$ 314 247 e com lenha de eucalipto, é de R\$ 357 739, portanto a lenha é 13,84% mais cara.

I – Custo da tonelada do vapor para geração de energia nas caldeiras.

$$\text{O custo do vapor gerado pelo briquete vale } \text{R\$ } 314\ 247 / (25 \text{ t/h} * 216 \text{ horas/mês}) = \text{R\$ } 58,19/\text{t.}$$

$$\text{O custo do vapor gerado pela lenha é } \text{R\$ } 357\ 739 / (25 \text{ t/h} * 216 \text{ h/mês}) = \text{R\$ } 66,24/\text{t.}$$

Assim, o custo do vapor gerado pela lenha é 13,84 % mais caro, neste caso particular.

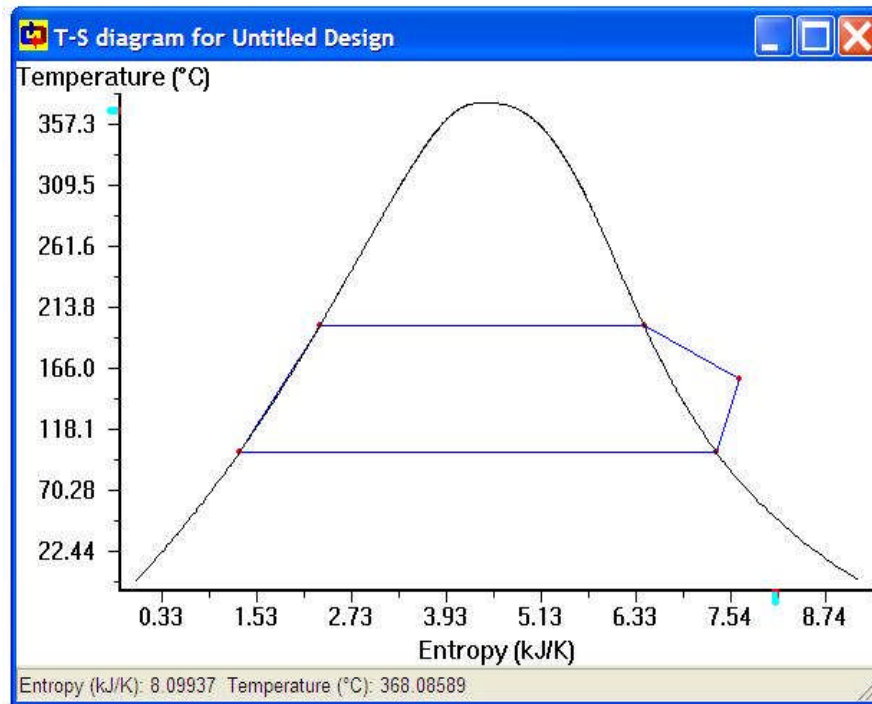


Figura APÊNDICE E1 – Diagrama da temperatura em função da entropia

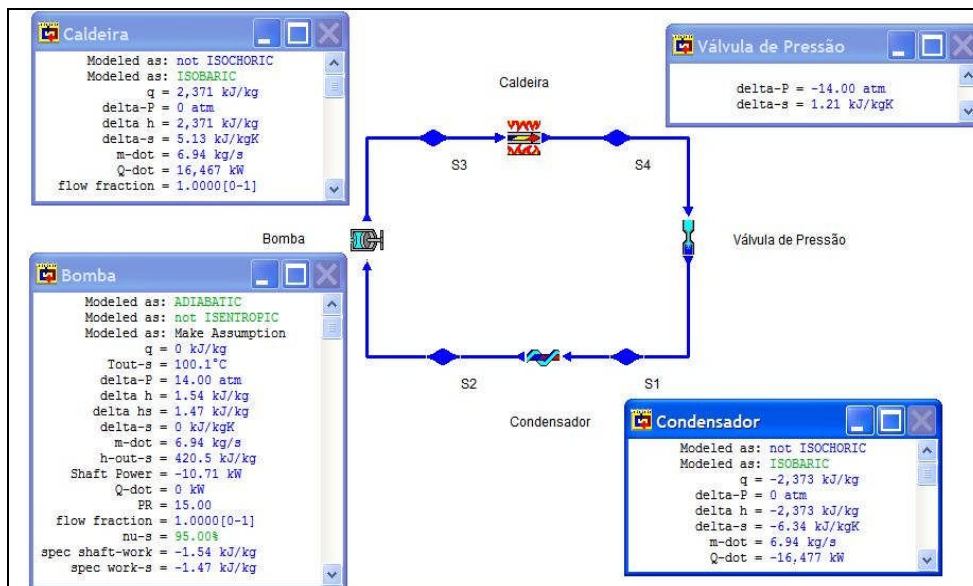


Figura APÊNDICE E2 – Diagrama termodinâmico para o ciclo de Rankine- 1(Processo)

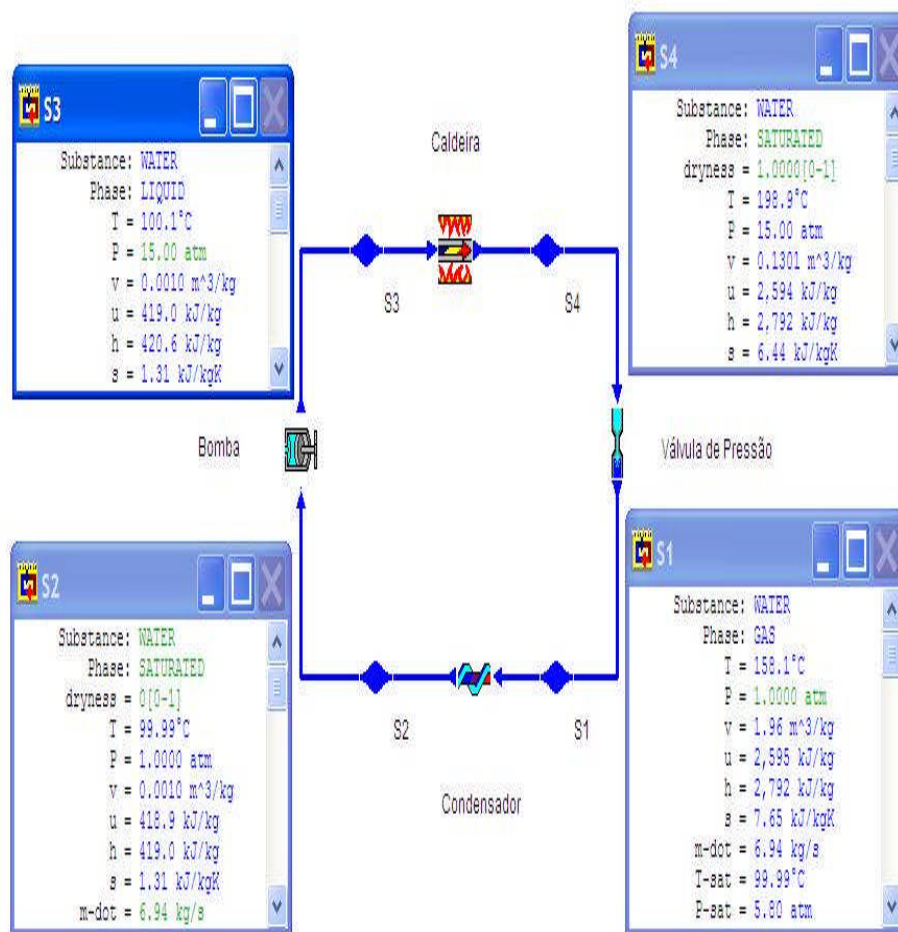


Figura APÊNDICE E3 – Diagrama termodinâmico para o ciclo de Rankine- 2 (Vapor)

APÊNDICE F

INVESTIMENTOS EM MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS PARA UMA FÁBRICA *TURN KEY JOB* DE BRIQUETE DE TRÊS TON/HORA.

Os valores deste orçamento são preços cheios de lista dos fabricantes de máquinas, equipamentos, instalações e serviços de obras civis para usinas de briquetagem no Brasil. Não foram considerados encargos financeiros, nem acordos negociais de fechamento de pedido entre compradores e vendedores.

Tabela APÊNDICE F1 – Investimentos em máquinas e equipamentos

Nr	Equipamento, máquina ou serviço	Preço – R\$ 1000,00	%
1	2 Briquetadeiras completas	356	14,52
2	2 Silos metálicos secos	59	2,41
3	1 Secador com fornalha	590	24,07
4	1 Redler com chupim	98	4
5	1 Peneira	34	1,39
6	1 Picador	196	8
7	Equipamentos do cominuidor	65	2,65
8	Projeto e execução das obras civis	800	32,64
9	Tijolos refratários para a fornalha	15	0,61
10	Mão-de-obra para montagem	10	0,41
11	Transporte dos equipamentos	20	0,82
12	Instalação e material elétrico entre quadros e motores	30	1,22
13	Montagem	20	0,82
14	Treinamento	Já incluído	–
15	Estadia e viagem da mão-de-obra	8	0,33
16	Transformadores e instalações	100	4,08
17	Outros	50	2,04
18	Soma	2.451	100,00

Índices relativos para os investimentos:

A – Toneladas a vender para pagar os investimentos = 8.036

B – Toneladas a vender para pagar os investimentos, com lucro de 13,11% = 61.275

C – Produção mensal estimada = (3 t/h x 18 h x 24 dias) = 1.296 ton

D – Meses para pagar os investimentos com todo lucro da empresa investido = 47 meses

PS: valores sem juros de financiamento ou de capital próprio

Fonte: Dados médios de fabricantes brasileiros de usinas de briquetagem. Dezembro de 2007.

APÊNDICE G

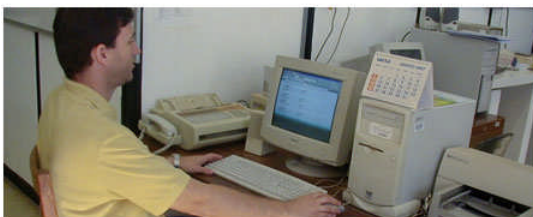
A - ENSAIOS



A1 - Ensaio de resistência do briquete



A2 - Laboratório dos ensaios



A3 - Técnico operando o computador



A4 - Dessecador de cadinho



A5 - Determinação de cinzas



A6 - Determinação do poder calorífico



A7 - Balança analítica



A8 - Técnico contando briquete



A9 - Medindo temperatura da serragem



A10 - Medindo vazão da produção

A - ENSAIOS (cont.)



A11 - Pesagem dos sacos na embalagem



A12 - Medidor de temperatura no secador

B - BRIQUETES E SERRAGEM



B1 - Diversidade de tipo de briquete



B2 - Briquete convencional de mercado



B3 - Briquete de alimentação automatizada



B4 - Briquete em embalagem tipo-exportação



B5 - Serragem armazenada



B6 - Amostras de serragem



B7 - Refúgio úmido para queimar



B8 - Queima na janela da fornalha

C - PROCESSO INDUSTRIAL



C1 - Produção de serragem na serraria



C2 - Recepção de serragem na fábrica



C3 - Coletando serragem na serraria



C4 - Carregando serragem na fábrica



C5 - Depósito interno com serragem



C6 - Descartes transformados em serragem



C7 - Fornalhas



C8 - Retalhos a queimar na fornalha



C9 - Resíduos de peneira para queimar

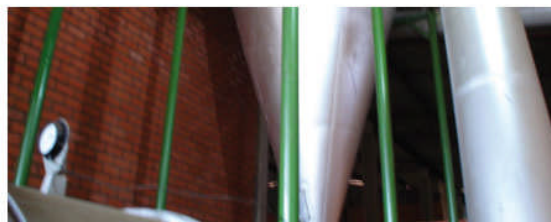


C10 - Secador rotativo

C - PROCESSO INDUSTRIAL (cont.)



C11 - Secador de grande indústria



C12 - Secador de serragem por ciclonação



C13 - Briquetadeira de pistão



C14 - Acionamento da briquetadeira com motor



C15 - Briquetadeira



C16 - Ponta do pistão de compactação



C17 - Mesa de embalagem do briquete



C18 - Carregamento de briquete no caminhão (1)



C19 - Carregamento de briquete no caminhão (2)



C20 - Carregamento de briquete no caminhão (3)

C - PROCESSO INDUSTRIAL (cont.)



C21 - Caminhão carregado para entrega



C22 - Veículo de entrega do produto



C23 - Forno de padaria



C24 - Forno de mercado doméstico



C25 - Estoque interno no usuário



C26 - Estoque de briquete de pizzaria



C27 - Fábrica consumidora de briquete



C28 - Caminhão transportando produto



C29 - Embarque de briquetes em pallets (1)



C30 - Embarque de briquetes em pallets (2)

C - PROCESSO INDUSTRIAL (cont.)



C31 - Pallets dentro de container



C32 - Container em carregamento



C33 - Navio recebendo briquetes palletizados

D - DETALHES INDUSTRIAIS



D1 - Fábrica de briquete para 650t/mês



D2 - Transformadores de tensão na fábrica



D3 - Automação industrial informatizada



D4 - Banco de capacitores para $\cos \phi$



D5 - Inversor de frequência dos motores

APÊNDICE H

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

H1 – Estatística de Spearman

Tendo em vista a necessidade de investigar o comportamento de algumas etapas e produtos do processo de briquetagem, foram relacionadas 30 variáveis. Assim, foram selecionadas duas a duas de maior interesse, usando-se a estatística não-paramétrica de Spearman e como apresentado a seguir:

Tabela APÊNDICE H1 – Classificação e numeração das variáveis

Nr	Descrição
1	Teor umidade serragem peneira
2	Teor umidade serragem ciclone
3	Teor umidade briquete B1
4	Teor umidade briquete B2
5	Teor umidade lenha fornalha
6	Densidade serragem peneira
7	Densidade serragem ciclone
8	Densidade briquete B1 granel
9	Densidade briquete B1 puro
10	Densidade briquete B2 granel
11	Densidade briquete B2 puro
12	Vazão serragem peneira
13	Vazão serragem ciclone
14	Vazão B1
15	Vazão B2
16	Vazão B1 + B2
17	Cinza serragem
18	Cinza briquete
19	Potência elétrica peneiramento
20	Potência elétrica secagem
21	Potência elétrica exaustão
22	Potência elétrica briquetagem B1
23	Potência elétrica briquetagem B2
24	Potência elétrica soma de 22 e de 23
25	Compressão lateral briquete B1
26	Compressão lateral briquete B2
27	Potência motor central da B1
28	Potência do motor central da B2
29	Potência do motor da peneira
30	Potência do motor do ciclone

A metodologia usada para esta parte do estudo de tecnologia foi eleita para investigar variável por variável. No entanto, isto é necessário, mas não suficiente para se analisar uma indústria de briquetagem. Desta forma, foi adotada a Estatística de Spearman que avalia cada duas variáveis baseada em *ranks* (Conover, 1980) e onde o coeficiente rho varia de -1 a +1 e vale a seguinte equação 21,

$$\rho_{sp} = 1 - [(6 * \sum D_s^2) / (n(n^2-1))] \quad [21]$$

Sendo:

rho = Coeficiente de Correlação de Spearman

D_s^2 = soma dos quadrados das diferenças dos postos entre as variáveis x e y,
n= número de repetições

Para elucidar a metodologia usada, é apresentada a Tabela H2 seguinte com o cálculo do rho de Spearman:

Tabela APÊNDICE H2 - Modelo e exemplo para quatro repetições da estatística de Spearman

x	y	Rx	Ry	Dp	Ds	Ds ²
3	2	2	1	2	1	1
2	4	1	3,5	3,5	-2,5	6,25
5	4	3	3,5	10,5	-0,5	0,25
7	3	4	2	8	2	4
$\Sigma=24$						$\Sigma=11,5$

rho= -0,15

Para testar se a correlação de Spearman estimada é significativamente diferente de zero, um teste exato de independência foi aplicado (Bhattacharrya; Johnson, 1977). Considerando alternativa dupla de duas variáveis, a hipótese da nulidade H_0 é rejeitada em favor de H_1 , se:

$$\sum R_x R_y \geq X \text{ ou então } \leq X^* \quad [22]$$

Onde:

$$\alpha/2 \geq P [\sum R_x R_y \geq X] = P [\sum R_x R_y \leq X^*] \quad [23]$$

Nesta estatística não-paramétrica que não segue a curva normal de Gauss, foi adotado um nível de significância de 17% com quatro repetições, as quais incluem cinco subamostras em cada, pelas variações não só das máquinas, matéria-prima, clima e regulagens dos motores durante os ensaios. A Tabela H3 seguinte da distribuição de Spearman para quatro observações é o seguinte:

Tabela APÊNDICE H3 – Rho de Spearman

Tabela para 4 observações		
X	P	X*
29	0,167	21
30	0,042	20
31	0	19

H2 – Poder Calorífico Superior, Inferior, Útil. (Tabela 2.6)

FV	GL	SQ	QM	F
Trat (2-1=1)	1	10045,11	10045,11	0,502
Resíduo 5	5	25223,17	5044,634	NS
TTL (8-7=6)	6	35268,28		

R=4; N=8; GL=1;5;6; F<1=(GL TRAT=1 e GL RES=5)=1%=0,000043
F<1=(GL TRAT=1 e GL RES=5)=5%=0,0011

H3 – Análise da Variância entre teor de cinza da serragem e do briquete. (Tabela 2.7)

One-way ANOVA: Serragem; Briquete					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	0,861	0,861	2,25	0,156
Error	14	5,350	0,382		
Total	15	6,211			

S = 0,6182 R-Sq = 13,86% R-Sq(adj) = 7,71%

H4 – Coeficiente de Variação dos fluxos de massa.(Tabela 2.10)

SERRAGEM NA PENEIRA	SERRAGEM NO EXAUSTOR	BRIQUETE B1	BRIQUETE B2	SOMA DOS BRIQUETES B1 E B2
2.214,6	1.738,6	882,9	1.042,7	1.925,6
CV = 7,26	CV =11,89	CV =16,19	CV =14,27	CV =10,68

H5 – ANOVA entre as vazões da serragem na peneira e no exaustor. (Tabela 2.10)

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	453023	453023	13,21	0,011
Error	6	205800	34300		
Total	7	658824			

S = 185,2 R-Sq = 68,76% R-Sq(adj) = 63,56%

H6 – ANOVA do Teste de Resistência Mecânica Estática entre briquetes com 85 mm e 95 mm de diâmetro. (Tabela 2.19)

One-way ANOVA: CR_B1 versus CR_B2					
Source	DF	SS	MS	F	P
CR_B2	26	6993316	268974	5,69	0,160
Error	2	94478	47239		
Total	28	7087794			

S = 217,3 R-Sq = 98,67% R-Sq(adj) = 81,34%

H7 – Figura 2.10a – Quantidade de inteiros de briquetes embalados de forma desorganizada (granel)

Linear Regression for Data1_B: Y = A + B * X				
Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
A	97,94143	3,09937	31,60047	<0.0001
B	-4,09571	0,69304	-5,90979	<0.0001

R	R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)	N
-0,75713	0,57325	0,55684	7,33444	28

ANOVA Table:

Item	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Statistic
Model 1	1	1878,78606	1878,78606	34,92557
Error	26	1398,64389	53,794	
Total	27	3277,42994		

Prob>F

<0.0001

H8 – Figura 2.10b – Quantidade de inteiros de briquetes embalados de forma organizada (amarrado).

Linear Regression for Data1_B: $Y = A + B * X$

Parameter	Value	Error	t-Value	Prob> t
A	98,68286	1,98809	49,63704	<0.0001
B	-1,52071	0,44455	-3,42079	0,00207

R	R-Square(COD)	Adj. R-Square	Root-MSE(SD)	N
-0,55712	0,31038	0,28385	4,70468	28

ANOVA Table:

Item	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Statistic
Model 1	1	259,00806	259,00806	11,70182
Error	26	575,48374	22,13399	
Total	27	834,4918		

Prob>F

0,00207

APÊNDICE I

REGISTROS CLIMÁTICOS E DO MEIO AMBIENTE

1 – O Brasil tem 12% da água doce do mundo e a floresta amazônica sul americana produz 20% do oxigênio da atmosfera da Terra. A desertificação da Amazônia, seja pelas secas como a de 2005 ou pelo desmatamento, levaria a uma situação catastrófica pela conseqüente concentração de gases estufa na atmosfera, uma vez que a fotossíntese absorve o CO₂ do ar (IPCC, 2007).

2 – Segundo Jamais Cascio e James Hansen da NASA, a produção anual de gases estufa é de sete bilhões de toneladas. Quanto maior o teor de CO₂, maior é a temperatura média do ar e dos oceanos, causada pela retenção da radiação que fica presa. É sabido que a água aquecida dos oceanos é combustível para os furacões. Estudos feitos de elevação de temperatura de 1°C a 6°C mostram uma evolução de eliminação da vida animal, vegetal ou humana do planeta. O aumento médio das últimas décadas é de 0,8°C. O aumento adicional de 1°C da Antártida significa o derretimento do gelo e transformação em deserto. Projeções para 2035 mostram a eliminação das geleiras dos Himalaias e o conseqüente desaparecimento de rios que dão vida regional como o Rio Ganges, com o desaparecimento de 60 milhões de habitantes. No caso específico das geleiras da Groenlândia, elas têm 150 mil anos, e agora com as mudanças climáticas, o aumento de 2°C é o suficiente para o seu desaparecimento. Como o gelo reflete a energia da luz, o seu desaparecimento ajuda a aumentar mais rapidamente a temperatura das águas oceânicas. Esta carga energética das águas é geradora de furacões mais freqüentes e mais intensos, como os que são registrados atualmente, entre eles o Katrina ocorrido em New Orleans. Simulações avançadas de computadores registram que se todo o gelo da Terra derretesse, o nível dos oceanos subiria sete metros, inundando todas as cidades marítimas, entre elas New York, London e Rio de Janeiro. Conforme datação dos ciclos geológicos, estaríamos repetindo o Período Cretáceo de forma acelerada e causado pela voracidade energética da humanidade.

3 – O processo inverso correu há 50 mil anos atrás na era glacial, quando a temperatura caiu em média 6°C no planeta, levando a formação de uma camada de gelo de 1,5 km de espessura. Hoje, o nível de CO₂ do ar é de 383 ppm e o nível de 450 ppm significa a eliminação da vida animal e humana.

4 – A demanda de energia e conseqüente oferta de CO₂ na atmosfera é fruto da demografia, avanço tecnológico e visão estreita dos líderes em prever e controlar danos futuros. Combustíveis poluentes como petróleo, carvão mineral e gás natural ajudam no aumento dos teores de CO₂ da atmosfera. Os Estados Unidos que são os maiores emissores de gases estufa, são os que menos colaboram com o futuro da humanidade, ao não ratificar tratados importantes como de Kyoto e outros. Metade da demanda de energia norte americana é domiciliar fruto do comportamento consumista da sociedade.

Neste começo de século 21, países como Rússia, China e Índia que tem mais da metade da população do planeta crescem a taxas acima de 7% ao ano, tem o sonho consumista, demandam mais energia, geram mais CO₂ e acentuam as mudanças climáticas. Basta lembrar que 90% da demanda de energia dos países ocidentais e os emergentes asiáticos usam

combustíveis fósseis. Casos pontuais são registrados como em Paris onde muitas casas têm telhados metálicos para aquecimento natural. Devido a uma onda de calor ocorrida em 2006, três mil parisienses idosos morreram em uma semana, um fato inédito naquela cidade.

5 – Os oceanos também são responsáveis pela produção de oxigênio da Terra, gerado por micro-seres marinhos, os quais estão ameaçados. O aumento da temperatura das águas oceânicas elimina a base da cadeia alimentar. Considera-se que 1 milhão de espécies marinhas do plâncton estão morrendo pelo aquecimento das águas e desmembrando a cadeia alimentar que vai dos seres microscópicos até grandes animais como baleias. Além disto, o CO₂ da atmosfera faz que a água do oceano se torne mais ácida, trocando toda a matriz original da vida que se desenvolve neste meio.

6 – As biomassas têm um futuro garantido neste cenário de mudanças climáticas planetárias por terem carbono neutro, serem competitivas e renováveis, gerarem emprego e renda, demandarem baixa tecnologia e serem uma alternativa aos combustíveis que geram carbono na atmosfera e agem na troca da matriz climática para pior.

7 – A quantidade e a qualidade de água potável disponível no Planeta estão em queda, à medida que a população aumenta. Isto sugere problemas futuros caso este rumo não seja modificado (Gore, 2008). A água dos oceanos é salgada e demanda elevados custos para desalinização; a água potável em forma de gelo dos Pólos, para ser aproveitada, demanda custos ainda maiores. Além disso, estão em processo de rápido derretimento, como as geleiras das montanhas que não mais existem, como a dos Altos Himalaias, Alpes e Andes. No caso do Brasil, apesar da abundância de rios e lagos, 50% das cidades não têm saneamento básico. Alie-se o fato do grande desperdício doméstico de água potável e tratada, como lavar calçadas/automóveis, vazamentos, duchas demoradas, piscinas, águas servidas e outros desperdícios associados ao menor nível cultural da população. A água é um bem público, exigindo racionalização por meio de políticas públicas e de cobrança deste bem.

APÊNDICE J

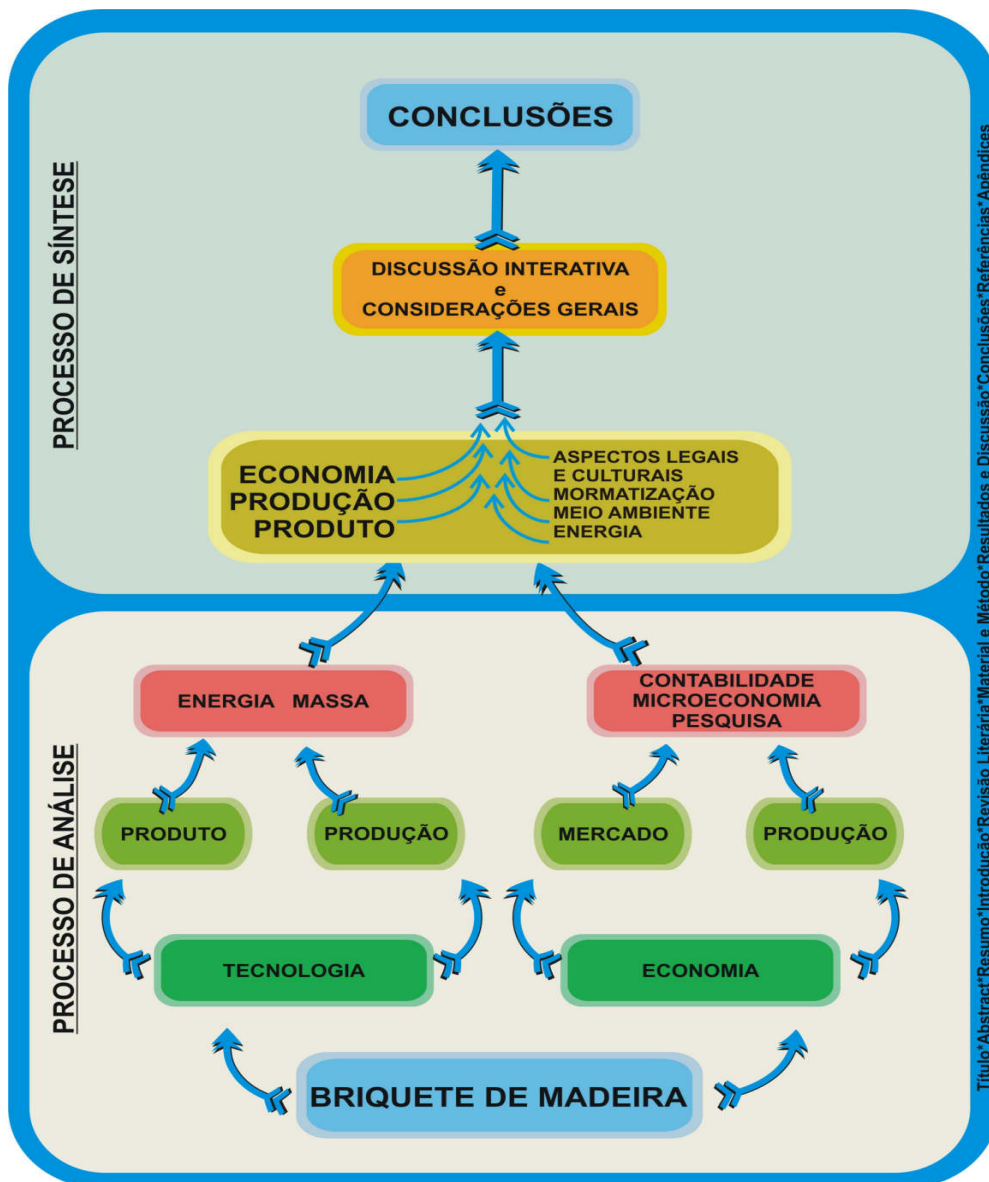


Figura APÊNDICE J1 – Diagrama do fluxo dos estudos seguidos nesta tese.

APÊNDICE K

PERFIL DE MÉTODOS, ESTATÍSTICAS E PROCEDIMENTOS

Este Apêndice tem por objetivo caracterizar os diversos métodos, estatísticas, ensaios e procedimentos usados ao longo da Tese, de forma sintética e didática.

1 – *SWOT Analysis*:

Autor, Data e Local: Albert Humphrey, Década de 1960, Stanford University-USA.

Objetivo ou Função: Desenhar características internas e externas do mercado.

Estrutura ou Formato: Identificar forças e fraquezas da oferta, assim como as Oportunidades e Ameaças da demanda de um determinado mercado.

Benefício ou Aplicação: Gerar maior lucro para a empresa e conhecimento do mercado, assim como minimizar riscos, tempos e investimentos do negócio.

Local Usado na Tese: Cap. 3.2.3.3. e Cap. 3.2.3.4.

Resultados Obtidos: Bons

2 – *ABC – Activity-Based Costing*:

Autor, Data e Local: Robert Kaplan, Robin Cooper e W. Bruns, 1987, Harvard Business Review.

Objetivo ou Função: Usado para calcular custos de forma acurada de produtos, atividades ou departamentos para os atuais negócios complexos e globalizados.

Estrutura ou Formato: Atuais com ênfase sobre os custos indiretos, próprios de negócios de serviços.

Benefício ou Aplicação: Explicita detalhes dos custos em uma matriz de atividades contra fatores dos custos.

Local Usado na Tese: Cap. 3.1.3.2.

Resultados Obtidos: Bom para desenhar detalhes de custos industriais, porém inadequado para detalhar custos indiretos, pouco presentes neste estudo.

3 – *Rho de Spearman*

Autor, Data e Local: Charles Edward Spearman, 1904, London.

Objetivo ou Função: Mede correlação de duas variáveis, sem o uso da distribuição normal.

Estrutura ou Formato: É um caso específico do Coeficiente de Correlação de Pearson, em que os números são transformados em uma seqüência antes do cálculo dos coeficientes.

Benefício ou Aplicação: Estudos observacionais em que a estatística paramétrica não pode ser usada.

Local Usado na Tese: Cap.2.3.7 e APÊNDICE H

Resultados Obtidos: Bons.

4 – *Pesquisa Qualitativa de Mercado*

Autor, Data e Local: [19_?]

Objetivo ou Função: Abordagem para obter informação em profundidade de atitudes, reações, preferências e comportamento do público relacionado com o briquete de madeira.

Estrutura ou Formato: Pode atuar sobre uma amostra pequena e arbitrária. Uso de questionário estruturado em semiprofundidade, por meio de entrevistas pessoais ou por *E-mail*.

Benefício ou Aplicação: Levantamento preliminar e inédito junto ao mercado de brique de madeira.

Local Usado na Tese: Cap. 3.2.4.1.

Resultados Obtidos: Bons

5 – Análise de Regressão

Autor, Data e Local: Sir Francis Galton, [18__?]. Trinity College, Cambridge.

Objetivo ou Função: Modelar o relacionamento entre variáveis preditoras contínuas e uma variável resposta, podendo ser uma função linear ou não.

Estrutura ou Formato: Relacionamento da quantidade de peças quebradas de briquetes em função da quantidade de impactos e para dois diferentes tipos de embalagem do produto.

Benefício ou Aplicação: Determinar os índices de briquetes inteiros e criar um Método de Avaliação de produto para o mercado brasileiro.

Local Usado na Tese: Cap. 2.4.4.1.

Resultados Obtidos: Bons.

6 – Análise de Variância (ANOVA)

Autor, Data e Local: Sir Ronald Fisher. 1925. London.

Objetivo ou Função: Verificar se existem diferenças significativas entre os níveis dos fatores independentes.

Estrutura ou Formato: A técnica fundamenta-se na parte do total da soma dos quadrados em componentes e relacionados aos efeitos usados no modelo dos ensaios.

Benefício ou Aplicação: Apresenta um indicativo da probabilidade da variação dos dados entre os fatores.

Local Usado na Tese: Cap. 2.4.

Resultados Obtidos: Bons.

7 – Teste Exato de Fisher

Autor, Data e Local: Sir Ronald Fisher. [19__?]. London.

Objetivo ou Função: Examinar a significância da associação entre duas variáveis em uma tabela 2x2 de contingência.

Estrutura ou Formato: É um teste de significância estatística para pequenas amostras, sendo uma classe de testes exatos.

Benefício ou Aplicação: É apropriado para estudos observacionais de estatística não-paramétrica.

Local Usado na Tese: Cap.3.2.3.4.

Resultados Obtidos: Bons.

8 – Método de Monte Carlo

Autor, Data e Local: Projeto Manhattan, da Construção da Bomba Atômica. 1948. USA.

Objetivo ou Função: É um método estatístico usado em simulações estocásticas e usado como forma de obter informações numéricas de funções complexas.

Estrutura ou Formato: É um modelo matemático estocástico que incorpora elementos de probabilidade e cujos dados representam probabilidades.

Benefício ou Aplicação: Reduz para uma amostra aceitável, uma combinação muito grande de dados a serem permutados e processados.

Local Usado na Tese: Cap.3.2.3.4.

Resultados Obtidos: Bons.

9 – Coeficiente de Variação (CV)

Autor, Data e Local: Sir Ronald Fisher. 1918. London.

Objetivo ou Função: É a medida da dispersão que se presta para a comparação da distribuição dos dados.

Estrutura ou Formato: Se o desvio padrão é a medida da dispersão dos dados, o Coeficiente de Variação é a razão entre esse e a sua média, dado em porcentagem e sendo adimensional.

Benefício ou Aplicação: Mostrou a grande variação dos dados na indústria de briquete em estudo.

Local Usado na Tese: Cap.2.4.

Resultados Obtidos: Limitados pela grande variação dos dados observacionais registrados nos estudos desta Tese.

10 – Análise de Correspondência (AC)

Autor, Data e Local: Primeiros estudos matemáticos por Hirschfeld em 1935. Redescoberto na França em 1960. A AC foi aperfeiçoada por Grennacre & Hastie. 1987. Pretoria. África do Sul.

Objetivo ou Função: É poderosa ferramenta para analisar dados de grandes matrizes de tabelas de duas ou mais entradas, estudando correspondências entre linhas e colunas tomadas duas a duas. Determina as variáveis mais importantes e avalia detalhes das combinações das correspondências.

Estrutura ou Formato: Por meio de gráficos com distribuição hiperdimensional.

Benefício ou Aplicação: Estuda relações entre categorias de linhas e categorias de colunas em uma tabela de contingência, podendo abordar pesquisas qualitativas ou quantitativas.

Local Usado na Tese: Cap. 3.2.3.4 e 3.2.4.2.

Resultados Obtidos: Bons.

APÊNDICE L

RELATO DE UMA VIAGEM DE ESTUDOS

1 – Objetivo e perfil da viagem

Na programação da Tese foi relacionada uma viagem de estudos junto aos atores do briquete e da briquetagem. Isto objetivou obter conhecimentos práticos completando os estudos teóricos.

Entre as datas de 9 de dezembro de 2007 e 3 de janeiro de 2008, foram percorridos 6.728 Km, nos Estados de DF, GO, MG, SP, PR, SC e RS, visitando-se os seguintes segmentos ligados ao briquete de madeira: fabricantes de máquinas e de indústrias de briquetagem, fabricantes de briquetes, universidades e centros de pesquisa, comerciantes, pequenos e grandes consumidores de briquete, indústrias de processamento de madeira, indústria de co-geração elétrica e exportadores.

2 – O produto

Os briquetes são diversos em função: da tecnologia empregada na sua fabricação, tipo de matéria-prima, qualidade gerencial e da mão-de-obra envolvida, acabamento do produto e características físicas, mecânicas e químicas. Entre elas, o poder calorífico, o teor de umidade, o teor de cinza, a densidade aparente e a granel, dimensões e cor. As análises feitas pelas indústrias de briquete nos centros de pesquisa de energia da madeira mostram uma variação de 18,91 GJ/t até 21,03GJ/t e numa média geral de 19,7GJ/t. A definição prática de um bom briquete dada pelos consumidores é aquele que: 1) tem um PCS (poder calorífico superior) mínimo de 19 GJ/t; 2) jogado no chão de concreto, não esfarela; 3) tem as laterais plastificadas e sem diferenciação entre as bolachas (separação na biomassa adensada causada pelos golpes do adensamento); 4) fabricado com maravalha e, não, com pó-de-serra; 5), colocado na grelha do forno, ele aumenta de comprimento pela ação do calor, não desmancha imediatamente, e o fogo inicia pelas aberturas de ar entre as bolachas do briquete; 6) embalagem em sacos amarrados de rafia entre 35 e 50 kg; 7) fabricado com madeira de coníferas; 8) não gera fuligem.

3 – A matéria-prima

A maioria é de coníferas, entre elas *Pinus sp*, em forma de pó-de-serra e menos de maravalha. Ela vem de serrarias em desdobro primário e secundário de toras, da indústria moveleira e de outras de transformação da madeira como lápis, *pallets*, caixaria e material de construção civil. O briquete feito de maravalha produz melhor briquete, pois o derretimento da lignina no processo permite um melhor entrelaçamento entre a escama da maravalha e a lignina derretida. Surge então um briquete sólido, denso e pouco quebradiço. No entanto, esta maravalha além de escassa, é mais cara, de até R\$ 20/m³ posto usina de briquetes, em comparação ao valor médio de R\$ 13/m³ a R\$ 15/m³ do pó-de-serra. Matéria-prima com 13% de umidade como da indústria moveleira é muito demandada, pois reduz o custo de produção, gera melhor produto, tem maior preço de mercado e vende-se com facilidade toda produção. Os entrevistados registram que o maior inimigo futuro do briquete é a disponibilidade de matéria-prima, a qual concorre com outras cadeias produtivas de maior valor agregado.

4 – Estimativa de produção nacional e valor

Um levantamento preliminar entre todos os entrevistados nesta viagem de estudos mostrou que a demanda mensal de briquete de madeira no mercado interno é de 51,7 mil toneladas por mês, 620,4 mil toneladas por ano e distribuída nos seguintes Estados: SP (10,5); MA (2,0);

PA (1,5); CE (2,0); MG (2,0); MT (12,0); GO (0,7); PR (10,0), SC (10,0); RS (1,0). Considerando um preço médio de R\$ 270/t, a demanda deste produto vale cerca de R\$ 13,96 milhões por mês ou R\$ 167,4 milhões por ano.

5 – Capacitação da mão-de-obra e Gerencial

Como todo mercado emergente e não-organizado, o do briquete carece de mão-de-obra e de capacitação profissional dos líderes, tanto nas indústrias, empresas de serviços, área acadêmica, de centros de pesquisa e governos nos três níveis.

6 – Distribuição

A distribuição de briquetes não é organizada no Brasil. A Grande São Paulo tem 15 milhões de habitantes, congrega 37 cidades, tem um diâmetro de ação de 80 km e produz 30% do Produto Interno Bruto do Brasil. Este aglomerado humano é o grande centro de comércio de briquete no Brasil, tanto para calor (fornos e fornalhas) como potência (caldeiras a vapor). Pratica preços de varejo entre R\$ 350/t a 400/t e um preço de atacado de R\$ 270/t. Algumas indústrias dos Estados do Paraná e de Santa Catarina tem um custo de R\$ 216/t.

Como toda a indústria que pratica o comércio, ela tem uma tendência ao produto e, não, ao mercado. Este padrão leva frequentemente ao fracasso devido à falta de distribuição e como observado nas pequenas usinas de briquetagem visitadas nesta viagem de estudos.

7 – Exportação

O mercado brasileiro ainda não está preparado para a exportação nem de peletes nem de briquetes e pelos seguintes motivos: 1) não existem normas brasileiras ou internacionais já consagradas; 2) a burocracia governamental em geral e a ambiental em particular dificultam os esforços neste sentido; 3) os importadores compram lotes mínimos de 10 mil toneladas, o que é impraticável num mercado emergente como no Brasil; 4) o produto exige proteção especial por ser vulnerável à umidade, principalmente no transporte marítimo de longa duração; 5) os custos de produção no Brasil são elevados pela pequena escala e grandes distâncias de frete; 6) o Mercado Comum Europeu tem reserva de mercado e não tem interesse em produtos externos; 7) ante as normas suecas, o produto brasileiro ainda precisa melhorar. O preço de exportação de pelete tipo A vale € 150/t FOB Paranaguá e € 230/t porto europeu da Itália para lotes mínimos de 260 t. Usam a Norma DIN para exportação. No Estado de Goiás, o custo médio de produção é de R\$ 265/t.

8 – Centros acadêmicos e de pesquisa

Não existem, no Brasil, especialistas nem centros acadêmicos de pesquisa de briquete por se tratar de um produto que não têm mais de cinco anos como biocombustível sólido de importância econômica. Apenas agora com o encarecimento do preço do barril do petróleo, da pressão ambientalista e da fartura e baixo preço de descartes madeireiros existentes no Brasil, é que começaram os estudos. Algumas indústrias de briquete pertencentes a grupos econômicos, algumas repartições públicas e alguns trabalhos acadêmicos preliminares e setoriais existem e que podem ser considerados uma semente não-germinada.

10 – Co-geração elétrica com biomassa madeireira

Uma das visitas foi em uma indústria de co-geração no interior de Santa Catarina. Ela é particular, vende eletricidade para o Sistema Eletrobrás e para o sistema industrial privado.

Consome 30 mil toneladas mês de descartes madeireiros e gera 28 MW efetivos. Tem caldeira de 65 BAR, produz 120 toneladas por hora de vapor a 485°C, com matéria-prima com 35% a 70% de umidade e com tecnologia de indústria de mecânica pesada de bioeletricidade brasileira, sediada em Piracicaba-SP. O briquete de madeira não é usado por esta usina termelétrica, pois ela paga R\$ 45/t de biomassa em uma distância de até 80 km e o menor preço do briquete do Brasil é de R\$ 150/t posto usina de briquetagem. O preço de mercado da energia elétrica na região central de Santa Catarina é de R\$ 120/MW; esta usina vende a um preço menor.