

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

JÉSSICA MARIELLA BAUER

ESTÍMULOS E BARREIRAS PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE
MADEIRA NA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES: ESTUDO DE CASOS

SÃO LEOPOLDO

2015

Jéssica Mariella Bauer

ESTÍMULOS E BARREIRAS PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE
MADEIRA NA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES: ESTUDO DE CASOS

Dissertação a ser apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Área de Concentração: Gerência da Produção

Orientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

São Leopoldo

2015

B344e

Bauer, Jéssica Mariella.

Estímulos e barreiras para reaproveitamento de resíduos de madeira na fabricação de briquetes : estudo de casos / Jéssica Mariella Bauer. – 2015.

120 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2015.

"Orientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto."

1. Resíduos vegetais. 2. Logística empresarial. 3. Biomassa.
I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

JÉSSICA MARIELLA BAUER

ESTÍMULOS E BARREIRAS PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE
MADEIRA NA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES: ESTUDO DE CASOS

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em 22 de Dezembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Claudia Viviane Viegas – UNISINOS

Prof^a. Dra. Luciana Paulo Gomes – UNISINOS

Prof Dr. Jorge Antônio de Farias – UFSM

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto
Coordenador Executivo PPG em
Engenharia de Produção e Sistemas

AGRADECIMENTOS

Diversas são as pessoas com as quais prestigiei o apoio, ombro amigo e humildade nesse caminho de crescimento tanto profissional como pessoal. Destaco minha gratidão a todos.

Ao meu pai, Balduino Albano Bauer que como grande empreendedor me ensinou que “canudo não endireita orelha de ninguém”, todavia, me concedeu a oportunidade de obter mais conhecimento do que lhe foi oportunizado através de sua enorme dedicação como empresário.

À minha mãe, Marlize Teresinha Schierholt Bauer, minha eterna professora e que foi responsável pela minha alfabetização aos cinco anos de idade. Você certamente contribuiu para o enorme crescimento pessoal de muitos alunos, assim como eu.

Ao meu namorado Wesley, pelo carinho, compreensão, paciência em períodos de estresse, parceria e incentivos aos finais de semana, nos quais juntos focávamos-nos aos estudos.

Ao professor Dr. Miguel Sellitto pela honra em ser sua orientanda. Meus agradecimentos pela paciência (lidar com alemão teimoso não é fácil) e indicação de caminhos em todo este trajeto, além da presteza e ensinados que me proporcionaste. Às sugestões, aconselhamentos e conversas, importantes não somente no âmbito do mestrado como para meu crescimento pessoal.

Ao corpo docente do PPGEPS que busca sempre evoluir e fornecer aos estudantes apoio e orientações.

Àos professores do PPGEPS da UNISINOS, Cláudia Viegas, Miriam Borchardt, Giancarlo Medeiros Pereira, André Korzenowski, pela amizade, apoio, dicas e contribuições em artigos, além das noites de descontração com cuca e café!

Aos empreendedores e gestores Srs. Carlos Geib, Luiz Geib, André Teixeira e esposa, Paulo Roberto Klein, Sidnei Lamperti e Fabiana Montiel Lamperti que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço a oportunidade de haver conhecido pessoas que hoje levo em meu coração, que são realmente importantes e que espero manter contatos futuros, meus colegas do mestrado á vocês minha eterna amizade, em especial:

À Andrea Vargas, minha mãezona, irmã e melhor amiga. Aos artigos que construímos juntas e ainda vamos em momento futuro desenvolver. Ao esforço, garra e também momentos de “relax” já que no final “todos vamos virar pó”, não é mesmo? Agradeço pelos encontros em São Leopoldo; nos almoços juntas; as unhas pintadas pela Louise e ao seu esposo Gilvane pelas explicações e entrevista concedida;

À Gislaine Saueressig, que me incentivou e esteve presente assim como deu forças e revisou nossos textos com muito rigor. Que não mediu palavras para crescermos e alcançarmos nosso objetivo evitando tropeços pelo percurso;

À Juliane Luchese pela parceria em todos momentos, e por poder te guiar quando possível para que todas alcançássemos nossos objetivos apesar dos entraves e surpresas que a vida nos impõe;

À Mariane Cásseres, pelas brincadeiras, risadas em conjunto e por tornar todos os momentos menos difíceis de serem vivenciados.

Ao Jorge Ubirajara, Thiago Souza e Rodrigo Nuncio, assim como os demais pela convivência, ajuda mútua e colaboração.

A todos os professores que me incentivaram a ingressar no mestrado já na graduação ou que contribuíram com seus ensinamentos para minha evolução como pessoa. Meu muito obrigado a Rafael Vescovi Bassani; Renata Gianotti pelos ensinamentos de estatística; Oscar Kronmeyer, tu fostes um dos professores mais humildes e parceiros o qual tive o prazer de conhecer. Aos professores Rafael Mozart da Silva pelos ensinamentos de metodologia e elaboração de artigos; Maria Izabel Motta Morandi pelos aprendizados em Projeto II; Sandro Schmidt, Douglas Veit, bem como todos os outros.

Ao Daniel Seimetz e a equipe do CNA Igrejinha pelos ensinamentos de língua inglesa, a qual foi essencial nesta jornada. E um abraço especial ao Daniel pelas correções e revisões de língua inglesa.

A todos aqueles familiares e amigos que também fizeram parte e me acompanharam indiretamente até aqui.

“A ciência é uma aventura do espírito humano. É essencialmente uma iniciativa artística, estimulada em grande parte pela curiosidade, servida pela imaginação, disciplinada e baseada na fé da razoabilidade, ordem e beleza do universo” (*Warren Weaver*)

“Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho” (*Dalai Lama*)

“Uma vez tomada a decisão de não dar ouvidos mesmo aos melhores contra-argumentos: sinal do caráter forte. Também uma ocasional vontade de se ser estúpido”
(*Friedrich Nietzsche*)

RESUMO

A indústria de processamento mecânico da madeira é uma das maiores geradoras de resíduos lignocelulósicos decorrentes do processamento e transformação da madeira. Tais resíduos são usualmente descartados de modo inadequado e causam danos ambientais. Todavia, com a elevação de exigências de práticas sustentáveis as empresas passam a rever suas atitudes quanto ao descarte dos resíduos, investindo na gestão e no aproveitamento dos mesmos. Nesse contexto, destacam-se a logística reversa e a aplicação da biomassa florestal, como a serragem, cavacos e pó de madeira na confecção de briquetes de madeira. É caracterizada como uma alternativa renovável, benéfica ao ambiente, com características superiores a outras fontes energéticas. Portanto, com vistas à superioridade do produto, o objetivo deste estudo é identificar os motivos que levam uma empresa de processamento de madeira a aproveitar os resíduos de seu processo produtivo para a produção de briquetes e os fatores que possam dificultar esse processo. Para tanto, a abordagem escolhida foi estudo de casos múltiplos. Analisaram-se duas empresas de beneficiamento de madeira que confeccionam briquetes (B1 e B2) e outras duas empresas que não aproveitam seus resíduos (M1 e M2). Para a coleta de dados foram feitas entrevistas com os principais gestores das organizações. Os resultados evidenciam que são limitadas as opções de venda e destinação de resíduos de madeira e os baixos ganhos obtidos. Foi identificado que em B1 e B2 o estímulo principal para a produção de briquetes é a destinação correta de seus resíduos em acordo a legislação, a obtenção de ganhos financeiros superiores e a independência de empresas compradoras dos mesmos. Em relação às barreiras observou-se a alta sazonalidade do negócio o que requer a necessidade de local para armazenagem do produto. Somado a este fator foi apontado à baixa informação do briquete pelo mercado consumidor e a necessidade de divulgação das vantagens e benefícios de utilização de briquetes. Além disso, assinalou-se a disponibilidade de resíduos próprios e de baixa umidade, já que a aquisição de resíduos de outras empresas, transporte e exigência de secagem torna o processo de custos mais oneroso. Os resíduos devem apresentar tamanho adequado e serem provenientes de espécies específicas de madeira o que influenciará diretamente na qualidade do produto final. Os resultados também indicaram que as organizações briquetadoras não obtêm incentivos fiscais, governamentais ou legais no Brasil. Este estudo contribui para a divulgação de uma alternativa de destinação aos resíduos da indústria de processamento de madeira.

Palavras-Chave: Resíduos Lignocelulósicos. Logística Reversa. Biomassa.

ABSTRACT

The mechanical wood processing industry is one of the major generators of lignocellulosic wastes that result from the processing and transforming of wood. Such wastes are usually discarded in an improper way, thus causing environmental damages. However, with increasing requirement of sustainable practices companies are considering reviewing their attitudes regarding the waste discard, investing in their management and reuse. In this context, we can point out reverse logistics and forest biomass return, like sawdust, shavings and wood dust to the wood briquettes production. It is characterized as a renewable and environmentally beneficial alternative, presenting better characteristics to others energy sources. Therefore, in view of the superiority of the product, the aim of this study is to identify the reasons that lead a wood processing company to the harnessing of wood waste originated in its own productive process to produce briquettes and the factors that can hinder this process. To that end it was performed a multiple case study. There were analyzed two wood processing enterprises that are engaged in briquettes production (B1 and B2) and another two enterprises that do not utilize their wastes (M1 and M2). To the data collection it was applied interviews to the main managers of the companies chosen. The results have showed that there are limited options to the wood waste resale and destination and low gain achieved. It was identified in B1 and B2 that the main stimulus to briquette production is the correct destination to wastes in according to legislation, superior financial gains and independence of companies that buy this waste. Regarding the barriers it was observed the high seasonal influence in business requiring the need to a place of product storage. Added to this factor it was pointed the small information of the briquette by the consumers and the need for divulgating advantages and benefits of briquettes consumption. It was also pointed the availability of wastes and low humidity of them, because acquisition of waste from other companies, transportation and drying demand turn the costs processes more costly. The waste must display adequate size and be derived from specific wood species since it will influence the quality of the final product. The results also indicated that briquetting organizations do not obtain tax, legal or governmental incentives in Brazil. This study contributes to the revelation of an alternative to the wood processing industries to waste destination.

Keywords: Lignocellulosic Residues. Reverse Logistics. Biomass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divergências e complementariedades entre logística reversa e verde	31
Figura 2 - Destinações propiciadas pela LR.....	33
Figura 3 - Biomassa para a geração de energia	36
Figura 4 - Transformações da indústria de processamento mecânico da madeira	37
Figura 5 - Porcentagem de resíduos obtidos no desdobro da madeira	39
Figura 6 - Processo de elaboração de um estudo de caso.....	58
Figura 7 - Estrutura de execução da pesquisa.....	60
Figura 8 - Localização das unidades de análise.....	62
Figura 9 - Categorias de análise dos artigos	64
Figura 10 - Roteiro de entrevistas.....	66
Figura 11 – Processo produtivo da empresa M1	71
Figura 12 – Processo produtivo da empresa M2	74
Figura 13 - Processo produtivo da empresa B1	77
Figura 14 - Fluxograma do processo produtivo da empresa B2.....	81
Figura 15 - Fluxograma dos resíduos de madeira	94
Figura 16 - Série temporal da geração de resíduos de madeira em M1.....	95
Figura 17 - Série temporal da venda de resíduos de M2 para o Comprador 1	96
Figura 18 - Série temporal da venda de resíduos de M2 para o Comprador 2	97
Figura 19 - Série temporal de comercialização de briquetes de madeira em B1.....	98
Figura 20 - Série temporal de comercialização de briquetes em B2	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceituação de logística reversa	30
Quadro 2 - Vantagens da utilização de briquetes a partir da biomassa	46
Quadro 3 – Síntese das barreiras para investimentos em briquetes.....	53
Quadro 4 - Diferentes estratégias de pesquisa.....	57
Quadro 5 - Fontes de confiabilidade do estudo	63
Quadro 6 - Protocolo de pesquisa.....	65
Quadro 7 - Vantagens do produto briquete para B1	86
Quadro 8 - Vantagens da utilização de briquetes de madeira por B2.....	88
Quadro 9 - Síntese dos estímulos e barreiras.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de artigos publicados por tema.....	20
Tabela 2 - Comparação entre as características da lenha com o briquete de madeira.....	44
Tabela 3 - Preços médio de venda de briquetes, a partir de distintas matérias-primas	49
Tabela 4 – Custo estimado da produção de briquetes de madeira.....	55
Tabela 5 – Volume de geração resíduos de madeira na empresa M1, em metros cúbicos, por trimestre.....	73
Tabela 6 - Volume de geração resíduos de madeira na empresa M2, em metros cúbicos, por comprador.....	75
Tabela 7 - Volume de vendas de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B1	79
Tabela 8 - Volume de vendas de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B2	84
Tabela 9 – Resultados de ensaio comparativo do briquete da empresa B1 com outras fontes energéticas	87
Tabela 10 - Ensaio realizado nos briquetes da empresa B2	88
Tabela 11 - Correlação entre vendas de briquetes de B1 e B2.....	100

LISTA DE SIGLAS

ABIB	Associação Brasileira da Indústria de Biomassa e Energia Renovável
ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas,
BEN	Balanco Energético Nacional
CAD/CAM	Desenho Assistido por Computador/ Manufatura Assistida por Computador
CIF	<i>Cost, Insurance and Freight</i>
CMPC	Celulose Rio Grandense
CNC	Comando Numérico Computadorizado
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRS	Coordenadorias Regionais
CSBM	Companhia Siderúrgica Belgo Mineira
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management</i>
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FOB	<i>Free on Board</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>

LR	Logística Reversa
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Contribuição para o Programa de Integração Social
PMVA	Produtos de Maior Valor Agregado
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SBS	Sociedade Brasileira de Silvicultura
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3 JUSTIFICATIVA	18
1.3.1 Justificativa Acadêmica.....	19
1.3.2 Justificativa Empresarial	21
1.3.3 Justificativa Socioambiental	22
1.4 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	24
1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	25
1.6 CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO	26
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	27
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
2.1 A LOGÍSTICA REVERSA	29
2.1.1 Canais de Distribuição Reversos	32
2.1.2 Logística Reversa de Pós-venda e Pós-consumo.....	34
2.1.3 A Logística Reversa e a Destinação dos Resíduos de Madeira.....	35
2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA.....	37
2.3 O BRIQUETE DE MADEIRA: CONCEITO E HISTÓRICO.....	40
2.3.1 Caracterização da Matéria-Prima	41
2.3.2 Características do Briquete	43
2.3.3 Aplicabilidade dos Briquetes.....	47
2.3.4 O Mercado do Briquete no Brasil.....	48
2.3.5 Barreiras para a produção de briquetes.....	49
2.3.6 Custos de Implementação	53
3. METODOLOGIA.....	56
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	56
3.2 MÉTODO DE TRABALHO	59
3.3 UNIDADES E PERÍODOS DE ANÁLISE	61
3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	62
3.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	67

4. RESULTADOS	70
4.1 AS ESQUADRIAS E BENEFICIADORAS ANALISADAS	70
4.1.1 A Empresa M1	70
4.1.1.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa M1	71
4.1.2 A empresa M2	73
4.1.2.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa M2	74
4.2 AS EMPRESAS DE BRIQUETAGEM ANALISADAS.....	76
4.2.1 A empresa B1	76
4.2.1.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa B1	77
4.2.1.2 Briquetagem de resíduos na empresa B1	78
4.2.2 A empresa B2	80
4.2.2.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa B2.....	82
4.2.2.2 Briquetagem de resíduos na empresa B2.....	83
4.3 ESTÍMULOS E BARREIRAS PARA A CONFECÇÃO DE BRIQUETES	85
4.3.1 Estímulos para a confecção de briquetes.....	85
4.3.2 Barreiras para investimentos em briquetes de madeira	88
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	93
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
6.1 Implicações Gerenciais.....	105
6.2 Implicações Acadêmicas.....	106
6.3 Recomendações para futuras pesquisas	107
REFERÊNCIAS	109

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A área global coberta por florestas varia ao redor de quatro bilhões de hectares, em maioria localizada na Federação Russa, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China (FAO, 2013; SBS, 2008). O Brasil é o possuidor da maior extensão de floresta tropical do mundo (47%) e em torno de 64% do seu território é coberto por florestas (FAO, 2014a; SBS, 2008). São 519,3 milhões de hectares dos quais 98,6% são representados pela floresta nativa e 1,4% (7,2 milhões de hectares) de florestas plantadas, as quais são compostas por espécies de eucalipto (71%), pinus (22%) e outras espécies (7%) (ABIMCI, 2013).

A indústria florestal gera 1,6% do total de empregos no Brasil, vinculados a 81,2 mil empresas, e representa em média 1,47% do PIB (ABIMCI, 2013). A atividade de base florestal é dividida em vários segmentos, como: celulose e papel, siderurgia, carvão vegetal, móveis e madeira processada mecanicamente (SBS, 2008). Este último segmento, de processamento de madeira, é responsável por atender a diversos setores com produtos como chapas de madeira reconstituída, partículas, lâminas, compensado, e PMVA (Produtos de Maior Valor Agregado) como, por exemplo: portas, molduras, pisos, janelas, dormentes, entre outros (ABIMCI, 2013; ABRAF, 2013), utilizados principalmente na construção civil (FAGUNDES, 2003).

Todavia, uma fração de toda a madeira colhida é desperdiçada em seu processamento (FAO, 2014c). O Brasil conforme a FAO (2014b) produziu no ano de 2013 um total de 13,9 milhões de metros cúbicos de resíduos de madeira.

Os resíduos são uma característica intrínseca da cadeia produtiva da madeira, constituem-se em passivo ambiental, e acarretam um problema econômico que é a sua disposição final (COUTO et al., 2004; SCHUTZ et al., 2010). Nesse sentido, constata-se uma deficiência de soluções sanitárias e ambientalmente próprias para sua disposição e aproveitamento, as quais se apresentam incipientes no país apesar do potencial que possuem (FARAGE, 2013). Além disso, apesar de se tratar de um resíduo biologicamente degradável, a concentração em um local específico deste, sua decomposição ou queima podem causar impactos negativos ao ambiente (FAGUNDES, 2003) e provocar danos ambientais irreversíveis (PARASHAR; SINGH, 2014).

Considerando-se os elevados níveis de sobras que usualmente não são de passíveis de redução, as empresas acabam por desperdiçar matéria-prima e gerir inadequadamente os

resíduos. A maioria não é aproveitada e termina por ser abandonada ou queimada sem nenhuma finalidade de energia, gerando emissões de CO e CO₂ e ocasionando problemas de saúde pública (ALMEIDA et al., 2012; CORTEZ et al., 2008; FAO, 2014c; SÁNCHEZ et al., 2014; TUOTO, 2009).

Portanto, em face dos danos ambientais de fontes de energia fósseis, não-renováveis e, os objetivos de redução das emissões de CO₂, cresce o interesse em alternativas de energia (COUTO et al., 2004). Entre estas se ressalta a biomassa que é uma opção de mitigação dos malefícios do aquecimento global (PROTÁSIO et al., 2012).

A biomassa é um insumo energético renovável, proveniente de matéria orgânica, originando-se de resíduos sólidos urbanos, entre os de origem vegetal, animal, industrial e florestal (CORTEZ et al., 2008; HELLER, 2004; PROTÁSIO et al., 2012). A biomassa é uma fonte de energia utilizada na combustão em fornos, caldeiras, na geração de eletricidade, entre outros (MMA, 2014). Ela desempenha um papel de proteção ambiental na reutilização de resíduos e simultaneamente impede a contaminação do solo e de águas subterrâneas (FERREIRA-LEITÃO et al., 2010; PANWAR et al., 2011). A biomassa reutiliza matérias-primas para gerar energia, além de atender aos interesses sociais tanto das atuais como futuras gerações. Ela contribui para a racionalização no emprego dos recursos naturais ao invés da simples disposição ao solo dos resíduos (SCHNEIDER et al., 2003).

A bioenergia proveniente da biomassa é promissora como combustível e possibilita uma solução para a destinação de resíduos (SRIVASTAVA et al., 2014) além de atender as exigências legais, evitando possíveis punições e gastos com reparação de danos ambientais (FAGUNDES, 2003). É uma fonte de energia substituta aos combustíveis fósseis (GENTIL, 2010; SHARIFI et al., 2014) como, por exemplo, o carvão, o petróleo e o gás natural que são atualmente a maior oferta de energia mundial (YUSOFF, 2006; EMERHI, 2011). Estas fontes não-renováveis representam 53,6% da matriz de energia brasileira, sustentada pelo petróleo que contabiliza 40,6%, enquanto as fontes renováveis representam 46,6% (EPE, 2014).

O Brasil, além de contar com disponibilidade de resíduos de biomassa para confeccionar briquetes e pellets, apresenta potencial para desenvolver novos biocombustíveis aumentando as fontes renováveis do país (DANTAS et al., 2012).

O briquete, objeto deste estudo, é um produto obtido através da compactação da biomassa sob alta pressão e temperatura (RAMÍREZ-GÓMEZ et al., 2014) principalmente aquela derivada de serrarias, mercearias e indústria de móveis e esquadrias, como serragem, costaneiras, pontas e retalhos (DIAS et al., 2012; GENTIL, 2008; GONÇALVES, 2010; QUIRINO, 2005).

A confecção deste produto alia-se à prática de logística reversa e é de expressivo interesse para as empresas devido à preocupação e exigências maiores dos consumidores perante o ambiente, bem como o avanço e rigor da legislação que lhes impõe responsabilidades por todo o ciclo de vida dos produtos, inclusive aos resíduos gerados em processos internos (KRIKKE et al., 2003; PIRES, 2007).

A logística reversa transformou-se de área operacional em estratégica. Permite o retorno de bens com pouco uso ou ao fim de vida útil, a reaquisição de valor destes através da reciclagem, desmanche, reuso, revenda ou disposição final, e a obtenção pelas empresas de ganhos econômicos, ecológicos, legais e de imagem (LEITE, 2009).

O briquete apresenta diversas vantagens que foram amplamente estudadas na academia, desde operacionais, logísticas, energéticas e ambientais (DIAS et al., 2012). É um produto substituto a outras fontes energéticas, tais como o carvão mineral. O briquete produz pouca fumaça, cinza e fuligem (DANTAS et al., 2012; EMERHI, 2011; PANWAR et al., 2011; PARASHAR; SINGH, 2014).

Diversos estudos abordaram a utilização de resíduos como fonte de energia e a reinserção destes no ciclo de negócios sob a forma de briquetes ou pellets, utilizando-se das mais variadas fontes de biomassa, como por exemplo: serragem de madeira processada (SÁNCHEZ et al., 2014); resíduos do setor florestal e industrial (TABARÉS et al., 2000); palha de trigo (LU et al., 2014); carepa e finos de carvão vegetal (MELO, 2000; BUZIN, 2009); resíduos de banana (WILAIPON, 2009; TOCK et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013; SELLIN et al., 2013); biomassa de arroz (MAITI et al., 2006; OLADEJI, 2010), óleo de palma (SING; ARIS, 2013); resíduos do milho (HU et al., 2014), resíduos do processamento do café (PROTÁSIO et al., 2013; ZERBINATTI, 2012; ZERBINATTI et al., 2014), casca de coco, casca de arroz (ISLAM et al., 2014), entre outros.

Muitas pesquisas se aprofundaram nas propriedades e características dos briquetes tanto físicas, como mecânicas ou energéticas, tais como: resistência à compressão, ao impacto, à abrasão, à penetração de água, estudos dos teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, poder calorífico, densidade, porosidade, entre outros (BUZIN, 2009; PANWAR et al., 2011; PAULA et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2012; QUIRINO; BRITO, 1991; RODRIGUES, 2010; SCHUTZ et al., 2010; VILAS BOAS, 2011; ZERBINATTI et al., 2014). Todavia, observa-se que menos estudos têm abordado o tema de resíduos provenientes de indústrias de processamento mecânico de madeira, tais como: madeireiras, serrarias, esquadrias e indústrias de móveis. No segmento de processamento mecânico de madeira apesar de o aproveitamento e gerenciamento dos resíduos não implicar em desvio do *core*

business, as empresas usualmente negligenciam este tema (DIAS, 2002). Assim, o problema que esta dissertação pretende responder é: **“Porque uma empresa pertencente ao segmento de processamento da madeira decide aproveitar os resíduos de seu processo produtivo na forma de briquetes dado que este não é o seu *core business*?”**.

1.2 OBJETIVOS

A seguir apresentam-se os objetivos geral e específicos da presente pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é identificar os motivos que levam uma empresa de processamento de madeira a aproveitar os resíduos de seu processo produtivo para a produção de briquetes e fatores que possam dificultar esse processo.

1.2.2. Objetivos Específicos

Estabeleceu-se como objetivos específicos:

- (i) Caracterizar os resíduos de madeira gerados pelas indústrias de processamento e beneficiamento de madeira e quantificar este volume;
- (ii) Identificar estímulos e barreiras para investimentos na produção de briquetes pela indústria do segmento de madeira processada mecanicamente.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho é relevante no sentido de que proporciona entendimento dos motivos pelos quais as organizações de processamento mecânico da madeira têm investido na oportunidade de desenvolver mecanismos de logística reversa para retorno de resíduos do processamento de madeira sob a forma de briquetes. Além disso, ressaltam-se as barreiras para que haja mais investimentos neste produto e o descarte adequado dos resíduos de madeira, ou seja, opções que evitem as disposições diretas em solo e queima dos resíduos a granel e possíveis impactos ambientais negativos decorrentes.

A utilização de resíduos provenientes do processamento mecânico da madeira, que usualmente são depositados diretamente em cursos d'água, solo ou aterros sanitários, pode

contribuir não somente com o meio ambiente, mas representar uma atitude de respeito à sociedade e de adequação empresarial às exigências governamentais. Nesse sentido, Couto et al. (2004, p.49) afirma que “a geração de resíduos florestais e agrícolas por meio do cultivo e da exploração, bem como por meio de processos industriais, é um grande problema ambiental, social e econômico”.

Os resíduos do processamento mecânico da madeira quando aproveitados, podem proporcionar competitividade às empresas e gerar empregos tanto diretos como indiretos (FAGUNDES, 2003). Portanto, o interesse pela biomassa de resíduos de madeira é justificado pelas questões socioeconômicas (emprego, renda, fluxos migratórios); ambientais (mudanças climáticas, nível de poluição) e os preços crescentes dos combustíveis fósseis com o esgotamento de suas reservas (DIAS et al., 2012; MWAMPAMBA et al., 2013).

Esta pesquisa é, portanto, necessária devido ao crescente montante de resíduos gerados na indústria de processamento mecânico da madeira, as poucas possibilidades de destinação e o possível aproveitamento no formato de briquetes destes resíduos, o que torna pertinente a compreensão dos benefícios e barreiras para investimento de empresas no produto briquete.

1.3.1 Justificativa Acadêmica

Em se tratando da importância acadêmica desta pesquisa, verificaram-se as publicações de temas como: logística reversa; briquetes; biomassa e briquetes e; resíduos de madeira. Observou-se através de uma pesquisa bibliométrica no mecanismo de busca da base *Elsevier - Science Direct* dos artigos publicados entre os anos de 2010 a 2014. Quanto à base dados *Elsevier - Science Direct*, esta foi eleita por englobar aproximadamente 25% de textos revisados por pares mundiais, contando com 2.500 periódicos e possuindo *links* para dados externos, como a base *Scopus*. Foram escolhidos os principais artigos de acordo com os tópicos de pesquisa de interesse, como pelo periódico, ano de publicação, autores, palavras-chave e resumo.

Na Tabela 1, apresentam-se os números de artigos publicados nestes temas no período mencionado.

Tabela 1 - Número de artigos publicados por tema

Assunto	2010	2011	2012	2013	2014
<i>Reverse Logistics</i>	46	72	96	86	133
<i>Briquettes</i>	12	15	22	18	26
<i>Biomass and briquettes</i>	11	14	19	11	19
<i>Wood Waste</i>	17	42	32	28	33

Fonte: Mecanismo eletrônico de busca – Elsevier (Science Direct)

Entre os periódicos com maior publicação dos temas definidos estão por ordem alfabética: *Biomass and Bioenergy*; *Energy*; *Energy Conversion and Management*; *Energy for Sustainable Development*; *Energy Police*; *Fuel and Energy*; *Renewable Energy e Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Quanto à logística reversa os principais periódicos internacionais que apresentaram publicações foram: *European Journal of Operational Research*; *International Journal of Production Economics*; *Journal of Cleaner Production*; *Journal of Operations Management e Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*.

Depois de concluída a pesquisa bibliométrica, observou-se ser relevante e crescente o número de pesquisas nestes temas. Gentil (2008) ressalta a necessidade de estudos mais avançados de mercado pelo fato de o produto encontrar-se sem normas e estatísticas oficiais. Ademais, apesar do potencial que produtos elaborados a partir de resíduos agrícolas apresentam, estes ainda são pouco explorados no país (DIAS et al., 2012; SELLIN et al., 2013; TUOTO, 2009)

O assunto é relevante em termos acadêmicos devido aos impactos negativos de fontes energéticas provenientes de combustíveis fósseis em que estudos acerca de fontes alternativas de energia são fundamentais (MORAIS, 2007). As publicações no tema são incipientes e usualmente focam em aspectos como o poder calorífico do briquete, comparam-no a outras fontes energéticas, ou analisam a viabilidade econômica de implantação de usinas.

Apesar de registros existentes sobre a briquetagem no Brasil na década de 40, o briquete ainda é um produto emergente, pouco demandado e conhecido no Brasil, onde sequer se tem o conhecimento exato do número de usinas em operação (TAVARES, 2013). Inclusive são escassas as fontes disponíveis para as organizações madeireiras destinarem seus resíduos e descartá-los adequadamente, em um mercado caracterizado por oligopólios.

Portanto, esta pesquisa pretende proporcionar aumento de conhecimento da população acerca do produto briquete e incentivar mais pesquisas neste tema por parte de acadêmicos. Acima de tudo, busca-se estimular empreendedores e gestores do ramo de processamento da

madeira a investir no setor. Busca-se nesta pesquisa, prover informações acerca dos resíduos e do mercado do briquete aos gestores para que possa servir de base para tomada de decisão de investimentos.

Nesse sentido, evidencia-se a demanda por estudos que abordem as barreiras e principalmente que clarifiquem os estímulos para que as empresas se engajem na produção de briquetes. Além disso, o tema logística reversa, de acordo com Govindan et al. (2015) tem atraído a atenção de acadêmicos e de profissionais tanto por questões legais, sociais, ambientais e econômicas.

1.3.2 Justificativa Empresarial

Em 2012, estima-se que o setor florestal manteve 4,4 milhões de postos de empregos. O consumo de tora proveniente de plantios no mesmo ano foi de 182,4 milhões de metros cúbicos (m³) (ABRAF, 2013) e a representatividade média do setor no PIB foi de 1,47% (ABIMCI, 2013).

As indústrias de processamento mecânico de madeira são responsáveis pela geração de montantes consideráveis de resíduos em seus processos produtivos. Albertini et al. (2007) estimam uma eficiência média de 50%, e a geração de aproximadamente 22,5 milhões de toneladas de resíduos anuais. São divididos entre casca, rolete, refilos de destopo, pó-de-serra, cavaco e maravalha (BARBOSA et al., 2014; DIAS et al., 2012; TUOTO, 2009).

Evidencia-se que a oferta de resíduos supera em muito a procura, e o resíduo não possui usualmente uma finalidade específica (GONÇALVES, 2010). Lima e Silva (2005) verificaram que as empresas aproveitam os resíduos gerados para queima em caldeira interna ou venda para outras empresas. Maffessoni (2012) observou como destinos predominantes o envio para queima em olarias, doação e a utilização como cama de aviários no caso específico da serragem. Herbst (2011) apontou também a utilização dos resíduos nas caldeiras das próprias instalações geradoras, o setor de cerâmica (olarias) e a destinação para o setor de alimentos (padarias, pizzarias, entre outros).

Os subprodutos da madeira também são empregados na cogeração de energia dentro da própria indústria e na produção de compensados sarrafeados (BOUNDUELLE, 2006; TUOTO, 2009). São incorporados a outros processos produtivos como celulose e produção de etanol (ALMEIDA et al., 2012), utilizados para geração de vapor, secagem da madeira processada e geração de energia elétrica (FAGUNDES, 2003). Entretanto, frequentemente são

simplesmente dispostos no pátio da empresa, sem grandes cuidados ou queimados a céu aberto (BARBOSA et al., 2014; FAGUNDES, 2003).

Os riscos ambientais e sanitários que estes podem vir a causar são negligenciados pelas empresas, que os desperdiçam como matéria-prima e fonte energética, e que frequentemente não pesquisam fontes alternativas de reutilização dos mesmos como no formato de briquetes (FARAGE et al., 2013). O briquete propicia ganhos financeiros e de adequação a regulamentações, como de competitividade às empresas ao associar a imagem à produtos e ações ecologicamente corretas (PAULA et al., 2011) resultando em um amplo nicho de mercado a ser explorado estrategicamente pelos gestores do setor (ALMEIDA et al., 2011).

Ademais, o aproveitamento de resíduos industriais proporciona a redução do consumo de recursos naturais e impede a contaminação pela deposição em locais inadequados. Ainda, permite às organizações ganhos financeiros no custo de aquisição da matéria-prima e pela destinação apropriada dos resíduos (MURAKAMI, 2014).

Nesse sentido, salienta-se a demanda dos consumidores por produtos ecologicamente corretos e que acarretem na redução de impactos ambientais negativos (LEITE, 2009). Os hábitos da população sustentados pela utilização indiscriminada dos recursos, eliminação inadequada de resíduos tóxicos, emissão de poluentes e emprego abundante de matérias-primas e energias modificou-se (TRINDADE et al., 2014). A consciência dos consumidores tem sido elevada e estes passaram a exigir das empresas investimentos em novas oportunidades de negócios e estratégias. Portanto, os consumidores passaram a considerar como valor os itens reciclados e o aproveitamento de materiais pelas empresas (HOLANDA et al., 2013).

1.3.3 Justificativa Socioambiental

Uma parcela significativa dos resíduos gerados na indústria de processamento mecânico da madeira é descartada em local impróprio e se encontra em diversos estados de decomposição. Estes são usualmente queimados a céu aberto, quando não sofrem combustão espontânea, podendo provocar problemas respiratórios e reações adversas à população (RECH, 2002). Os investimentos no segmento de briquetes contribuem para o meio ambiente através da redução de impactos ambientais negativos, e para a sociedade, através da maior oferta de empregos, renda e melhoria da qualidade de vida tanto da população local quanto da

de áreas rurais (ABREU, 2014; CARDOSO, 2012; COUTO et al., 2004; GENTIL, 2010; MORAIS, 2007; OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2011; VILAS BOAS, 2011).

Com a agregação de valor aos resíduos podem-se criar empregos diretos e indiretos no comércio atacadista, varejista, fábrica de máquinas, equipamentos, serviços de transporte, manutenção, consultoria e aumentar a competitividade organizacional (GENTIL, 2008). A briquetagem contribuiu para inclusão social, geração de uma nova atividade econômica, fortalecimento da indústria local e a promoção do desenvolvimento regional (HU et al., 2014).

A indústria que utiliza a biomassa para a geração de energia, como a de briquetes, reduz as emissões de carbono em mais de dez milhões de toneladas por ano e fornece em torno de sete mil postos de trabalho em todo o país, principalmente nas zonas rurais (ABIB, 2012). Os briquetes possibilitam a redução de emissões de gases do efeito estufa e a destinação correta dos resíduos madeireiros (SILVA, 2011). É um combustível substituto a lenha nativa e plantada (GENTIL, 2010; DIAS et al., 2012), é uma fonte renovável (GONÇALVES, 2010).

Este estudo justifica-se, além disso, nos termos socioambientais, pela necessidade de conscientização da sociedade na utilização dos briquetes. Conforme Costa e Gouvinnhas (2003) os consumidores muitas vezes não estão dispostos a pagar mais por produtos ambientalmente corretos. Entre as barreiras observadas no mercado de briquetes Quirino e Brito (1991) mencionam o conhecimento de suas propriedades e características por parte da população que consome energia. Há baixa orientação ao mercado não somente de compradores como de produtores (QUIRINO; BRITO, 1991).

A produção de briquetes é um processo inovador e sua caracterização como combustível precisa ser desenvolvida (TABARÉS et al., 2000). Os consumidores muitas vezes estão desinformados e a divulgação do produto não condiz com o seu potencial, o que acarreta em uma demanda reprimida e conseqüente baixo índice de utilização (DANTAS et al., 2012; GENTIL, 2008).

Os resíduos de biomassa apresentam-se como uma oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade que dependem de fontes energéticas externas (BARBOSA, 2014; GONÇALVES, 2010; MWAMPAMBA et al., 2013; WIECHETECK, 2009). E este estudo justifica-se por destacar o briquete

como uma opção de fonte energética viável, divulgando o seu conceito e apresentando-o como substituto ao carvão vegetal e da lenha.

1.4 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

O método para realização desta pesquisa foi o estudo de casos múltiplos de abordagem quali-quantitativa em quatro empresas do ramo de beneficiamento da madeira e geradoras de ponderáveis montantes de resíduos de madeira.

Dois casos envolveram uma empresa de esquadrias que produz briquetes de madeira (B1) e uma empresa moveleira de alto padrão que também produz briquetes (B2). Os outros dois casos envolveram uma empresa de esquadrias (M1) e uma empresa beneficiadora de madeira (M2) as quais normalmente revendem os resíduos de seus processos produtivos. Os dados foram coletados entre dezembro de 2014 e junho de 2015. As técnicas de pesquisa foram a pesquisa bibliográfica e entrevistas semiestruturadas com especialistas. Foram entrevistados os principais gestores de B1, M1 e M2 e o representante de vendas de briquetes de B2.

Cada caso foi selecionado de modo a predizer resultados similares ou que pudessem produzir resultados contrastantes. A extensão dos estudos foi classificada como em profundidade. Analisou-se a opinião dos respondentes sobre fatos de um assunto e opiniões sobre determinados eventos, o que permitiu a proposição de *insights* (YIN, 2010).

Esta pesquisa enquadra-se quanto à forma de abordagem ao problema como qualitativa-quantitativa ou mista, definida por Creswell (2010) como uma abordagem que associa e mistura as duas abordagens, o que provê à pesquisa uma força maior do que da utilização de cada abordagem isoladamente. Elaboraram-se séries temporais da geração de resíduos de madeira e de comercialização de briquetes. Com estes dados foram feitas análises de correlação e do coeficiente de determinação (R^2).

Quanto aos objetivos esta pesquisa é classificada como explicativa. Este tipo de pesquisa é realizado quando o pesquisador pretende explicar porque os fenômenos ocorrem, ou quais fatores influenciam para sua ocorrência. É um tipo de pesquisa mais complexo, pois além de registrar, analisar e interpretar também identifica as causas dos fenômenos, ou seja, a razão das coisas (ANDRADE, 2010).

Dados foram obtidos por meio de entrevistas com gestores através de questionários semiestruturados que foram aplicados com base em um protocolo previamente elaborado.

Além disso, foram coletados dados primários como documentos internos e planilhas históricas de posse das empresas. Foram também utilizados dados secundários, ou seja, literatura e documentos previamente publicados e acessíveis. Desenvolveu-se uma revisão de literatura para familiarizar o leitor com o tema. Os dados obtidos com o estudo dos casos foram organizados e tabulados para em sequência realizar-se uma análise comparativa do ambiente das empresas.

1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A delimitação está relacionada com os meios disponíveis ao pesquisador e com o método de pesquisa escolhido por ele para atender aos objetivos. De acordo com Marconi e Lakatos (2011) a delimitação estabelece os limites para a investigação, que podem ocorrer por: (i) o assunto; (ii) à extensão; (iii) outros fatores, como prazo, aspectos econômicos, humanos e geográficos.

São delimitações desta pesquisa:

- (i) A análise e descrição da perspectiva em relação aos briquetes de empresas geograficamente situadas na região metropolitana de Porto Alegre no Rio Grande do Sul;
- (ii) Não são objetos de pesquisa empírica neste estudo os aspectos que acarretam na geração de resíduos pelas indústrias do segmento madeireiro;
- (iii) A ênfase desta pesquisa está colocada em direção à verificação de empresas produtoras de briquetes a partir da biomassa de madeira. Este estudo não engloba a produção de briquetes a partir de biomassa de coco, café, cascas de arroz, cana, entre outras;
- (iv) Esta pesquisa não contempla uma análise em campo das propriedades físico-mecânicas de transformação da serragem em briquetes de madeira, análise granulométrica, avaliação energética, densidade dos briquetes, propriedades, teor de cinzas e teor de umidade da serragem ou de espécies de madeira empregadas na confecção de briquetes.
- (v) As empresas e os resíduos aqui descritos estão limitados aos participantes da cadeia do processamento mecânico da madeira. Foram analisadas empresas atuantes na primeira, segunda e terceira transformação da madeira, ou seja, beneficiadoras de madeira serrada que geram produtos com maior valor agregado

(PMVA), tais como pisos, forros, molduras, portas, janelas, pisos e componentes para móveis e aplicações na construção civil.

1.6 CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Este estudo contribui para a divulgação de uma possibilidade de destinação apropriada aos resíduos e sobras da indústria de processamento mecânico da madeira visando reduzir impactos ambientais que a destinação incorreta causa.

O presente trabalho é relevante no sentido de avançar em conhecimentos na área de briquetes e aproveitamento de resíduos de madeira. Apresenta uma contribuição inovadora haja vista que estudos anteriores verificaram estritamente as vantagens e desvantagens básicas do produto em si, sua comparação a outras fontes de energia como a lenha. Alguns estudos realizaram a comparação de briquetes com outros resíduos que não a madeira, além de haverem analisado a viabilidade econômica de implantações de briquetadeiras. Todavia, nestes estudos, não foram observadas as competências exigidas para manutenção, estabilidade e sucesso de tais empresas ou as barreiras enfrentadas por estas na realização de suas atividades. Ainda não foi verificado o motivo de poucas empresas atuarem neste ramo, conforme afirmam Felfli et al. (2011) e Sousa (2012), apesar de afirmações na literatura apontarem que o investimento em briquetagem é economicamente viável (FILIPPETTO, 2008; PONTAROLLI et al., 2013; SILVEIRA; LOPES, 2011).

No que diz respeito à contribuição aplicada, esta pesquisa apresenta uma solução para aproveitamento de um resíduo que representa para as organizações um passivo ambiental, e possibilita a agregação de valor, o que em última instância pode contribuir para o desenvolvimento e proporcionar vantagens competitivas para as empresas. Além disso, pode-se motivar o reposicionamento das briquetadoras perante o mercado, norteando as práticas destas organizações que permanecem receosas quanto à expansão de suas atividades ou com o dispêndio de esforços em um produto usualmente classificado como exterior às suas competências principais.

Este estudo fornece ainda embasamento para aquelas empresas que analisam aumentar suas fronteiras de atuação com equilíbrio e fortalecimento de sua imagem empresarial no mercado. Provê suporte para futuras análises de investimento das organizações que ainda não são atuantes no ramo de briquetes.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, na qual os dois capítulos iniciais atuam como subsídios para os seguintes. No primeiro capítulo é realizada as considerações iniciais do estudo. É contextualizado o processamento e a geração de resíduos de madeira. A possibilidade de transformação destes em briquetes e estudos já realizados neste assunto. Nesta etapa é também apresentada a questão que se pretende responder no decorrer desta dissertação, os objetivos propostos, geral e específicos; discorre-se acerca da justificativa acadêmica, empresarial e social para o estudo e sua relevância, as considerações metodológicas, as limitações desta pesquisa e sua estruturação.

O segundo capítulo consiste em uma revisão bibliográfica. No capítulo é realizada uma revisão sobre a definição de logística reversa que está relacionada com a possibilidade de retorno e reinserção ao ciclo de negócios dos resíduos de madeira sob o formato de briquetes. Em continuidade realizou-se um levantamento da indústria de processamento mecânico da madeira e a geração de resíduos decorrentes. Por fim, detalha-se o surgimento do briquetes no país, a matéria-prima necessária para a sua confecção, suas características, aplicabilidade, mercado, e barreiras de produção e os custos para a implementação de uma usina de briquetagem.

O terceiro capítulo descreve a metodologia da pesquisa adotada, justificando a escolha do método de estudo de caso múltiplo; detalham-se os procedimentos empregados no desenvolvimento da pesquisa, o método de trabalho, unidades de análise, a coleta e análise dos dados. Foram quatro casos analisados de organizações pertencentes ao ramo de indústrias de processamento mecânico de madeira. O primeiro caso envolveu duas empresas que confeccionam briquetes a partir de seus resíduos (B1 e B2). O segundo caso envolveu duas empresas que revendem seus resíduos a terceiros (M1 e M2).

No quarto capítulo é respondida a questão de pesquisa e são atendidos o objetivo geral e os objetivos específicos propostos. São descritas as empresas analisadas, seus produtos, mercado de atuação e contexto no qual estão inseridas. Neste capítulo, são elencados os dados obtidos através de entrevistas sobre a gestão de resíduos, os tipos gerados e as séries temporais dos mesmos. Foram examinadas as barreiras e estímulos para o aproveitamento de resíduos no formato de briquetes.

No quinto capítulo é desenvolvida a discussão dos achados, análise dos dados qualitativos e quantitativos coletados. Consolida-se, relaciona-se e comparam-se os achados empíricos com a literatura no tema.

Por fim, no último capítulo são apresentadas as considerações finais e as implicações tanto gerenciais como acadêmicas. São também sugeridas futuras pesquisas para que haja avanços e continuidade ao estudo desenvolvido em temas como o aproveitamento de resíduos na indústria de processamento mecânico de madeira.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão do conceito de logística reversa. A logística reversa é relevante para esta pesquisa, pois aponta os canais de retorno existentes na cadeia de resíduos. Portanto, é essencial a definição dos canais de retornos disponíveis ao ciclo de negócios dos resíduos de madeira, como a disposição final, revenda ou confecção de briquetes. Esses são temas estudados no campo da logística reversa. Após a apresentação de logística reversa, são apontadas as destinações e aplicações dos resíduos de madeira. Além disso, é feita uma introdução acerca da indústria brasileira de processamento mecânico de madeira e a geração de resíduos neste segmento. Por fim, aprofunda-se nos briquetes de madeira, suas características e a matéria-prima necessária para sua confecção. Descreve-se a aplicabilidade, o panorama de mercado do produto e as barreiras e dificuldades enfrentadas neste segmento.

2.1 A LOGÍSTICA REVERSA

O desenvolvimento tecnológico, a redução do ciclo de vida dos produtos, conscientização e mudança na cultura de consumo dos consumidores, pressão de órgãos governamentais e a extensão de responsabilidade dos produtores têm motivado as organizações na incorporação de novas prioridades de gestão e revisão de seus processos produtivos. Ações têm sido adotadas visando garantir o recolhimento e destinação adequada de produtos ao fim de vida útil e sobras de seus processos produtivos. E a implementação de atividades de logística reversa é desenvolvida como fator de diferenciação e fidelização de clientes (CHAVES; BATALHA, 2006; FLEISCHMANN et al., 1997; GOMES; TORTATO, 2014; GUARNIERI et al., 2006; LACERDA, 2002; PIRES, 2007; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999).

A LR (Logística Reversa) pode ser empregada como arma estratégica, apesar de ser percebida como demandante de custos e de reduzida atenção quando comparada ao fluxo direto de produtos (DAHER et al., 2006). A LR é usualmente implantada por razões como a recuperação de recursos e valor, responsabilidade social e ambiental, e ganho de imagem corporativa no mercado (SANTOS et al., 2013). Visa garantir maior valor para os produtos ou o descarte ao menor custo para as empresas (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999).

A LR é um conceito novo, ainda em expansão na prática como na academia. Passou a ser reconhecida na década de 90 (CHAVES; BATALHA, 2006; GOMES; TORTATO, 2014; TIBBEN-LEMBKE, 2002).

Apresenta-se no Quadro 1 uma revisão das definições de LR na literatura. Contudo, há que se destacar que não há uma visão unificada e delimitada do conceito.

Quadro 1 - Conceituação de logística reversa

Autores	Definição
Kroon e Vrijens (1995)	Refere-se a habilidades de gestão logística e atividades para redução, gestão e disposição de resíduos perigosos ou não de embalagens e produtos, os o fluxo de bens e informações segue a direção oposta ao das atividades logísticas convencionais.
Rogers e Tibben-Lembke (1999, p.2)	“É o processo de planejamento, implementação e controle eficiente do fluxo de matérias-primas, inventário em processo e produtos finais bem como informações correlatas do ponto de consumo ao ponto de origem com o objetivo de recapturar valor ou disposição correta”.
Dowlatshahi (2000)	É o processo sistemático de gestão do fluxo de produtos e peças do ponto de consumo de volta ao ponto de manufatura para possível reciclagem, remanufatura ou disposição final.
Lacerda (2002)	A logística reversa é o processo de coleta, separação, embalagem e expedição de itens usados, danificados ou obsoletos dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, revenda ou de descarte.
Hu, Sheu e Huang (2002)	Refere-se ao planejamento, gerenciamento e controle do fluxo de resíduos, para reutilização ou eliminação final dos resíduos.
Gonçalves-Dias (2006)	A logística reversa é o processo inverso à logística, responsável por equacionar e operacionalizar o fluxo físico e as informações correspondentes de bens após seu consumo, descartados pela sociedade, que retornam ao ciclo produtivo pelos canais reversos específicos.
Pires (2007)	Consiste no processo de movimentar um produto do seu ponto de consumo para outro destino visando recuperar valor ou descartá-lo de maneira adequada.
Freires e Guedes (2008)	A LR estuda o fluxo de materiais do consumidor final para o processo logístico original, um novo ponto de consumo e restauração.
Leite (2009, p.17)	“Área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros”.
Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	É um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.
Council of Supply Chain Management - CSCMP (2013)	É o segmento da logística focado na gestão e no fluxo de produtos e recursos após a venda e entrega ao consumidor. Inclui o retorno de produtos para reparo ou crédito.
Valle e Souza (2013)	É o processo de recuperação de resíduos de pós-venda e pós-consumo, pela coleta, pré-tratamento, beneficiamento e distribuição de modo a retorná-los à cadeia produtiva ou dar-lhes destinação final adequada. Enfoca-se na minimização de rejeitos e impactos negativos e na maximização de impactos positivos ambientais, sociais ou econômicos.

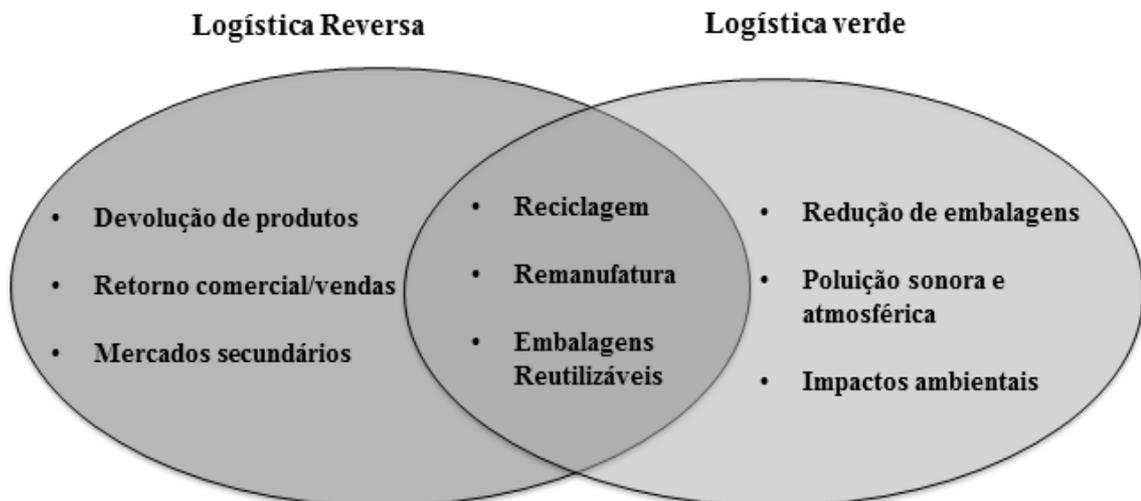
Fonte: Elaborado pela autora.

A LR estuda os canais reversos de distribuição, que seguem fluxo oposto ao da cadeia original. Ela visa agregar valor aos produtos pela reintegração dos mesmos ao ciclo produtivo,

de origem ou de negócios sob a forma de insumo ou matéria-prima (ADLMAIER; SELLITTO, 2007; LEITE, 2009; VALLE; SOUZA, 2013).

Como uma área de pesquisa em desenvolvimento, a LR é motivo de equívoco muitas vezes com termos como ecologia industrial, cadeias verdes, gestão de resíduos e principalmente com a logística verde (RUBIO, 2008). No entanto, a logística verde está relacionada a atividades de ordem ambiental, como por exemplo, redução de energia, racionalização no uso de materiais e preservação ambiental, enquanto a Logística Reversa mescla necessidades ambientais e de sustentabilidade do negócio priorizando as três dimensões (ambiental, social e econômica) (PIRES, 2007; XAVIER; CORRÊA, 2013). Contudo, ambas possuem complementariedades conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Divergências e complementariedades entre logística reversa e verde



Fonte: Rogers e Tibben-Lembke (2001).

A LR é motivada por diversos fatores: econômicos, de legislação e de imagem corporativa (DE BRITTO; DEKKER, 2004; DOWLATSHAHI, 2000; GUARNIERI et al., 2006; LEITE, 2009; PIRES, 2007). Seus ganhos são classificados como (i) ganhos diretos, tais como: redução de custos de matérias-primas; valor da recuperação de materiais; eficiência operacional; menor preço de matérias-primas secundárias mais competitivas que as matérias virgens; maior competição empresarial; vantagens de marketing; aumento de *market share* e (ii) ganhos indiretos: antecipação à legislação; proteção de mercado; zelo a imagem organizacional com *stakeholders*; melhor relacionamento com clientes e fornecedores e desvio de penalidades; como multas e sanções de órgãos reguladores (DE BRITTO; DEKKER, 2004; LAI; WU; WONG, 2013; PIRES, 2007; RAMOS et al., 2013; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999; SANTOS et al., 2013).

Contudo, há desafios a serem superados para sua eficaz implementação, caracterizam-se em barreiras de gestão, financeiras, políticas e de infraestrutura, entre as quais:

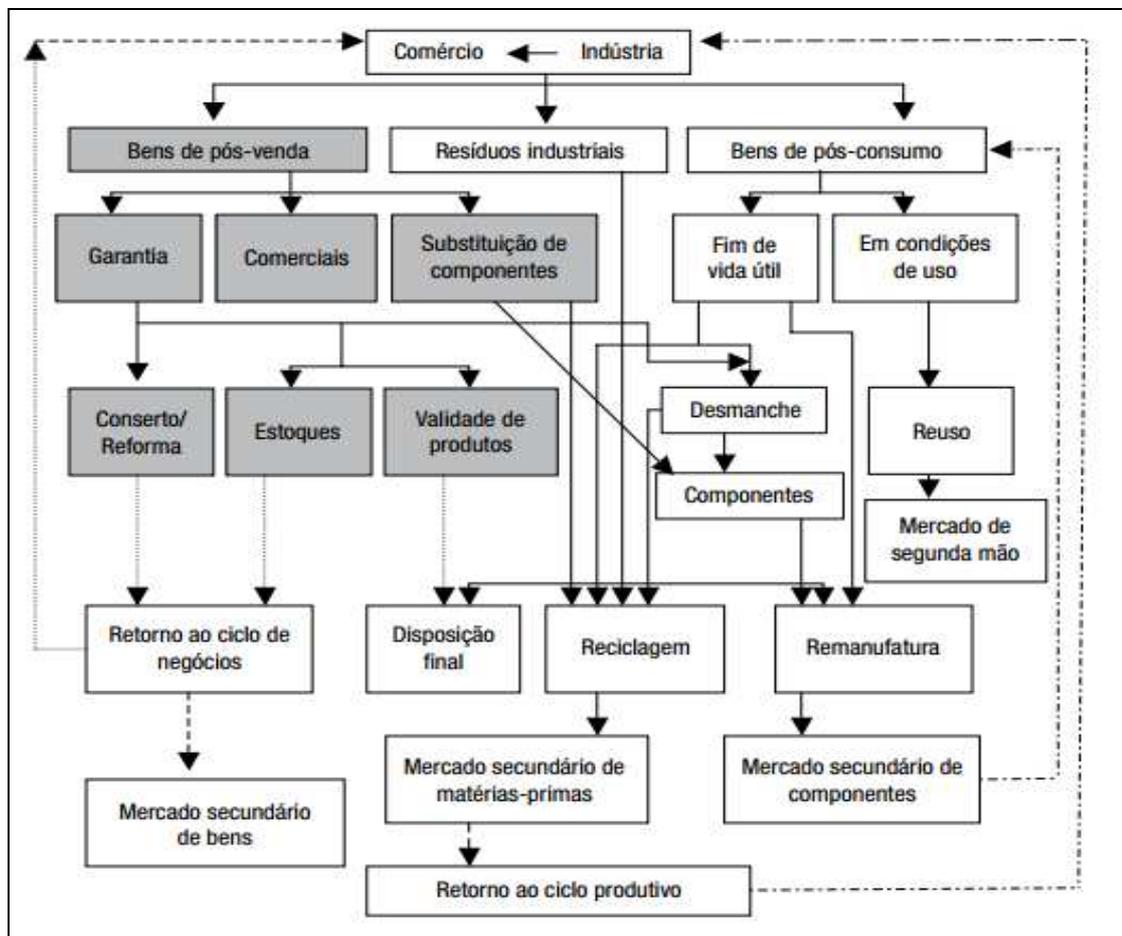
- (i) Gestão: pouca compreensão da importância da LR; baixo compromisso; poucos especialistas em níveis de gestão de negócios problemas de estratégia; planejamento e envolvimento; baixo compartilhamento das melhores práticas e baixo gerenciamento de resíduos;
- (ii) Financeiras: falta de capital inicial; fundos para treinamento; armazenagem e manejo; e sistemas de monitoramento de retornos;
- (iii) Políticas: falta de leis executáveis e regulamentações de retorno de produtos; falta de políticas econômicas de apoio governamental; considerações de implicações da LR no desempenho organizacional; desinformação de consumidores para retorno de bens; ausência de práticas para reciclagem; e
- (iv) Infraestrutura: decadência de instalações, coordenação com provedores logísticos e tecnologias de reciclagem acessíveis em especial nos países em desenvolvimento (ABDULRAHMAN et al., 2014).

2.1.1 Canais de Distribuição Reversos

A LR, através dos canais de distribuição reversos, realiza atividades de reparação, reutilização ou reciclagem, ou seja, alternativas que sejam menos dispendiosas ou mais rentáveis de destinação final (RAMOS et al., 2013; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001) em que materiais, componentes e produtos podem ser encaminhados à mesma cadeia de suprimentos (*closed-loop*, ou seja, formando um ciclo fechado) ou a outras cadeias (FLEISCHMANN et al., 1997; GUARNIERI et al., 2006; THIERRY et al., 1995; XAVIER; CORRÊA, 2013).

Diversas são as destinações ou finalidades concedidas tanto aos produtos pós-venda e pós-consumo como aos resíduos. Entre estes: remanufatura, acondicionamento, devolução de mercadorias por danos, inventário sazonal e excesso de estoque, reciclagem (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999), danos em trânsito, expiração da validade, descontinuidade ou reposição do produto, sazonalidade, insatisfação do consumidor (TIBBEN-LEMBKE, 2002), reembalagem e venda como novo, destruição, revenda, doação, venda em *outlets*, venda no mercado secundário (DAUGHERTY; AUTRY; ELLINGER, 2001), reforma, reparação, incineração ou descarte em aterros (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013; VALLE; SOUZA, 2013). Estas finalidades são apresentadas detalhadamente na Figura 2.

Figura 2 - Destinações propiciadas pela LR



Fonte: Leite (2009).

O processo de reprocessamento pode ocorrer em nível de produto (reparação); de módulo (renovação/recondicionamento); de componente (remanufatura); de material (reciclagem) e de energia (incineração) (DE BRITTO; DEKKER, 2004; THIERRY et al., 1995). Estes canais de distribuição reversos são definidos por Leite (2009) como as etapas e meio para que os produtos, pós-venda, pós-consumo e os resíduos industriais possam retornar ao ciclo produtivo ou de negócios readquirindo valor.

Os canais de distribuição reversos se diferenciam em subsistemas principais. O canal reverso de reciclagem representa os materiais que são transformados e reincorporados na fabricação de novos produtos, com a mesma ou nova funcionalidade. Outro subsistema é o canal de reuso, que engloba materiais provenientes em forma de sucata, máquinas e equipamentos usados. O canal de remanufatura, no qual são reaproveitadas as partes essenciais e alguns componentes dos produtos que são reconstituídos com a natureza e função

original ou com função secundária e o último subsistema, de disposição final, em que os materiais seguem para aterros sanitários controlados ou a incineração (LEITE, 2009).

No caso de devolução ao fabricante ou distribuidor, o produto com pequenos defeitos pode ser encaminhado para mercados secundários. O mesmo pode passar por reforma ou desmanche. Os materiais podem também ser reciclados e transformados em nova matéria-prima a qual retornará ao ciclo de produção originando um novo produto (LEITE, 2009).

Esta pesquisa caracteriza-se como uma tentativa de apontar um novo caminho para a destinação de resíduos da indústria florestal. Mesmo quando da disposição final segura ou revenda, pode-se elevar o valor na recuperação de resíduos através da oportunidade de reprocessamento em outro processo ou reciclagem.

2.1.2 Logística Reversa de Pós-venda e Pós-consumo

As atividades de logística reversa são divididas em pós-venda e pós-consumo. Isso depende da proveniência dos bens no fluxo reverso, se ocorre por parte do usuário final ou de outro membro do canal de distribuição, como um centro varejista ou de distribuição (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999).

Portanto, os bens pós-consumo são aqueles que obtiveram sua vida útil encerrada ou encontram-se em fase final, sem continuidade de uso ou os resíduos industriais (CARVALHO; MELO, 2013; GUARNIERI et al., 2006). São bens que possuem ou não funcionalidade e que podem ser descartados. O descarte é realizado por parte do consumidor, induzido pela obsolescência planejada ou percebida, ou por parte de produtores quando da geração de aparas e refugos ao longo de seus processos produtivos (XAVIER; CORRÊA, 2013). Neste caso o retorno decorre da incapacidade de quem o consome de prover-lhe destinação adequada (ADLMAIER; SELLITTO, 2007).

Já a logística reversa pós-venda é caracterizada como a executada pelo segmento de varejo. Ocorrem logo após a venda, contudo antes do fim de vida útil dos produtos em estado de novo ou seminovo (XAVIER; CORRÊA, 2013). Os fatores para o fluxo reverso de pós-venda incluem: atividades de *recalls* (retorno de produtos defeituosos); redistribuições devido à sazonalidade e excesso de estoques (DAUGHERTY et al., 2001); defeitos de fabricação ou erros de projeto; problemas comerciais; sobras de promoções; obsolescência tecnológica ou de moda; perda de validade (ADLMAIER; SELLITTO, 2007), devoluções por garantia, avarias no transporte, entre outros (GUARNIERI et al., 2006).

2.1.3 A Logística Reversa e a Destinação dos Resíduos de Madeira

Os resíduos de madeira, como já mencionado, quando não tratados devidamente podem provocar impactos ambientais negativos. A rede reversa permite o aproveitamento destes e a simultânea sustentabilidade econômico-financeira para as empresas (GOMES; TORTATO, 2014; PIRES, 2007). Grande parte dos resíduos de madeira gerados podem ser aproveitados. As destinações concedidas são bastante diversificadas e estão atreladas a diversos fatores, entre: i) o tipo de matéria-prima; ii) a tecnologia envolvida no processamento da madeira; iii) o porte da indústria madeireira; e iv) a localização do empreendimento industrial em relação aos centros de consumo (TUOTO, 2009).

Os resíduos as atividades florestais podem ser transformados em produtos através de processos de reciclagem práticos. O ideal é que todo resíduo orgânico gerado seja transformado em produtos utilizáveis, destinado à reposição de nutrientes e da matéria orgânica do solo ou transformado em energia utilizável (RECH, 2002).

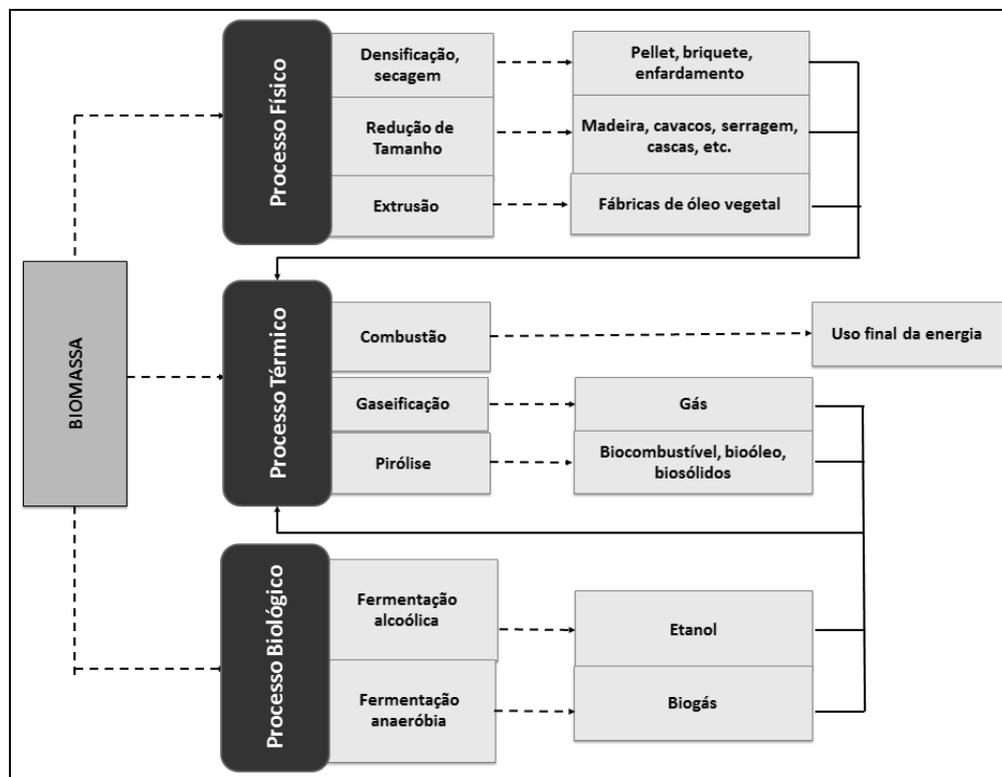
Como destinos comuns aos resíduos em serrarias e madeireiras destacam-se: consumo interno (queima para geração de energia); aviários; deposições no próprio local; queima a céu aberto; descarte em aterros, terrenos baldios ou cursos d'água; doação; queima em caldeiras e fornos artesanais (olarias e indústria do cal); polpa para produção de papel; compostagem para a produção de adubo; indústria de painéis de madeira (MDP, MDF, OSB); geração de energia térmica ou elétrica através da combustão direta, incineração ou gaseificação; produção de briquetes ou pellets; e a pirólise ou carbonização (produção de carvão vegetal) para uso no setor siderúrgico (GUARNIERI et al., 2006; HERBST, 2011; LIMA; SILVA, 2005; MAFFESSIONI, 2012; OLANDOSKI, 2001; PAULA, 2006; WIECHETECK, 2009; YUBA, 2001).

Contudo, ressalta-se ser frequente o tratamento dos resíduos como descarte, que são doados ou dispostos em terrenos baldios/empilhados onde permanecem por anos ou são queimados a céu aberto (FARAGE, 2009; RECH, 2002). Tal destinação fere o Decreto Estadual 38.365/1989 que proíbe a

queima a céu aberto de resíduos sólidos de qualquer natureza (MAFFESSIONI, 2012). Além disso, as organizações desperdiçam recursos naturais e causam danos ambientais, não levando em conta o potencial econômico destes (FEITOSA, 2012).

Em especial, os resíduos de biomassa possuem aplicações mais rentáveis e amigáveis ambientalmente, como sua utilização para obtenção de energia através da combustão, processos físicos, químicos e bioquímicos para a obtenção de combustíveis líquidos e gasosos (ALVES JUNIOR et al., 2003; MMA, 2014), conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Biomassa para a geração de energia



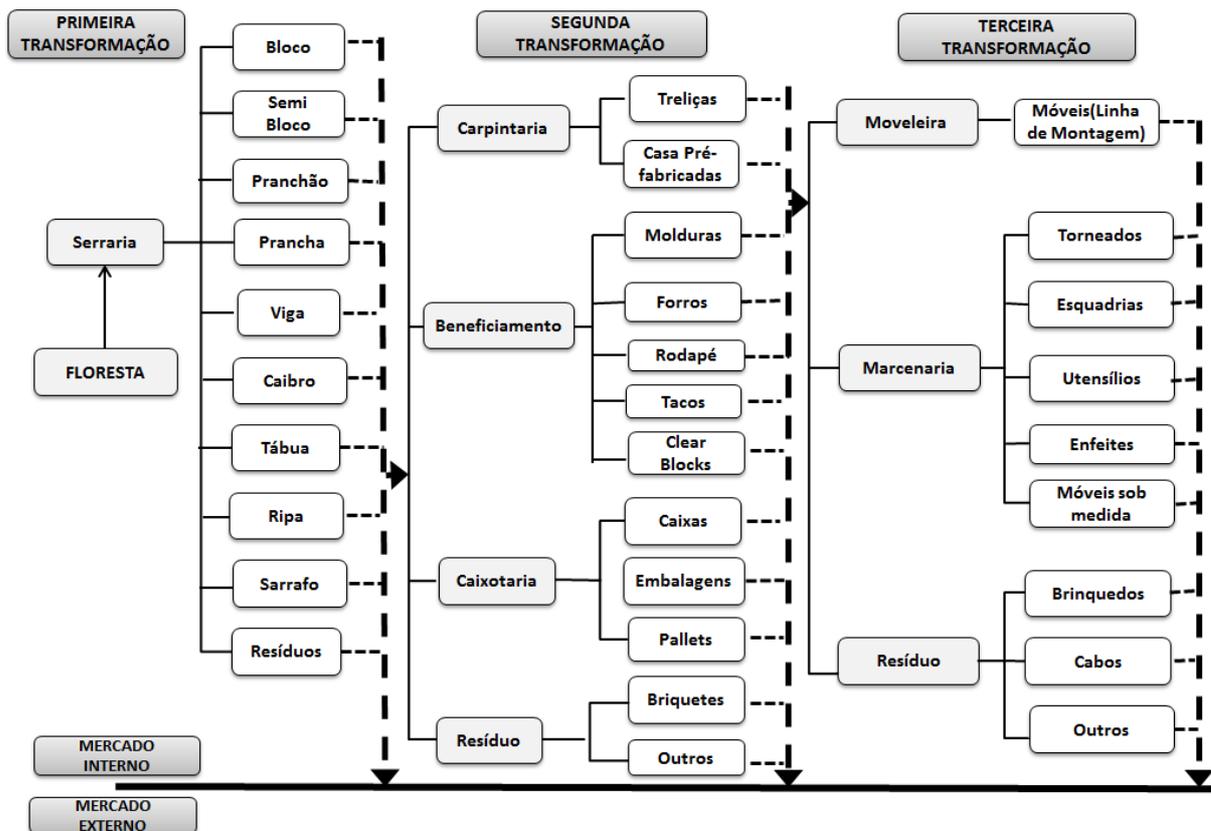
Fonte: Adaptado de Naik (2010).

Por muito tempo a indústria de processamento mecânico da madeira tem considerado os resíduos como subprodutos problemáticos do processamento de madeira e realiza destinações apenas com a finalidade de desocupar os pátios, sem contudo, aproveitar energeticamente estes materiais (FONTES, 1994). Entretanto, constata-se demanda por energias renováveis e a oportunidade de aproveitamento destes resíduos, como a geração de energia através da compactação por pressão e a densificação de resíduos, como os briquetes e pellets de madeira (FARAGE, 2009).

2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA

A indústria da madeira pertencente ao setor da base florestal realiza o processamento: primário, secundário e terciário para a transformação de produtos finais (ABRAF, 2013). A Figura 4 apresenta as transformações executadas na indústria de processamento de madeira.

Figura 4 - Transformações da indústria de processamento mecânico da madeira



Fonte: Polzl et al. (2003).

No processamento primário é realizado o beneficiamento e o desdobro da madeira em que geram-se produtos como: madeira serrada ou tratada, lâminas de madeira, carvão vegetal, lenha e resíduos (cavaco, serragem, maravalha). No processamento secundário são produzidos: compensados, painéis de madeira, pellets, briquetes e PMVA (Produtos de Maior Valor Agregado). Por fim, no processamento terciário a madeira é transformada em produto de consumo final, tais como: móveis, pisos, assoalhos, janelas, portas, escadas, batentes, molduras, papéis, produtos químicos, entre outros (ABRAF, 2013).

A madeira e seus resíduos são denominados de biomassa lignocelulósica, a qual é composta por polímeros naturais, como celulose, hemicelulose e lignina, assim como resinas,

nutrientes, extrativos, cinzas, entre outros (BORGHI, 2012; CORTEZ et al., 2008; HERBST, 2011; OLIVEIRA, 2013; SILVA, 2007). A biomassa origina-se de resíduos animais, vegetais, sólidos urbanos, industriais e florestais os quais são empregados com a finalidade de fornecer energia (BUZIN, 2009; CORTEZ et al., 2008). No Brasil, Felfli et al. (2011) identificaram que as biomassas mais promissoras são os resíduos madeira, casca de arroz e casca de café. No país geram-se cerca de 330 milhões de toneladas de resíduos de biomassa anuais.

Em 2012 o montante de resíduos florestais produzido no Brasil foi da ordem 55,6 milhões de toneladas (ABIB, 2012). Entre os principais resíduos gerados no processamento da madeira classificam-se: serragem, cepilho/maravalha, lenha (aparas, refilos, cascas, roletes) e o pó de serra (DUTRA et al., 2005; FAGUNDES, 2003; FARAGE, 2009; LIMA; SILVA, 2005). São as seguintes as tipologias de resíduos:

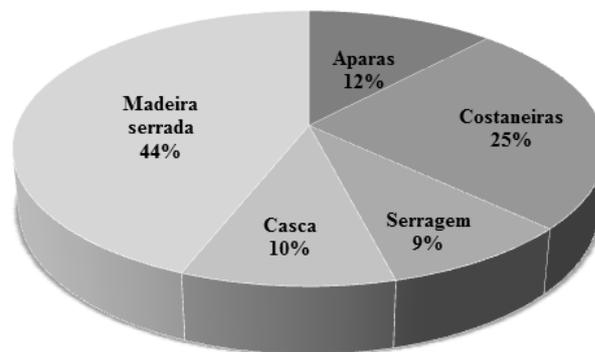
- (I) Serragem: apresenta dimensões entre 0,5 e 2,5 mm;
- (II) Cepilho ou maravalha: é um resíduo encontrado em indústrias que beneficiam madeira, gerado pelo processamento em plainas e apresenta mais de 2,5 mm de comprimento;
- (III) Lenha: engloba resíduos de maiores dimensões como aparas, refilos, casca, costaneiras, roletes e restos de lâminas, pedaços maiores do corte da madeira;
- (IV) Pó: resíduos menores que 0,5 mm (ALMEIDA et al., 2012; BORGHI, 2012; CASSILHA et al., 2003; FARAGE, 2009; FONTES, 1994).

Conforme a norma técnica ABNT/NBR 10.004/2004 os resíduos de madeira são classificados como de Classe II A, ou seja, não inertes, que possuem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004). Contudo, a concentração destes resíduos em um determinado local, deposição ou queima podem causar impactos ambientais negativos (FAGUNDES, 2003).

A disponibilidade de matéria-prima para o setor tem facilitado o uso irracional da madeira (ROSÁRIO, 2011). Os altos montantes de resíduos gerados associam-se a baixa eficiência na conversão da tora em madeira serrada, tanto por questões tecnológicas, equipamentos rudimentares (RODRIGUES, 2013), ausência de um plano de corte (ROSÁRIO, 2011), qualidade da madeira, espessura do corte, método de desdobro, dimensões das peças, diâmetro da tora, habilidades dos operadores, entre outros (BOUNDUELLE, 2006; MONTEIRO et al., 2012). Portanto, é variável a perda da madeira durante seu processamento. Feitosa (2012) e Lima e Silva (2005) apontam que no processamento primário as perdas são

da ordem de 40 a 65% do volume total das toras. Na Figura 5 são apresentadas as porcentagens e tipos de resíduos de madeira gerados na atividade de desdobro.

Figura 5 - Porcentagem de resíduos obtidos no desdobro da madeira



Fonte: Monteiro et al. (2012).

Em se tratando da legislação em âmbito nacional, as empresas são auto responsáveis na remoção, estocagem e tratamento dos resíduos gerados pelos processos de produção, e devem realizar os procedimentos adequados para a conservação do meio ambiente (FEITOSA, 2012). No Estado do Rio Grande do Sul, Maffesoni (2012) ressalta o Decreto Estadual 38.365/1989 em que a responsabilidade dos geradores sob os resíduos não cessa com a destinação dos mesmos. Estes o são responsáveis pelos impactos ambientais que causarem mesmo quando da contratação de serviços terceirizados.

Os resíduos de madeira usualmente são acumulados em terrenos de serrarias e possuem pouca previsão de valorização, apesar do potencial por se tratar de um material versátil, disponível, acessível e de baixo custo (RODRIGUES, 2013), frequentemente é desperdiçado como matéria-prima e fonte de energia (FARAGE, 2009). Portanto, de acordo com Maffesoni (2012) é essencial estudos que indiquem possíveis usos e formas de disposição destes materiais, onde a implementação de sistemas de logística reversa pode amenizar o problema.

2.3 O BRIQUETE DE MADEIRA: CONCEITO E HISTÓRICO

O briquete, também denominado de lenha ecológica (BRITO; CUNHA, 2009; FILIPPETTO, 2008; PAULA, 2006; PONTAROLLI et al., 2013; SÁNCHEZ et al., 2014) é um biocombustível, sólido, desenvolvido por meio da compactação da biomassa, tais como a serragem e pó de resíduos. O briquete forma como produto final blocos cilíndricos compactados e densificados (BORGHI, 2012; DANTAS et al., 2012; ROY; CORSCADDEN, 2012; SILVEIRA; LOPES, 2011; ZERBINATTI, 2012). Neste processo, denominado briquetagem, destrói-se a elasticidade natural das fibras da biomassa sob elevadas pressões e temperaturas. É fornecido ao material maior potencial de geração de calor (energia) do que quando a granel ou “*in natura*” (PAULA, 2006).

O briquete é um produto sólido de maior densidade energética (BUZIN, 2009; DIAS et al., 2012; FILIPPETTO, 2008; SCHUTZ et al., 2010). Ele contribui para a redução de custos e problemas associados à disposição dos resíduos, principalmente aqueles derivados do processamento da madeira (ROY; CORSCADDEN, 2012). As peças produzidas são cilíndricas ou hexagonais de 7 cm a 10 cm de diâmetro e 10 cm a 40 cm de comprimento (GENTIL, 2008; PONTAROLLI et al., 2013).

A briquetagem ocorre com ou sem a adição de agentes aglutinadores e origina um produto final com dimensões padronizadas e parâmetros mecânicos adequados (RODRIGUES, 2010). Com a pressão mecânica exercida provoca-se um incremento térmico entre 100°C a 150°C e a lignina, elemento natural da madeira, plastifica-se atuando como elemento aglomerante das partículas. Todavia, para que ocorra a densificação é necessário que os resíduos apresentem umidade entre 8% e 15% e as partículas possuam dimensões entre cinco a dez milímetros (ALVES JÚNIOR; SANTOS, 2002; CARVALHO; BRINCK, 2004; FARAGE, 2009; MORAIS et al., 2006; SILVA, 2007; TAVARES, 2013).

Em alguns casos há necessidade de utilizarem-se aglutinantes conforme a matéria-prima utilizada para compactação (BUZIN, 2009; SOTANDE et al., 2010), como em briquetes de carvão (PAULA, 2010) e de resíduos siderúrgicos (BUZIN, 2009). Entre exemplos de aglutinantes têm-se: amido, melão, resinas, ceras, entre outros (BUZIN, 2009; CARVALHO; BRINCK, 2004; QUIRINO; BRITO, 1991).

Contudo, no caso dos resíduos de madeira, classificados como lignocelulósicos, os compostos ligantes que já estão presentes são ativados com as elevadas pressões e temperaturas quando da compactação. Neste momento, parte da umidade presente na

biomassa é evaporada e eleva-se o poder calorífico do produto compactado (FILIPPETTO, 2008).

A origem do produto vincula-se à Indústria Naval dos EUA em 1848, período no qual foi baixo o interesse no produto devido à grande disponibilidade de lenha e petróleo e reduzida preocupação ambiental existente na época. Contudo, o produto passou a alvo de mérito com o encarecimento dos combustíveis fósseis e a conscientização ambiental (CARVALHO; BRINCK, 2004; DANTAS et al., 2012). A primeira patente foi emitida em 1880 nos EUA para a densificação de biomassa a William Smith (Patente EUA nº 233887) onde comprimiram-se vários resíduos de uma serração utilizando um martelo a vapor (PANWAR et al., 2011). Após, outra patente foi concedida em 1948 para William Easby nos Estados Unidos, o qual transformou o carvão em torrões sólidos. Além disso, elenca-se também a briquetagem em aparas de madeira na Ford Motor Co. em Michigan (EUA) (CARVALHO; BRINCK, 2004; GONÇALVES, 2010).

De acordo com Gentil (2008) e Rosário (2011) a partir de 1973, devido aos altos preços de derivados de petróleo, a presença de novas alternativas energéticas fez-se necessárias pela sua acessibilidade econômica e pelos benefícios ambientais propiciados. No Brasil, a produção de briquetadeiras começou em 1984 no Rio Grande do Sul, com a instalação da BIOMAX Indústria de Máquinas Ltda na cidade de São Leopoldo, Rio Grande do Sul (DANTAS et al., 2012; GENTIL, 2008) e então mais tarde com os Irmãos Lippel & CIA Ltda no Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina.

Uma das primeiras iniciativas de utilização industrial do processo de briquetagem ocorreu no país na década de 60 na CSBM – Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, para briquetagem de finos de carvão vegetal (CARVALHO; BRINCK, 2004). No Brasil desenvolveu-se o produto adensado briquete ao invés do pellet que apresenta distinção quanto às dimensões e o processo de fabricação (GENTIL, 2008), este último empregado em países desenvolvidos, onde há técnicas computadorizadas e mecânicas que reduzem a demanda de mão de obra na fabricação (DANTAS et al., 2012).

2.3.1 Caracterização da Matéria-Prima

O Brasil é uma referência mundial na produção de agroenergia (energia a partir da biomassa) que é a segunda fonte energética do país (ZERBINATTI, 2012). Entre os resíduos agrícolas e florestais que podem ser compactados formando um briquete estão: serragem,

bagaço de cana, casca de arroz, resíduos de algodão, casca de café, de coco, entre outros (PAULA, 2006, 2010; ZERBINATTI, 2012). Os resíduos de acordo com Sellitto et al. (2013) podem ser utilizados como matéria-prima para outras indústrias, reduzindo custos para quem recebe e descarta o resíduo. Os autores apontaram a possibilidade de utilização da casca de arroz para o coprocessamento em fornos da indústria cimenteira, como combustível alternativo, de modo a substituir parcialmente os combustíveis fósseis. Os autores ressaltam que a casca de arroz apresenta poucas iniciativas articuladas de destinação, que partem principalmente da indústria cimenteira. Contudo, a briquetagem é uma possibilidade ao compactar todos os resíduos de origem vegetal bastando que os mesmos atendam às necessidades de granulometria, lignina e teor de umidade os quais possuem influência direta sobre a viabilidade na utilização do material (DIAS et al. (2012).

A biomassa florestal é caracterizada pelo alto teor de umidade, baixo poder calorífico, baixo teor de carbono fixo e alto teor de matérias voláteis (FELFLI et al., 2011; VILAS BOAS, 2011). A queima destes resíduos diretamente está associada à baixa eficiência térmica e a poluição do ar (GROVER; MISHRA, 1996). A maioria dos resíduos agroflorestais contém elevada umidade de 50 a 80% (DIAS, 2002). Portanto, entre 18 e 20% do calor gerado na combustão é consumido para secar a própria biomassa em que perde-se grande parte de seu potencial energético (FILIPPETTO, 2008; PONTAROLLI et al., 2013). Em complementação, estes resíduos geralmente se encontram em forma de pó, provocam poeira e poluição, tornam difícil e caro o manuseio, transporte, armazenamento e a sua adoção como combustível (FELFLI et al., 2011).

Tendo em vista a baixa densidade da biomassa e altos índices de umidade são demandados processos industriais para corrigir as propriedades do material em alguns casos. A biomassa de partículas maiores não pode ser compactada diretamente e deve ser reduzida a um tamanho menor. Portanto, exige-se picar, peneirar, repicar, secar, moer e enfardar o material em alguns casos. Estas operações são fatores de encarecimento e em algumas ocasiões inviabilizam a briquetagem (ARAUJO, 2003; MELO, 2000; SILVA, 2007).

Portanto, quanto menor o tamanho de partícula, menor será a porosidade do produto final e por consequência sua densidade. Partículas grandes dificultam a queima devido ao menor número de espaços livres para difusão de calor, exigindo-se a trituração dos materiais,

com exceção da serragem e da casca de arroz, todos os outros materiais devem ser reduzidos a 6-8 mm de tamanho (DIAS et al., 2012).

O controle do índice de umidade do material também é essencial e o excesso de umidade não é aceitável. Explosões podem ser provocadas devido à formação de vapor e representar poder calorífico negativo, pois parte da energia liberada é gasta na vaporização da água. Todavia, quando o nível de umidade é muito baixo ocorre o desafio de ligação entre as partículas (FILIPPETTO, 2008; GONÇALVES, 2010; SCHUTZ et al., 2010; SOUSA, 2012). Em síntese, os resíduos devem possuir entre 8% e 16%, de umidade, do contrário produz-se um briquete sem estabilidade que pode se desintegrar nas atividades de armazenagem ou transporte (FARAGE, 2009; PANWAR et al., 2011; SCHUTZ et al, 2010).

2.3.2 Características do Briquete

A serragem ao passar pela briquetagem, de 43,8% de umidade chega a um produto com 12,9% de umidade (GENTIL, 2008). Este produto com reduzido teor de umidade (10 a 12%) em relação à lenha (25 a 35%) mostra-se muito superior e apresenta estocagem de mais energia por unidade de volume, o que reduz a demanda de pátios para sua estocagem (QUIRINO, 2005; SILVA, 2007). O rendimento energético do briquete é superior em 50% à lenha e pode-se admitir que o custo da tonelada do produto chegue ao dobro da lenha (SILVA, 2007).

Quanto à densidade energética, enquanto um metro cúbico de lenha comercial possui 1.209.000 kcal, o mesmo volume de lenha se picado e transformado em briquetes terá aproximadamente 4.800.000 kcal (HERBST, 2011). O poder calorífico, portanto, representa a quantidade de energia que um combustível libera quando queimado, em cal/g ou kcal/kg (combustíveis sólidos e líquidos) e em kcal/m³ (combustíveis gasosos). (DIAS et al., 2012; OLIVEIRA, 2013; QUIRINO et al., 2004).

Como fonte de comparação um metro cúbico de briquetes apresenta pelo menos cinco vezes mais energia que um metro cúbico de resíduos de madeira (BUZIN, 2009; FARAGE, 2009; FLORES; YAMAJI, 2009; QUIRINO; BRITO, 1991; SILVA, 2007). A densidade média do briquete é de 500 a 600 kg/m³ superior à lenha o que lhe confere uma redução de volume aos resíduos a

granel de quatro a seis vezes (FARAGE, 2009; FARAGE et al., 2013; FLORES; YAMAJI, 2009; QUIRINO, 2005).

Em adição, a lenha requer a obtenção de licenças ambientais, ao passo que o briquete não exige regulamentação ambiental (PONTAROLLI et al., 2013).

Enquanto o briquete é vendido por peso (quilos ou toneladas) a lenha é vendida por volume (metros cúbicos) (DANTAS et al., 2012). Uma tonelada de briquetes equivale de quatro a sete metros cúbicos de lenha convencional (DE ANGELIS et al., 2007; PONTAROLLI et al., 2013; SILVA, 2007), 550 kg de óleo combustível residual; 2,5 toneladas de cavaco; 550 kg de gás ou 750 kg de carvão (PONTAROLLI et al., 2013). Nesse sentido, é com relação ao transporte que ocorre um favorecimento, já que as cargas são limitadas por peso e não por volume e o produto possibilita a utilização da capacidade integral dos meios de transporte quando da entrega do briquete (BARBOSA, 2009; TAVARES, 2013). Além disso, por ser confeccionado em tamanho padrão o produto permite a manutenção de um estoque menor do que de lenha, além de ser um produto seco, pronto ao uso (PONTAROLLI et al., 2013).

Apresenta-se na Tabela 2 uma comparação direta das características da lenha e do briquete.

Tabela 2 - Comparação entre as características da lenha com o briquete de madeira

Características	Lenha(eucalipto)	Briquete de madeira
Homogeneidade	Comprimento igual e diâmetro variável	Comprimento (30 cm) diâmetro (8 - 9 cm)
Poder calorífico superior (PCS)	2.200 - 2.500 Kcal/kg	4.500 – 4.900 Kcal/kg
Peso específico (kg/m³)	600	1170-1200
Peso a granel (kg/m³)	350-400	700-800
Teor de umidade	25%	12%
Custo (R\$)	180,00/ tonelada	410,00/ tonelada

Fonte: Adaptado de Barroso (2007).

As características que qualificam um briquete estão relacionadas às suas propriedades químicas, físicas e mecânicas (DIAS et al., 2012), tais como: poder calorífico, tamanho das partículas, densidade, resistência à compressão, ao impacto, à abrasão e à penetração de água, poder de ignição e de queima. Essas características permitirão aos briquetes serem manuseados, estocados e resistirem a choques ou gradientes térmicos mantendo sua integridade (BUZIN, 2009; DIAS et al., 2012; FILIPPETTO, 2008; MELO, 2000; RODRIGUES, 2010).

Dependendo do uso, os briquetes devem possuir características desejáveis para atender o mercado consumidor. No caso da siderurgia onde o briquete atua como termorreduzidor, este precisa apresentar resistência térmica, enquanto para uso doméstico, a baixa toxicidade é imprescindível, bem como a resistência ao manuseio, poder de ignição e facilidade de transporte e estocagem (PEREIRA, 2009).

A umidade do produto deve estar entre 6 e 12%. Caso contrário pode quebrar ou degradar-se durante o transporte. Por outro lado, se apresentar baixo teor de umidade, pode haver perda de material, quebra e geração de finos durante o transporte (DIAS et al., 2012).

Apresentam-se no Quadro 2 as diversas vantagens obtidas pela utilização do produto briquete.

Quadro 2 - Vantagens da utilização de briquetes a partir da biomassa

Vantagens	Autores
Facilidade de armazenamento e transporte	Abib (2012), Barbosa (2009), Barroso (2007), Bhattacharya (2004), Bhattacharya et al.(1989), Chen et al. (2009), Dantas et al. (2012), Dias et al. (2012), Farage (2009), Filippetto (2008), Flores e Yamaji (2009), Gentil (2008), Grover e Mishra (1996), Melo (2000), Mwampamba et al. (2013), Oliveira (2013), Paula (2010), Pontarolli et al. (2013), Rosário (2011), Roy e Corscadden (2012), Silva (2007), Sousa (2012), Tavares (2013), Vilas Boas (2011), Wiecheteck (2009).
Alto poder calorífico (alta concentração por unidade de volume)	Abib (2012), Barroso (2007), Bhattacharya (2004), Bhattacharya et al. (1989), Chen et al.(2009), Dantas et al. (2012), Dias et al. (2012), Farage (2009), Filippetto (2008), Gentil (2008), Grover e Mishra (1996), Melo (2000), Oliveira (2013), PES et al. (2012), Pontarolli et al. (2013), Rosário (2011), Roy e Corscadden (2012), Silva (2007), Sotannde et al.(2010), Tavares (2013), Vilas Boas (2011), Wiecheteck (2009).
Oferta constante de matéria-prima	Gentil (2008), Melo (2000), Sousa (2012).
Facilidade na alimentação de caldeiras	Barbosa (2009), Chen et al. (2009), Gentil (2008), Pontarolli et al. (2013).
Homogeneidade do formato e granulometria - Regularidade térmica queimando de modo uniforme	Abib (2012), Barbosa (2009), Barroso (2007), Bhattacharya (2004), Dantas et al. (2012), Paula (2010), Paula et al.(2011), Sanches et al. (2014), Silva (2007), Tabarés (2000), Tavares (2013), Vilas Boas (2011).
Baixa umidade	Abib (2012), Dantas et al. (2012), Melo (2000), Paula (2010), Paula et al.(2011), Pontarolli et al. (2013), Roy e Corscadden (2012), Sanches et al. (2014), Sotannde et al.(2010), Tabarés (2000), Wiecheteck (2009).
Legalizado pelo IBAMA	Dantas, Santos e Souza (2012), Pontarolli et al. (2013).
Facilidade de manuseio	Barroso (2007), Bhattacharya (2004), Bhattacharya et al. (1989), Dantas et al. (2012), Gentil (2008), Mwampamba et al.(2013), Oliveira (2013), Pes et al. (2012), Roy e Corscadden (2012), Vilas Boas (2011).
Diminui o desmatamento e o uso de lenha	Barroso (2007), Bhattacharya et al. (1989), Gentil (2008), Mwampamba et al. (2013), Oliveira (2013), Paula (2010), Dantas et al. (2012), Pontarolli et al. (2013), Tavares (2013).
Ecologicamente correto	Gentil (2008), Dantas et al. (2012), Pes et al. (2012), Roy e Corscadden (2012), Pontarolli et al. (2013), Islam et al. (2014).
Destinação/disposição adequada aos resíduos	Bhattacharya et al.(1989), Bhattacharya (2004), Wiecheteck (2009), Paula(2010), Rosário (2011), Pes et al. (2012), Pontarolli et al. (2013).
Tamanho uniforme	Bhattacharya et al. (1989), Tavares (2013).
Mantém o espaço livre de animais e contaminação em pátios	Abib (2012), Gentil (2008), Rosário (2011).
Dispensa licenças especiais e pagamento de impostos	Abib (2012), Pontarolli et al. (2013).
Gera menos montante de cinzas no processo de queima em relação à lenha	Abib (2012), Bhattacharya (2004), Dantas et al. (2012), Panwar et al. (2011), Pes et al. (2012), Pontarolli et al. (2013), Roy e Corscadden (2012).
Baixa produção de fumaça em relação à fontes fósseis	Bhattacharya (2004), Dantas et al. (2012), Pontarolli et al. (2013).
Não produz fuligem	Bhattacharya (2004), Dantas et al. (2012), Pes et al. (2012), Pontarolli et al. (2013).
Combustível renovável	Dantas et al. (2012), Islam et al. (2014), Mwampamba et al. (2013).
Isento de produtos químicos em sua confecção	Pontarolli et al. (2013).

Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, o briquete é uma mercadoria de carbono neutro, pois ele devolve a natureza através de sua queima o gás carbônico obtido pelas árvores através da fotossíntese. Em oposição às fontes fósseis que emitem dióxido de carbono (CO₂), dióxidos de enxofre (SO₂) e outros componentes nocivos à saúde. O briquete apresenta também baixos teores de óxido nítrico (NO_x), monóxido de carbono (CO) e cloro (ABIB, 2012; ALMEIDA et al., 2011; EMERHI, 2011; SÁNCHEZ et al., 2014; ZERBINARTTI, 2014). Nesse sentido, a briquetagem pode contribuir para um processo produtivo mais sustentável em que são reduzidas as emissões de gases do efeito estufa (GEE), além de atender-se ao protocolo de Kyoto (FARAGE, 2009; ZERBINATTI, 2012). Um kg de briquetes resulta no sequestro de 3,9690 kg de CO₂, ou seja, cerca de 4 kg de CO₂ por kg de briquetes produzidos (ROUSSET et al., 2011). Sobretudo, as organizações beneficiam-se na obtenção de receitas suplementares pela venda de créditos de carbono ao reduzir as emissões na atmosfera (ABIB, 2012; MWAMPAMBA et al., 2013; SAID et al., 2013; SULTANA; KUMAR, 2012).

2.3.3 Aplicabilidade dos Briquetes

O briquete encontra espaço no mercado de energia em que pode substituir outras fontes como a lenha e os resíduos “*in natura*”, assim como o carvão. Todo cliente em potencial é aquele possuidor de forno ou caldeira em que utilize-se lenha (PAULA, 2006).

É, portanto, empregado em: pizzarias; padarias e panificadoras; caldeiras industriais (tinturaria, lavanderia, abatedouros, recauchutagem, indústrias, frigoríficos, cerâmicas); em aquecedores de água (hotéis, motéis, piscinas); em secadores e torradores de grãos (milho, soja, café, farinha); além de churrascarias; lareiras; olarias; laticínios; indústrias químicas; têxteis; de cimento; setor de álcool/açúcar; de plásticos e borracha, entre outras (ALVES JUNIOR et al., 2003; BARROSO, 2007; BRITO; CUNHA, 2009; DANTAS et al., 2012; DIAS et al., 2012; GROVER; MISHRA, 1996; MWAMPAMBA et al., 2013; PES et al. 2012; ZERBINATTI et al., 2014). Ademais, Gentil (2008) aponta o mercado de abatedouros, cervejarias, destilarias, fecularias e indústrias diversas como: balas, do óleo de soja, do papel, refrigerantes, lavanderias, metalúrgicas, recauchutadoras, residências e tinturarias.

É um produto útil em termelétricas para geração de vapor, energia elétrica, em empresas madeireiras para a secagem de madeira (BORGHI, 2012). Encontra-se disponível integralmente durante todo o ano, em diferentes medidas e diâmetros (ABIB, 2012).

O briquete supera e substitui fontes mais caras e não-renováveis assim como produtos entre lenha, petróleo, eletricidade, carvão, gás natural e o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) (EMERHI, 2011; FARAGE, 2009; GENTIL, 2008; GROVER; MISHRA, 1996; PONTAROLLI et al., 2013). Todavia, apesar de alguns consumidores estarem migrando da utilização de lenha para o GLP, como panificadoras e cerâmicas, os demais setores apresentam tendência de crescimento de demanda por energia. Muitos consumidores, como as cerâmicas, ainda utilizam técnicas rudimentares de produção (ALVES JUNIOR et al., 2003). A madeira é responsável por gerar em torno de 20% da energia primária produzida no Brasil (RECH, 2002).

Nesse sentido, Silva (2007) o qual estudou o uso de briquetes em indústrias cerâmicas, destaca que a disponibilidade de lenha para este setor vem se tornando irregular e de difícil acesso. O frete torna-se dispendioso, encarece o produto, e favorece os briquetes. Inclusive, a instabilidade de preços no mercado de gás natural, importado principalmente da Bolívia, torna o briquete atrativo e substituto, desde que o preço final de ambos seja compatível.

2.3.4 O Mercado do Briquete no Brasil

O Brasil possui 60 indústrias de briquetagem com uma produção mensal de 51,7 mil toneladas, produzidos em uma quantidade de 350 briquetadeiras mecânicas de pistão (SOUSA, 2012) em sua maioria da marca Biomax (FELFLI et al., 2011). De acordo com Filippetto (2008) a produção destas empresas se coloca entre 300 e 700 toneladas/mês e, conforme Gentil (2008) e Felfli et al. (2011) estas empregam como matéria-prima especialmente a serragem, palha de arroz, algodão e o bagaço de cana.

De acordo com estudo de Gentil (2008) o custo de produção do briquete é da ordem de R\$ 265/T, e o frete da matéria-prima e entrega do produto final representa 31,7% dos custos. O preço final de comercialização do produto é em torno de R\$305/T contra o preço de R\$160/T da lenha. Enquanto, o preço da energia é de R\$21/GJ no caso dos briquetes e de R\$15,1/GJ no caso da lenha. O preço do produto apresenta variação global entre U\$ 60 a U\$ 400/T, e no mercado nacional entre R\$350-400/T, onde o preço da matéria-prima tem interferência direta no do produto final, como a serragem que custa em média R\$24/m³ ou R\$120/T

Além disso, o preço final do briquete varia com a relação aos consumidores finais, a quantidade encomendada e a distância de entrega (FELFLI et al., 2011; FILIPPETTO, 2008). Constata-se no mercado variações a um mínimo de 100 R\$/t (preço FOB – *Free On Board*,

onde o comprador assume todos os riscos e custos com o transporte da mercadoria), a um máximo de 420 R\$/t (preço CIF - *Cost, Insurance and Freight*, em que o fornecedor é responsável pelo frete e o seguro da mercadoria) (FILIPPETTO, 2008). Já Felfli et al. (2011) verificaram valores entre o intervalo de R\$200 e R\$ 305. Apresenta-se na Tabela 3, o preço médio de venda do produto confeccionado a partir de diferentes matérias-primas conforme Dias et al. (2012).

Tabela 3 - Preços médio de venda de briquetes, a partir de distintas matérias-primas

Briquetes	Valor de Comercialização (incluso frete)
Serragem de madeira	R\$ 250-350
Outros resíduos florestais	R\$ 270-320
Casca de arroz	R\$ 300
Finos de carvão	R\$ 1.000-1.600
Serragem	R\$ 430-550

Fonte: Dias et al. (2012).

2.3.5 Barreiras para a produção de briquetes

Diversos são as barreiras a serem superados para expansão do uso do briquete no Brasil, os quais restringem e limitam sua valorização. Para expansão do produto no mercado Dias et al. (2012) sustenta a barreira logística, caracterizada pela baixa densidade dos resíduos a granel. Aponta-se também a heterogeneidade da matéria-prima (forma, teor de umidade, granulometria etc.) somada ao custo de coleta e de transporte que encarece o preço do produto final (COUTO et al., 2004; LOPES, 2012).

Há dificuldade de coleta de resíduos em locais longínquos e a usina de briquetagem precisa estar próxima das matérias-primas disponíveis de baixo custo, e, de preferência, próximas ao mercado consumidor, o qual se localiza nos grandes centros. Portanto, a localização de uma usina deve ser privilegiada, tanto para o acesso às matérias-primas quanto para a distribuição do produto final (BARBOSA et al., 2014; GENTIL, 2008; PONTAROLLI et al., 2013; WIECHETECK, 2009). Ante o exposto, Felfli et al. (2011) corroborado por Barbosa et al. (2014) argumentam que em casos onde os clientes estão a distâncias maiores de 300 km as vendas podem tornar-se economicamente inviáveis pelo elevado custo com transporte.

Em relação às empresas que compram matéria-prima de terceiros, há que estabelecerem-se acordos de longo prazo, contratos e preços favoráveis para operação. Caso contrário, os produtores que dependem de resíduos agrícolas e material sazonal podem apresentar menor produtividade ou mesmo fechamento temporário das operações (MWAMPAMBA et al., 2013). Nesse sentido, quando a indústria é a própria geradora dos resíduos e os obtêm com abundância e sem custo, a agregação de valor no formato de briquetes é facilitada e permite o fornecimento ao mercado de um produto de menor preço.

A visão do consumidor é somente focada em preço, e ele compra preço ao invés de energia. Dificilmente realiza uma análise do custo-benefício do briquete em relação à madeira (GENTIL, 2008). As empresas que produzem briquetes devem, portanto, perseguir a redução de custos já que o briquete disputa diretamente com resíduos de serragem, lenha, carvão e a demanda é influenciada com o preço de mercado destes produtos concorrentes (COUTO et al., 2004; DANTAS et al., 2012; GENTIL, 2008; SILVA, 2007; WIECHETECK, 2009). Ante o exposto, exigem-se da indústria de briquetes altos investimentos em *marketing* e um forte foco em preço de modo a oferecer um produto final alternativo aos combustíveis existentes e ainda mais barato, incentivando-se o consumo (MWAMPAMBA et al., 2013).

No Brasil, verifica-se a carência de uma legislação que incentive ou forneça privilégio a biomassa e ao briquete, pelo fato de este contribuir na mitigação de danos ambientais. Não há apoio governamental em forma de subsídios, isenção de impostos, ou benefícios para a importação de maquinaria para que a indústria de briquetagem possa competir com seus concorrentes (MWAMPAMBA et al., 2013). Nesse sentido, também não há uma norma técnica ou comercial de exportação do produto, bem como não há convênios com universidades ou centros de pesquisas para que se realizem pesquisas e aprofundamentos sobre o segmento e tecnologias de produção. Constata-se escassez de especialistas formados e baixo *know how* do processo produtivo dos briquetes (GENTIL, 2008).

Em resumo, há carência de legislação, normas e estatísticas do setor (GENTIL, 2008). Por exemplo, Mwampamba et al. (2013) apontam a ausência de uma norma para controle da qualidade do produto, tanto em termos de umidade, carbono, cinzas, voláteis e poder de aquecimento.

Há ainda, a necessidade de armazenamento do produto em local coberto. O briquete não deve ser exposto à umidade ou a água, pois quando submetido a tais fatores, pode perder resistência e desmanchar-se (BHATTACHARYA, 2004; GROVER; MISHRA, 1996).

Outra barreira no segmento é o preconceito e desconhecimento do produto pelos consumidores e a ausência de promoção no mercado. Grande parte da indústria madeireira desconhece as tecnologias disponíveis para o aproveitamento de resíduos. Há necessidade de divulgação do potencial de geração de energia a partir da biomassa, a qual o país possui em abundância (COUTO et al., 2004; DANTAS et al., 2012; ROSÁRIO, 2011; TUOTO, 2009). Além disso, os consumidores também demonstram baixa consciência sobre a sustentabilidade do produto (EMERHI, 2011). Conclui-se que a ampliação do mercado é uma das barreiras a serem enfrentados, já que o consumidor é resistente às mudanças ou desconhece os novos produtos (SILVA, 2007).

O segmento de briquetagem apresenta ainda elevada carga tributária e alto custo de capital de giro pela falta de crédito e financiamentos (COUTO et al., 2004; DANTAS et al., 2012). Nesse sentido, Bhattacharya (2004), Dias et al. (2012) e Tuoto (2009) apontam a barreira econômica como principal inibidora. Há necessidade de altos investimentos em equipamentos (moinhos, secadores e briquetadeiras). Portanto, demandam-se linhas crédito específicas, bem como estudos sobre o mercado atual e futuro do negócio. Aos equipamentos incide elevada carga tributária, e estes exigem considerável quantidade de energia para funcionamento, elevando-se custos (BHATTACHARYA, 2004). Assim, atualmente, os investidores optam por máquinas usadas, de menor preço para tornar o projeto lucrativo mais rápido (ROSÁRIO, 2011).

Em se tratando de tecnologia, Ramírez-Gómez et al. (2014) e Tuoto (2009) observam a falta de acesso a tecnologias modernas de aproveitamento da biomassa. O setor é desafiado na projeção de máquinas, equipamentos e infraestrutura para a manipulação, o transporte e armazenamento tanto da biomassa como de briquetes e pellets.

Já Dias et al. (2012) ressaltam a barreira técnica do setor. A matéria-prima disponível possui características distintas o que requer conhecimentos técnicos e inovações tecnológicas para coleta, secagem, moagem e

classificação dos materiais de modo a obter-se homogeneidade, qualidade e eficiência dos mesmos.

Quanto à matéria-prima Tuoto (2009) afirma que o país não possui um inventário sobre a geração de resíduos de madeira que permita mapear a fonte geradora, o tipo, a qualidade, o volume produzido ou sua disponibilidade. Por fim, Felfli et al. (2011) conclui que a expansão do setor depende de três fatores: a disponibilidade de resíduos para a briquetagem, tecnologias apropriadas e mercado para o produto.

Apresenta-se no Quadro 3 uma síntese das barreiras verificadas na literatura.

Quadro 3 – Síntese das barreiras para investimentos em briquetes

Barreiras	Autores
Heterogeneidade (forma, teor de umidade, granulometria etc.)	Dias et al. (2012)
Necessidade de armazenamento do produto em local coberto. Produto não deve ser exposto à umidade	Bhattacharya (2004), Grover e Mishra (1996)
Logística - dificuldade de coleta de resíduos em locais longínquos. Alto volume e baixa densidade de resíduos de madeira. Elevado custo de frete. Exigência de instalação de usina próxima das matérias-primas e do mercado consumidor	Barbosa et al. (2014), Couto et al. (2004), Dias et al. (2012), Felfli et al. (2011), Gentil (2008), Lopes (2012), Pontarolli et al. (2013), Tavares (2013), Wiecheteck (2009)
Não há inventário do tipo de resíduos, fontes, volume ou da qualidade gerada no Brasil	Tuoto (2009), Ipea(2012)
Disponibilidade de resíduos suficientes para briquetagem	Felfli et al. (2011)
Falta de acesso a tecnologias modernas de aproveitamento da biomassa	Felfli et al. (2011), Ramírez-Gómez et al. (2014), Tuoto (2009)
Mercado para o produto	Felfli et al. (2011)
Barreira econômica (carga tributária, custo de capital de giro, crédito e financiamentos)	Couto et al. (2004), Bhattacharya (2004), Dantas et al. (2012), Dias et al. (2012), Tuoto (2009)
Preconceito e desconhecimento do produto pelos consumidores.	Couto et al. (2004), Dantas et al. (2012), Emerhi (2011), Rosário (2011), Silva (2007), Tuoto (2009)
Carência de lei, normas e estatísticas do setor e apoio governamental	Gentil (2008), Mwampamba et al. (2013)
Visão do consumidor focada em preço. O briquete compete por preço com outras fontes como resíduos a granel, lenha e carvão. Foco na redução de custos	Couto et al. (2004), Dantas et al.(2012), Gentil (2008), Mwampamba et al. (2013), Silva (2007), Wiecheteck (2009)

Fonte: Elaborado pela autora.

2.3.6 Custos de Implementação

O custo aproximado para a implantação da usina de briquetagem conforme Silveira (2008) com um equipamento convencional é de R\$ 258.000,00 a R\$ 375.900,00.

Em estudo Gentil (2008) também verificou que a instalação de uma usina de briquetagem na região sul do Brasil com capacidade de 1100 toneladas mensais, 15% de lucratividade e operação de 14 horas/dia acarretaria em receita mensal bruta de R\$ 275.000,00 e investimento inicial de R\$ 2,4 milhões em uma usina completa. Portanto, o valor de investimento é variável com os equipamentos necessários e a capacidade da briquetadora.

Para operação de uma usina de briquetagem Felfli et al. (2004), Gentil (2008) e Silva (2007) afirmam ser essencial a aquisição dos seguintes equipamentos: máquinas e equipamentos para movimentação de matéria-prima, caminhão para transporte, picador de

biomassa, exaustor, briquetadeira, peneira, entre outros. Contudo deve-se incluir em alguns casos um secador quando os resíduos utilizados apresentam elevados índices de umidade.

A base de aquisição somente da briquetadora é entre 148.000,00 (SILVA, 2007), R\$ 154.000,00 (GENTIL, 2008) e 164.500,00 (FELFLI et al., 2004). Contudo, por se tratar de um produto sem valor agregado e de baixa tecnologia exige a economia de escala para tornar-se viável, sendo interessante a operação até três turnos diários para diluição de custos fixos (GENTIL, 2008).

Para Filippetto (2008) a viabilidade econômica de uma planta de briquetagem deve incluir a avaliação de aspectos como o preço do combustível o qual o briquete será substituído, custo de produção, valor, características da matéria-prima e transporte, e a capacidade produtiva da respectiva planta.

Um dos fatores de maior influência do custo da produção de briquetes é a compra de equipamentos para a briquetagem (FIGUEIRA et al., 2015). Na avaliação de custos realizada por Rosário (2011) foi observado que a energia elétrica, em especial a energia consumida pelo secador, que pode representar até 78% de todo o consumo.

São relevantes, sobretudo os custos de impostos incidentes e de matéria-prima (SILVA, 2007). Tavares et al. (2015) informam que os gastos com transporte da matéria-prima e do produto representam os maiores custos, média de 28,38%. Outro custo expressivo é a aquisição de matéria-prima com participação média de 23,70%. De acordo com Gentil (2008) o custo da matéria-prima pode representar até 51,3% do valor total. Portanto, as organizações buscam agir de modo à briquetar dentro de serrarias ou reduzir ao máximo o custo de transporte dos resíduos e de entrega do produto final. Nesse sentido, Silva (2007) afirma que a aquisição de matéria-prima deve ocorrer entre R\$ 11,00/T a R\$ 42,00/T, e Tavares (2013) estipulou o valor máximo de R\$ 56,00/T. Em que a aquisição por valores superiores inviabilizaria a competição do briquete com a lenha (SILVA, 2007).

Na questão dos impostos o briquete é isento de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); o ICMS (Alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) é de 18%, o PIS (Contribuição para o Programa de Integração Social) é de 0,65% e a COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) é de 3%. O IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) é de 25% e a CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) é de 9% (SILVA, 2007).

Gentil (2008) menciona em estudo que o custo de produção do briquete é de R\$ 265/t sem a inclusão de frete, *Free on Board* (FOB). Em um segundo momento, no caso do produto

posto ao cliente, o custo passa para R\$ 305,00/t contra R\$ 160/t de lenha. A participação do frete da matéria-prima e de entrega do produto é de 31,7% conforme Gentil (2008).

As considerações de Gentil (2008) são corroboradas por Pontarolli et al. (2013) que verificou o custo de tonelada do briquete no valor de R\$ 159,43/T que é o custo de produção acrescido de uma margem de 25%. Tavares (2013) verificou valores de R\$ 195,14 a R\$ 229,06/T, Silva (2007) de R\$ 162,54/T, de R\$ 177,42/T por Figueira et al. (2015) e Felfli et al. (2004) de R\$ 119,71/T, estes apresentam-se viáveis já que a comercialização ocorre entre 180 e 220 R\$/T O *payback* (período até o retorno do investimento) foi analisado por Filippetto (2008) que encontrou em uma indústria que processo 60 toneladas mensais um período de 3,7 a 4,7 anos para retorno dos investimentos, Silva et al. (2011) verificou um período entre dois e três anos similar a 3,92 anos encontrado por Tavares et al. (2015).

O tempo elevado de retorno é justificado por Rosário (2011) que aponta o alto valor de investimento na compra das máquinas e a construção de um depósito. Todavia, uma solução para redução de custos pode ser a aquisição de maquinário usado, adquirido a preço reduzido já que a depreciação deste tipo de equipamento ser baixa e de material durável.

Os custos podem variar conforme o tipo de matéria-prima utilizada, umidade e granulometria da mesma; bem como a capacidade produtiva dos equipamentos, dias trabalhados por mês, turnos de trabalhos e o nível de automatização dos equipamentos. Na Tabela 4 é apresentado o custo estimado para a produção de briquetes em diferentes cenários.

Tabela 4 – Custo estimado da produção de briquetes de madeira

	Cenário A	Cenário B	Cenário C
Estimativa de Custos (R\$)			
Custos Fixos	135.612,00	154.512,00	159.522,00
Custos Variáveis	211.302,20	382.205,53	552.447,80
Custo Total (R\$)	346.914,20	536.717,50	711.999,80
Estimativa de Receitas			
Vedas (kg/ano)	1.056	2.112	3.168
Preço médio do produto (R\$)	375,00	375,00	375,00
Receita Líquida ¹ (R\$)	359.568,00	715.968,00	1.073.952,00
Depreciação (R\$)	35.000,00	40.000,00	45.000,00
Saldo de Caixa ² (R\$)	47.158,68	215.633,08	400.237,45

¹ valor com dedução de impostos (PIS/PASEP, COFINS, ICMS, IPI)

² valor com dedução de impostos (CSLL e IRPJ)

Fonte: Silveira et al. (2011)

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as três etapas para realização dessa pesquisa. Na primeira etapa apresenta-se a estratégia metodológica utilizada para o desenvolvimento do estudo, como a classificação da pesquisa quanto: à natureza; à forma de abordagem ao problema e os objetivos e procedimentos técnicos adotados. A segunda etapa se refere ao método de trabalho no qual se evidenciam como o estudo foi conduzido. E por último, apresentam-se os autores e os instrumentos para a coleta e análise de dados em campo, as bases e critérios para revisão da literatura.

Esta seção é, portanto, considerada como a mais importante de um estudo conforme Acevedo e Nohara (2013), já que por meio dessas informações garante-se a reprodutibilidade desta pesquisa.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é o plano básico ou estratégia da pesquisa, que de acordo com Acevedo e Nohara (2013) especifica o planejamento utilizado por uma investigação. Portanto, o delineamento envolve tanto decisões sobre quais métodos de pesquisa utilizados na coleta dos dados quanto como os dados foram analisados/interpretados.

Apesar de cada método que seja adotado para a condução de uma pesquisa possui tanto vantagens como desvantagens, Yin (2010) aponta que tudo é relativo aos seguintes fatores: (i) o tipo de pesquisa proposta; (ii) a exigência de controle do investigador sobre eventos comportamentais e; (iii) o foco em acontecimentos contemporâneos, onde deve-se adotar diferentes estratégias conforme o Quadro 5.

Portanto, segundo a proposta de Yin (2010) o estudo de caso foi aqui definido como método de pesquisa devido a sua orientação a pesquisas que apontam questões problema “como” ou “porque”; por ser mais bem empregado quando o pesquisador não possui controle sobre os eventos em estudo e quando se estuda fenômenos atuais e presentes na vida real. Esta pesquisa exige uma compreensão não somente ampla quanto profunda acerca dos motivos que levam uma empresa de processamento de madeira a aproveitar os resíduos de seu processo produtivo para a produção de briquetes e fatores que possam dificultar esse processo.

Quadro 4 - Diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	Forma da questão de pesquisa	Controla eventos comportamentais?	Focaliza acontecimentos contemporâneos?
Experimento	Como, por que	Sim	Sim
Levantamento (Survey)	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim
Análise documental	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim/Não
Pesquisa histórica	Como, por que	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que	Não	Sim

Fonte: Yin (2010).

A escolha pelo delineamento de estudo de caso justifica-se pela revisão de literatura desenvolvida por Rubio (2008) acerca de artigos publicados nos principais periódicos envolvendo o tema logística reversa. O autor analisou as características das publicações, e concluiu que no que tange a metodologia, que se sobressaem pesquisas empregando o método quantitativo, em especial modelos matemáticos (65,05% das pesquisas), enquanto os estudos de caso compreendem 21,51%, desenvolvidos, realizados em maioria nos países desenvolvidos. Tal fato expõe a demanda de aprofundamentos e expressividade de pesquisas que utilizem o estudo de caso como metodologia, haja vista a baixa exploração desta metodologia em logística reversa no Brasil (SANTOS et al., 2013).

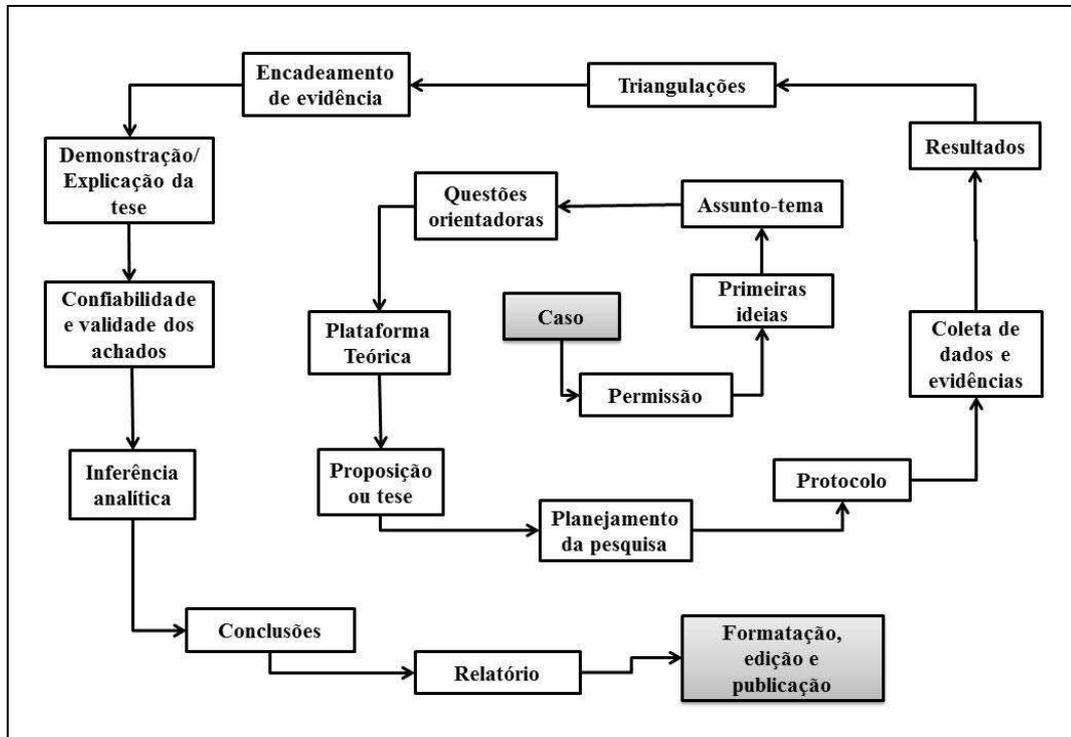
Em resumo o estudo de caso justifica-se nesta pesquisa, pois:

- a) O tema é atual e importante para que se compreendam as motivações de aproveitamento de resíduos da indústria de processamento da madeira;
- b) Está relacionado à questão de pesquisa “Por que”;
- c) Busca-se compreensão em profundidade das razões para que algumas empresas do setor de indústrias de processamento mecânico de madeira, geradoras de quantidade elevada de resíduos agreguem valor aos mesmos no formato de briquetes e outras não o façam;
- d) Não há possibilidade de controle dos eventos comportamentais por parte da pesquisadora.

Neste estudo, múltiplas fontes de evidência foram adotadas com objetivo de garantir a obtenção de resultados assemelhados em estudos que venham a replicar os mesmos critérios e ações de protocolo aqui adotadas e garantir confiabilidade e validade ao estudo (MARTINS,

2008). Apresentam-se na Figura 6 os processos necessários para a elaboração de um estudo de caso.

Figura 6 - Processo de elaboração de um estudo de caso



Fonte: Martins (2008).

O estudo de caso inicia-se pela definição das primeiras ideias pelo autor, o tema, as questões orientadoras que nortearão a pesquisa, a base teórica em que será realizada a revisão do assunto e os objetivos da pesquisa (tese). Na sequência, haverá o planejamento da pesquisa, etapas de trabalho, protocolo para aplicação aos entrevistados, coleta de dados e evidências em campo, descrição dos resultados, triangulação das distintas fontes de evidências e explicação do objetivo proposto. Por fim, poderá o pesquisador realizar com os dados obtidos a inferência sobre os mesmos, elaborar suas conclusões e tornar pública sua pesquisa.

Como justificativa para a adoção do método de estudo de caso abona-se a carência de estudos com as características deste, e que gerem conhecimentos sobre essa realidade concreta. O estudo aqui executado possui filiação **múltipla**, pela necessidade da realização de comparações entre duas realidades distintas, de empresas que aproveitam seus resíduos no formato de briquetes e outras que optaram por não fazê-lo, em contextos diferenciados.

Quanto à categorização desta pesquisa, ela é classificada como **explicativa**. A mesma sustenta-se pelo objetivo de registrar, analisar e interpretar o fenômeno de transformação de resíduos de madeira em briquetes e na identificação de suas causas. Portanto, o enfoque

explicativo desta pesquisa visa proporcionar descrições ricas e robustas devido à escassez de estudos em profundidade sobre essa temática em organizações com características semelhantes às deste estudo.

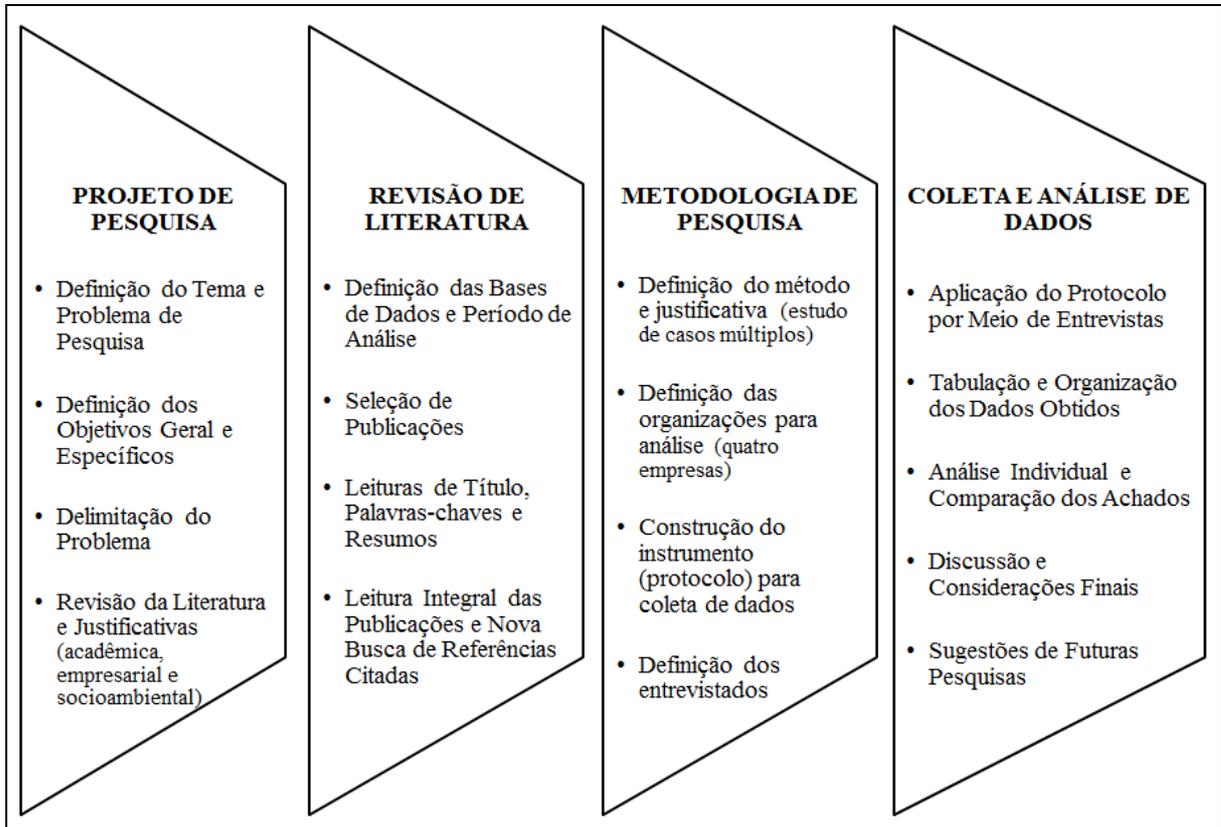
Em relação ao tipo de abordagem, adotou-se a pesquisa mista, ou seja, a sinergia entre as características dos métodos qualitativo e quantitativo. Esta abordagem mescla os métodos e é denominada de triangulação metodológica (FREITAS; JABBOUR, 2011). Uma das razões para a escolha dessa abordagem baseia-se na necessidade de imbuir amplitude e corroboração à pesquisa, além de proporcionar melhor compressão e descrição do problema.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

Segundo Miguel (2007) e Yin (2010) o estudo de caso está entre os tipos mais difíceis de pesquisa a serem desenvolvidas devido à ausência de procedimentos de rotina. Portanto, buscou-se utilizar um método rigoroso para o desenvolvimento desta dissertação. Inicialmente foi realizada uma análise minuciosa da literatura e em sequência, adotaram-se procedimentos formais para a coleta e análise de dados que foram explícitos de modo a fornecer integridade e validade à pesquisa. Demonstraram-se as operações para a realização a pesquisa em etapas, de modo a permitir a replicação futura obtendo-se os mesmos resultados. Através destes passos, proveram-se múltiplas fontes de evidência e maior confiabilidade ao estudo (YIN, 2010).

O método de trabalho empregado nesta dissertação foi dividido em quatro etapas: projeto de pesquisa, revisão de literatura, método de pesquisa, coleta e análise de dados. Tais etapas são apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Estrutura de execução da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira fase, denominada de projeto, consistiu na definição do tema de análise por parte da autora. Foi realizada uma revisão básica da literatura. Analisaram-se as lacunas e aspectos em que estudos poderiam contribuir para o amadurecimento da literatura existente. Definiu-se, portanto o problema de pesquisa e a delimitação da mesma. Após o estreitamento da literatura em tópicos chave de interesse, elaborou-se a questão e as proposições específicas, buscando-se permanecer dentro dos limites viáveis e com estreitamento dos dados relevantes (YIN, 2010).

Na segunda etapa de revisão da literatura, selecionaram-se os artigos. Estes foram categorizados para otimização de leitura por parte da pesquisadora e relacionados entre tema e autores. Estabeleceram-se os principais tópicos e estruturaram-se os capítulos que compõe esta dissertação. Por fim, iniciou-se a redação dos capítulos, o que é mais bem explanado na seção 3.4 de coleta de dados.

Na terceira etapa, denominada de metodologia de pesquisa, selecionou-se o método de estudo de casos múltiplos e desenvolveu-se um protocolo que passou por refinamento. O

protocolo conforme Yin (2010, p.106) “é desejável em todas as circunstâncias, mas essencialmente em estudo de caso múltiplos” que foi o método adotado neste estudo.

A quarta etapa, de coleta e análise de dados, consistiu na definição das empresas a serem analisadas e as quais seriam aplicadas as entrevistas. Além de demonstrar interesse na pesquisa para a participação, as organizações deveriam apresentar disponibilidade para responderem aos questionários. Entre outros pré-requisitos definiu-se:

- (i) Duas organizações produtoras de briquetes de madeira a partir de resíduos de seus processos produtivos;
- (ii) Duas empresas do segmento de beneficiamento de madeira que possuíssem dados históricos da geração de resíduos para análise;

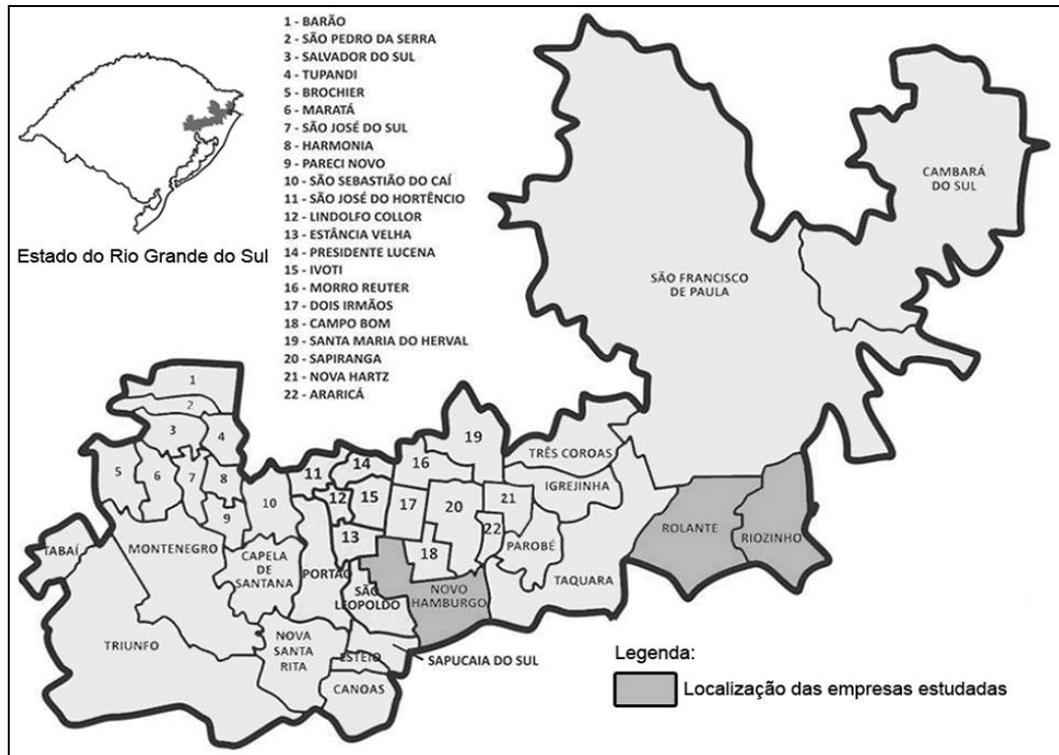
Na sequência conforme indicação de Miguel (2007) foi feita uma análise cruzada dos dados, confrontando-se e comparando-se a realidade de cada empresa e os estímulos e barreiras em produzir briquetes a partir de resíduos de seus processos produtivos. Os novos achados foram relacionados à teoria e, por fim, elaborou-se a discussão, conclusões e recomendações para avanços neste campo de pesquisa.

3.3 UNIDADES E PERÍODOS DE ANÁLISE

As definições das organizações objeto de estudo justificaram-se por três fatores: (i) facilidade na obtenção de dados, localização das empresas próximas entre si, ou seja, questão geográfica; (ii) potencial de utilização dos resíduos (serragem) das empresas; e (iii) percepção de que estas empresas gerassem consideráveis volumes de resíduos e que os mesmos pudessem comprometer seu desempenho econômico e/ou ambiental.

Empresas localizadas no Vale do Sinos e Paranhana foram escolhidas tanto por facilidade de acesso à pesquisadora, bem como pelo segmento da madeira estar em franco desenvolvimento na região. A localização geográfica das empresas estudadas é destacada na Figura 8.

Figura 8 - Localização das unidades de análise



Fonte: Adaptado de 1ª CRS (2015).

A seleção dos entrevistáveis foi realizada com base nas entrevistas preliminares e pelo conhecimento específico dos mesmos. A partir da leitura de documentos internos das empresas foi possível selecionar o período de tempo a ser analisado. Ainda, preliminarmente, foram realizadas algumas entrevistas abertas para validação dos períodos predefinidos eram procedentes. O horizonte temporal foi transversal, em um curto período de tempo. Foram identificados padrões de comportamento, tendências e trajetórias na geração de resíduos e comercialização de briquetes nas quatro unidades de análise. Através da consulta de documentos para o desenvolvimento de séries temporais.

3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para esta pesquisa utilizou-se para a coleta de dados as seguintes técnicas: bibliográfica; entrevistas, observação e análise documental. Estas múltiplas fontes de evidência possibilitaram a validação do estudo, também denominada de triangulação (MARTINS, 2008). No Quadro 6 são apontadas as fontes adotadas para elevação de confiabilidade da pesquisa.

Quadro 5 - Fontes de confiabilidade do estudo

Fonte de confiabilidade	Método	Aplicação durante a pesquisa
Validação do protocolo	- Uso de múltiplas fontes de evidência (entrevista pessoal semiestruturada) - Revisão pelos informantes do relatório de caso	- Informantes qualificados; - Entrevista com múltiplos respondentes em cada empresa (se possível); - Observação de instalações e processos organizacionais; - Revisão pelos entrevistados ao caso escrito.
Validade Interna	- Busca de padrões de respostas e explicações	- Busca de consistência lógica entre as respostas e de padrões
Validade Externa	- Uso da lógica de replicação em múltiplos estudos de casos	- Comparação dos resultados entre as duas empresas de esquadrias/beneficiadores - Comparação entre os dados apresentados pelas duas organizações de briquetagem
Confiabilidade e credibilidade	- Uso de protocolo de estudo de caso - Análise documental - Pesquisa bibliográfica	- Aperfeiçoamento de protocolo de pesquisa e utilização em todos os casos analisados - Utilização de perguntas abertas o que permitiu que os entrevistados refletissem sobre experiências - Documentos e estudos disponíveis na Internet, produzidos por órgãos governamentais (MMA, BEN) e instituições de representação de interesses de empresas envolvidas com briquetagem de resíduos e resíduos de madeira (ABIMCI, ABRAF, ABIB, CONAMA, FAO, EPE, EMBRAPA, Projeto Pnud Bra 00/20). - Notícias em jornais e sites de interesse acerca do tema; - Literatura sobre logística reversa, resíduos de madeira, com destaque ao processo de briquetagem.

Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira fonte de evidência utilizada foi a bibliográfica em que foi elaborada a revisão da literatura. Definiu-se as bases eletrônicas de dados para consulta *Science Direct*, *Emerald*, *Google Scholar*, *Scielo*, *Capes*, e *IEEE Xplore*. Em um primeiro momento o levantamento enfatizou artigos sobre resíduos de madeira, briquetes e logística reversa. Como palavras-chave foram pesquisadas: “logística reversa, logística reversa de resíduos de madeira, logística reversa pós-consumo, *reverse logistics* e *wood waste reverse logistics*”. Na segunda etapa enfatizou-se a pesquisa sobre resíduos de madeira, com as seguintes palavras-chave: “resíduos de madeira, geração de resíduos de madeira, rendimento da madeira, resíduos serrarias, *wood waste* e *sawdust waste*”. Por último os briquetes foram pesquisados: “briquetes, briquetagem, briquetagem de resíduos, briquetes de madeira, *wood briquettes*, *wood pellets*, *briquetting*”. Procedeu-se também repetições incluindo novas palavras-chave.

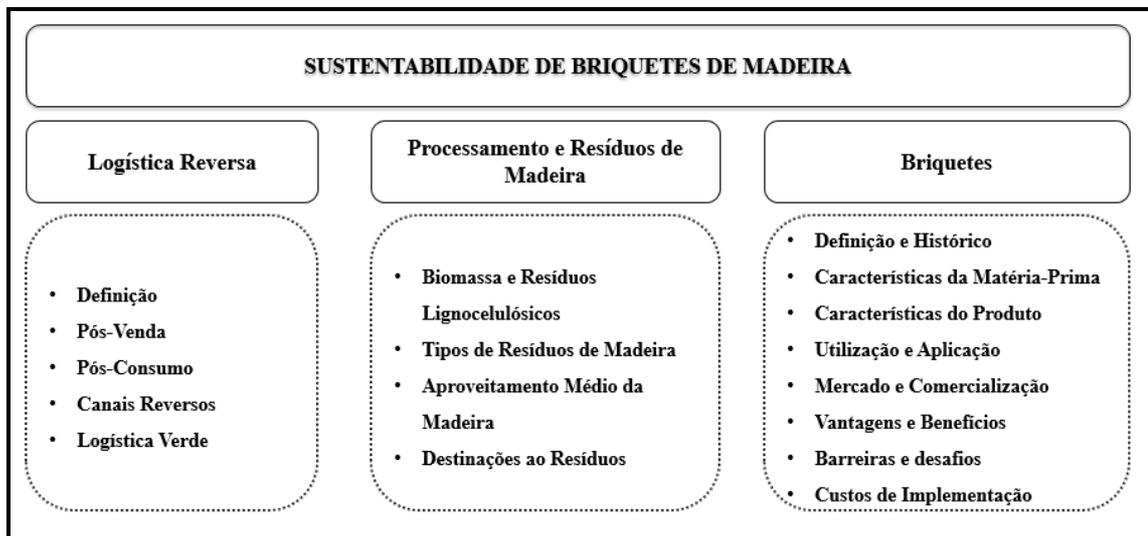
Para refinamento e seleção iniciou-se leitura do título dos artigos; palavras-chave e resumos, e por fim, análise completa dos artigos remanescentes.

Como critério de inclusão de artigos, os mesmos deveriam conter informações relativas às características dos resíduos, em especial de madeira, para confecção de briquetes.

Além disso, referências citadas em cada literatura relevante foram examinadas para a obtenção de fontes adicionais de informação. Como critérios de exclusão, definiu-se publicações anteriores ao ano de 1985 e artigos cujo tema de distanciava do assunto de pesquisa ou que representasse pontos de interesse superficiais.

Para início de leitura e agilidade de organização da pesquisadora, os artigos foram categorizados, com enfoque entre: logística reversa; processamento e resíduos de madeira, e briquetes apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Categorias de análise dos artigos



Fonte: Elaborado pela autora.

Os entrevistados foram definidos com vistas à obtenção de informações mais detalhadas acerca do gerenciamento de suas empresas e das atividades por elas realizadas. As entrevistas foram baseadas em um protocolo previamente elaborado com base nos principais tópicos verificados na revisão da literatura. O questionário incluiu questões abertas como fechadas e foi oportunizada aos entrevistados a exposição de suas opiniões e sugestão fontes de evidência adicionais.

Um total de quatro empresas foi selecionado como base em sua relevância no segmento e similaridade de mercado e operações entre estas para comparação de seus processos. No Quadro 6 é detalhado o protocolo de pesquisa utilizado.

Quadro 6 - Protocolo de pesquisa

Elementos de Pesquisa	Descrição
Questão de estudo	Porque uma empresa pertencente ao segmento de processamento da madeira decide aproveitar os resíduos de seu processo produtivo na forma de briquetes dado que este não é o seu <i>core business</i> ?”.
Objetivo principal	Identificar os motivos que levam uma empresa de processamento de madeira a aproveitar os resíduos de seu processo produtivo para a produção de briquetes e fatores que possam dificultar esse processo.
Período de realização	O projeto de pesquisa começou a ser delineado em 2014 e foi executado em 2015.
Unidade de análise	Foram analisadas duas organizações do ramo de beneficiamento da madeira que confeccionam briquetes (B1 e B2) e outras duas empresas que não aproveitam seus resíduos (M1 e M2) com localização no Vale do Paranhana e Vale do Sinos.
Fontes de dados	Foram entrevistados os gestores de M1, M2 e B1, e o representante comercial de B2. Realizou-se análise de documentos internos e observação dos processos produtivos das empresas analisadas.
Validade interna	Comparação entre motivadores e barreiras verificados na literatura e aqueles percebidos na prática.
Validade externa	Comparação entre a literatura e entre os resultados obtidos em campo.
Questões elementares do estudo de caso	I)Informações gerais sobre a empresa; II)Conhecimento do processo produtivo: matéria-prima consumida; equipamentos utilizados; resíduos gerados no processamento da madeira e rendimento; forma de organização, coleta e armazenamento de resíduos; gestão e destinação propiciada aos resíduos; detalhamento do processo de briquetagem de resíduos florestais; III)Sustentabilidade no aproveitamento dos resíduos no formato de briquetes; IV) Venda do briquete/ resíduo, motivações internas, drivers externos e obstáculos para a confecção de briquetes.

Fonte: Elaborado pela autora.

O roteiro de entrevista é apresentado na Figura 10. O mesmo foi direcionado às quatro empresas analisadas. As seções “Caracterização da empresa” e “Gestão de resíduos de madeira” foram aplicadas as duas organizações geradoras de resíduos (M1 e M2). Já o roteiro completo foi aplicado àquelas empresas que utilizam os resíduos para a confecção de briquetes (B1 e B2). O protocolo foi essencial para oferecer condições de se testar a confiabilidade do estudo, ou seja, é importante para que resultados assemelhados possam ser obtidos em futuras replicações do mesmo caso (MARTINS, 2008).

Para a realização das entrevistas, inicialmente foram feitas visitas à sede das empresas para a explanação da importância, os objetivos desta pesquisa e o método a ser utilizado. Nesta primeira ocasião foram feitos levantamentos dos processos, croquis de leiautes, verificou-se o histórico da empresa, sua atuação no mercado e agendou-se a reunião para a execução das entrevistas.

Figura 10 - Roteiro de entrevistas

Caracterização da Empresa	Gestão de Resíduos de Madeira
<ul style="list-style-type: none"> • Processo produtivo • Produtos e serviços • Matéria-prima (espécie de madeira) • Capacidade produtiva • Origem das matérias-primas • Volume de madeira processada mensalmente • Principais produtos e consumidores 	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento médio da madeira • Tipos e quantidades de resíduos gerados • Quantidade de resíduos gerados (séries temporais) • Armazenagem dos resíduos • Parcerias existentes de gestão de resíduos • Opções disponíveis para destinação dos resíduos • Custos com a destinação de resíduos • Equipamentos utilizados para recolha, acondicionamento e disposição dos resíduos • Preço de venda • Coleta e transporte dos resíduos • Dificuldades de gestão
Briquetagem de Resíduos de Madeira	
<ul style="list-style-type: none"> • Área da empresa ocupada pelo processo de briquetagem. • Como surgiu a oportunidade de investimento em briquetes? • Qual foi o planejamento inicial? Houve visita/<i>bechmarking</i>? • Quantos funcionários estão alocados à atividade? Qual a carga horária de trabalho? • Valor de investimento inicial na operação? • Equipamento utilizado? • Já obteve retorno do investimento? Qual o tempo estimado? • Como buscou investir os riscos de investimento? • Principais clientes. Região de atendimento. • Volume comercializado mensalmente (séries temporais) • Capacidade produtiva • Preço de comercialização do produto. • Geração de refugos. • Como é a concorrência? Diferença do seu produto no mercado. • Como é a sazonalidade do negócio? • Características da matéria-prima utilizada. Há necessidade de tratamento prévio? • Utiliza somente resíduos próprios ou adquire de terceiros? • Como é a embalagem, acondicionamento e transporte dos briquetes? • Perspectivas de expansão do negócio e investimentos futuros? 	
Motivações e Barreiras para Briquetagem	
<ul style="list-style-type: none"> • Há interesse organizacional em aproveitar seus resíduos? • Você já pesquisou alternativas de destinação dos resíduos? • Quais os motivadores para você investir na briquetagem de seus resíduos (econômico, ecológico, legal, de imagem corporativa)? • O que limita você a produzir briquetes? Quais as barreiras e inibidores para investir neste segmento (econômico, ecológico, legal, de imagem corporativa)? 	

Fonte: Elaborado pela autora.

Na coleta de dados foi adotada uma abordagem de pesquisa mista, quali-quantitativa. Nomeadamente foram realizadas entrevistas abertas com o intuito de compreenderem-se os processos produtivos e os problemas enfrentados pelas empresas na gestão dos resíduos de

madeira. Na coleta de dados quantitativos desenvolveu-se a análise séries temporais visando subsidiar as explicações qualitativas.

Foram também realizadas observações que serviram de complementação às entrevistas. Foram observados os processos produtivos das organizações de produção tanto de esquadrias/móveis para elaboração de *layouts* como se observou o processo de fabricação de briquetes e suas particularidades.

Outra fonte de evidências foi a análise documental. Foram requisitados relatórios para determinação da média mensal de resíduos gerados, além de obter-se uma visão geral do volume de briquetes processados. Assim, planilhas de operações e de produção foram analisadas, notas fiscais e relatórios internos que proveram informações referentes à estrutura e processos empresariais. Após a coleta e análise dos dados procedeu-se a transcrição das entrevistas na íntegra. Os resultados dos levantamentos das entrevistas foram organizados em banco de dados pela autora, interpretados e na sequência foi feito o cruzamentos das evidências coletadas. Para o tratamento dos dados utilizou-se de síntese e descrição dos resultados. Os dados foram organizados em quadros e tabelas e classificados para que fosse possível a comparação entre os achados e a discussão dos consensos e divergências que emergirem em cada situação.

3.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Entre as limitações do estudo de caso ressalta-se a incapacidade de generalização dos resultados obtidos com esta pesquisa. Portanto, este estudo restringe a inferência ou extrapolação dos resultados e suas implicações nos estímulos e barreiras vivenciados por outras organizações. Não é possível afirmar que os resultados e achados aqui obtidos são ocorrências e constatações em outras organizações que apresentam similaridades àquelas detalhadas neste estudo devido a características inerentes a cada caso ou região geográfica, além de distintas situações econômicas, legais e sociais observadas.

Outra limitação diz respeito ao tamanho da amostra, que neste estudo de caso múltiplo foi caracterizado por quatro organizações. A amostra esteve limitada a divulgação de informações por parte das empresas, pela localização geográfica de modo a facilitar o acesso à pesquisadora e por permitir a comparação, ou seja, empresas atuantes em uma mesma região e condicionadas a fatores de venda de resíduos e de briquetes em mercados similares.

Apesar da impossibilidade de generalização dos resultados, tal fato pode ser mitigado pela seletividade de casos, ou seja, empresas representativas em seus segmentos de atuação

(madeira processada mecanicamente). Esta pesquisa concentrou-se em organizações com características semelhantes e em uma base de respondentes sólidas para fim de análise de dados. É possível a identificação de fatores estimuladores e barreiras em empresas de outras cadeias produtivas em futuros estudos.

4. RESULTADOS

Este estudo foi desenvolvido conforme metodologia definida na seção três desta dissertação, mediante a coleta de dados em quatro empresas do setor de processamento mecânico da madeira (serrarias, marcenarias, indústria de móveis e esquadrias).

A estruturação deste capítulo permite que se compreenda o contexto no qual as empresas atuam e os resíduos gerados pelas mesmas. Também são direcionados neste capítulo os relatos e as análises dos estímulos e barreiras para a confecção do produto briquete.

4.1 AS ESQUADRIAS E BENEFICIADORAS ANALISADAS

4.1.1 A Empresa M1

M1 é uma empresa de esquadrias de administração familiar, fundada em 1960 localizada no vale do Paranhana, Rio Grande do Sul. M1 possui uma área de 15.000m², sendo 4.000m² de área construída e 11.000m² de estoque de madeira em processo de secagem. A empresa conta com 90 funcionários responsáveis pela produção de esquadrias na medida exata de cada obra específica, não se prendendo somente às medidas padronizadas.

Com garantia de dois anos em seus produtos finais, a empresa comercializa portas (de abrir, pivotantes, de garagem, internas e sacadas), janelas, maxiáres e vitros, constituídos principalmente de eucalipto (60-70%), bem como madeiras de angelim, garapeira e louro freijó. M1 possui extração própria de eucalipto o que equivale a um volume médio de 80% da madeira utilizada, enquanto os outros 20% são adquiridos de empresas com localização no Estado do Rio Grande do Sul.

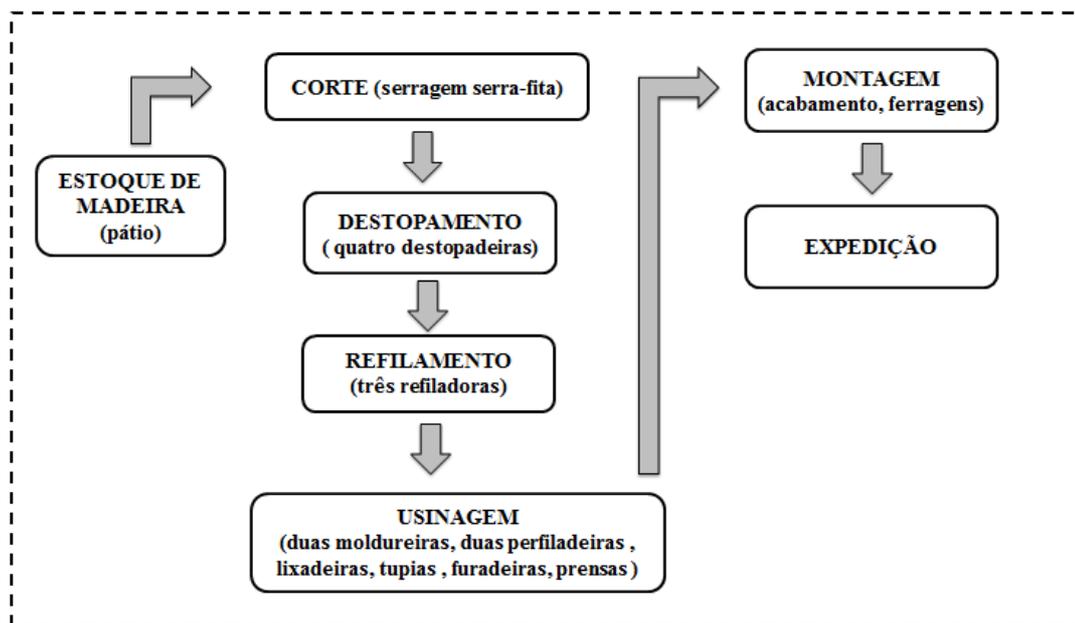
O eucalipto é a aposta como principal matéria-prima da empresa, haja vista sua extração de forma sustentável e ecologicamente correta. O eucalipto utilizado provém de plantações com contínuo reflorestamento. M1 possui capacidade produtiva de 2.200m² de esquadrias mensalmente e que são destinados às lojas e construtoras localizadas no Estado do Rio Grande do Sul.

Após a aquisição/extração da madeira, o processo produtivo de esquadrias em M1 inicia-se pela secagem da madeira, feita ao ar livre e em grandes montantes. Este fator permite à M1 flexibilidade e competitividade devido a manutenção de estoques de matéria-prima, a garantia de madeira seca e o ciclo produtivo abastecido sem interrupções.

Por não possuir estufa para secagem da madeira M1 dispõe entre seis a dez meses para a secagem no tempo. As vendas apresentam queda normalmente entre os meses de inverno, chuvosos, em decorrência de paralisações de obras da construção civil.

O processo de elaboração de esquadrias requer um período de sete a dez dias úteis. Depois de concluído, 90% dos produtos finais são entregues pela própria empresa. Apresenta-se na Figura 11 o processo produtivo de M1.

Figura 11 – Processo produtivo da empresa M1



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.1.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa M1

Os resíduos de madeira gerados em M1 decorrem de processos diversos realizados nas máquinas, entre: serras, fresas, destopadeiras, refiladoras e moldureiras. O maior montante de resíduos é o tipo de serragem, a qual corresponde a mais de 50% da geração e decorre de atividades executadas nas máquinas perfilhadoras, tupias e furadeiras.

Os resíduos em geral são armazenados pelo sistema de exaustão em três silos, dois com capacidade de 200 m³ cada para resíduos secos e outra para resíduos verdes de 50 m³, no qual são armazenados os cavacos. Estes últimos são primeiramente acondicionados em caixas de quatro metros cúbicos, para na sequência serem encaminhados ao picador e da esteira prosseguir para o silo. Neste caso a atividade é realizada por dois funcionários.

Mensalmente M1 gera em torno de 1.600 m³ de resíduos, em média 600 m³ de serragem e 800-1.000 m³ de cavaco. O aproveitamento médio da madeira é de 40% no caso de eucalipto e varia entre 65% a 90% em se tratando de madeiras do norte como angelim e garapeira.

Como dificuldades observadas na gestão de resíduos, M1 salientou a necessidade de uma parceria com outras organizações, assim como a obtenção de um consumidor/destinatário interessado na aquisição de todo montante de resíduo produzido. Ou seja, há dificuldade de parceria com um destinatário que compre as diversas espécies de madeira, serragem e o cavaco tanto seco (10-15%) com baixo índice de umidade, como verdes (alta taxa de umidade entre 20-30%).

M1 salienta não haver parceria na gestão dos resíduos com outras organizações. Todavia, o diretor da empresa M1 menciona que “Há oportunidade de um projeto de geração de energia na região. Isto se justifica pelo alto custo de obtenção de energia e a possibilidade de uma indústria instalar-se na cidade para sanar os problemas da venda e destinação dos resíduos gerados tanto por serrarias, indústria de móveis, como esquadrias”. Ainda o diretor aponta que “levamos a proposta de instalação de uma termoelétrica na região ao poder público municipal, e a possibilidade de geração de energia a partir de matéria-prima barata e abundante. Gostaríamos de estimular uma indústria consumidora de todas as sobras, para que se sanasse problemas da destinação incorreta, a dificuldade de venda dos resíduos, e ampliar o leque de opções de venda. Todavia, não houve interesse e aprofundamento de pesquisas nesta questão, infelizmente”, afirma.

Como destino aos resíduos em M1 observa-se o ramo de cerâmica para a produção de tijolos e telhas, setor no qual os resíduos são usados em fornos para secagem do produto final com destinação para o Vale do Caí. A comercialização é de R\$14/m³ (ano base 2015). Contudo M1 já revendeu o resíduo a uma média de R\$ 7-8/m³ (ano base 2010/2011). Os custos de gestão da serragem e cavacos é em média 50% do valor de venda, dispendidos em armazenagem, picagem, empilhadeira, dois funcionários, exaustor que funciona 24h com motor de 100 CV e a manutenção do mesmo.

A coleta de resíduos é feita diariamente pela empresa compradora. O controle da geração é realizado por nota fiscal, e M1 informa mensalmente, em formato de relatórios, os totais para a FEPAM e para a SEMA (Secretaria do Meio Ambiente). Como dificuldade M1 aponta o processo de venda, que se resume em grande oferta de resíduos e baixa demanda. Em M1 há interesse em destinar corretamente os resíduos e aumentar os retornos de sua comercialização. Nesse sentido, já foram investidos 300 mil reais em picadores e silos. A

Tabela 5 apresenta os volumes, em metros cúbicos, dos resíduos de madeira gerados no período do segundo trimestre de 2014 ao segundo trimestre de 2015 em M1.

Tabela 5 – Volume de geração resíduos de madeira na empresa M1, em metros cúbicos, por trimestre

Período	Geração de Resíduos
2º tri/14	1.179
3º tri/14	1.229
4º tri/14	1.033
1º tri/15	1.074
2º tri/15	1.020
Total	5.535
Média	1.107
Desvio-Padrão	92,46
R^2	0,65

Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.2 A empresa M2

No mercado desde 1994, M2 apresenta uma área de 50.000 m² de pátio, conta com 25 funcionários em sua matriz localizada no Vale do Paranhana, Rio Grande do Sul. Está engajada no beneficiamento de madeira, entre *Pinus elliottii* (90%) e Eucalipto (10%). Trabalha por pedido, atendendo à madeireiras, empresas de materiais de construção e grandes lojistas localizados no Rio Grande do Sul.

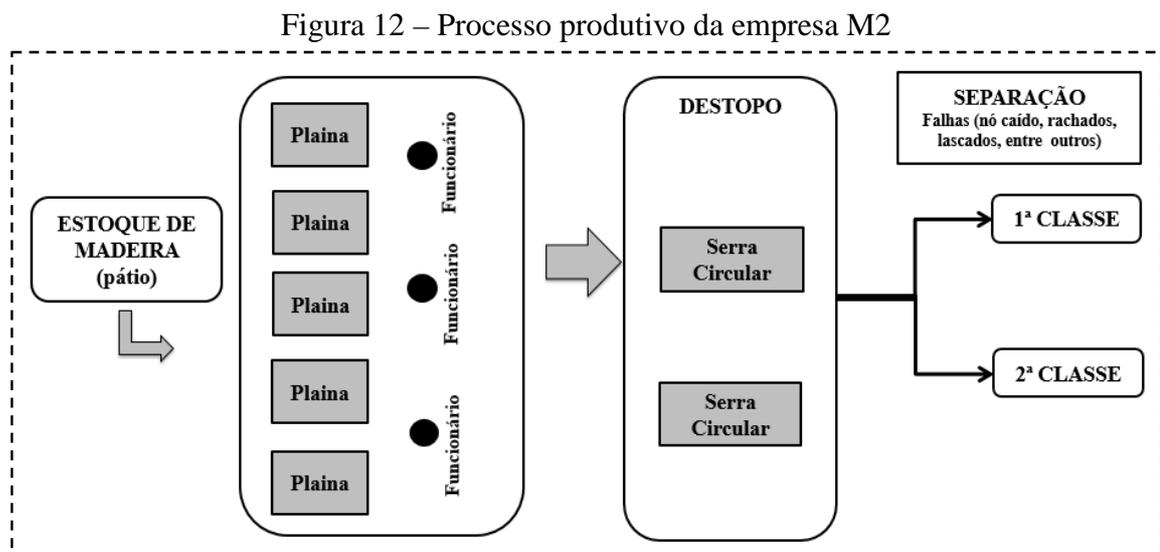
A empresa M2 apresenta entre seus principais produtos meia cana, rodapés, forros, assoalhos, paredes, caibros, ripas, tábuas, sarrafos, mata junta, jogo de marco para portas, guarnições e decks de piscinas. M2 realiza anualmente o beneficiamento de 10.800 m³ de madeira, ou seja, aproximadamente 11.298 toneladas. Possui 200 hectares próprios de área plantada da espécie de *Pinus elliotti*. Apresenta vendas mensais da ordem de 730m³ de madeira.

Os fornecedores de madeira da empresa M2 estão localizados na Serra Gaúcha, litoral sul do Estado do Rio Grande do Sul e Vale do Taquari.

Com a aquisição da matéria-prima (madeira) esta segue para preparação e blocagem. Na sequência, M2 encaminha a mesma para o processo de secagem, o qual é fundamental para variação das propriedades da madeira e determinação de sua qualidade, resistência contra fungos e eliminação de organismos prejudiciais.

No momento de realização desta pesquisa, M2 estava em implantação de uma estufa, já que em períodos com intervenção de chuvas há o retardamento do processo, de modo que parte da madeira é transladada, por meio de empilhadeiras, a área coberta da empresa.

Com tempo de secagem natural entre um a dois meses onde a madeira atingirá umidade entre 12 a 15%, prossegue-se ao processo de beneficiamento da mesma, conforme fluxograma produtivo de M2 na Figura 12.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.2.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa M2

Entre os resíduos decorrentes do processamento da madeira M2 apresenta maravalha a qual é armazenada em dois silos, com capacidade total de armazenagem de 350 m³ de resíduos, nos quais a empresa já investiu R\$ 20.000,00/cada. O resíduo é vendido para empresas duas empresas da região da Serra Gaúcha e Vale do Taquari. O valor de comercialização da maravalha é de a R\$ 50,00/tonelada para aviários.

Já o cavaco passa por picador específico para redução de tamanho da partícula. Este resíduo é comercializado a R\$ 25,00/tonelada e é destinado à olarias do Vale do Paranhana e para queima interna na empresa (estufa).

O aproveitamento médio de madeira em M2 é da ordem de 90%. Os resíduos mensais correspondem a 640 m³, ou seja, em torno de 120 a 160 toneladas. Do total de resíduos gerados 80% correspondem à serragem. As remessas são despachadas em caminhões *truck* com capacidade média de 10 a 12 toneladas por caminhão (90 m³ de maravalha). São

encaminhados por semana três cargas aos dois clientes, com os quais a empresa mantém contrato de longo prazo. A umidade média do resíduo é de 13 a 17%. A Tabela 6 apresenta os volumes, em metros cúbicos, dos resíduos de madeira gerados no período de agosto de 2013 a julho de 2015.

Tabela 6 - Volume de geração resíduos de madeira na empresa M2, em metros cúbicos, por comprador

Período	Destinação Comprador 1	Destinação Comprador 2	Total
ago/13	320	240	560
set/13	400	320	720
out/13	320	210	530
nov/13	240	160	400
dez/13	240	160	400
jan/14	320	465	785
fev/14	320	255	575
mar/14	400	220	620
abr/14	320	255	575
mai/14	320	255	575
jun/14	400	340	740
jul/14	320	255	575
ago/14	320	255	575
set/14	400	340	740
out/14	320	85	405
nov/14	325	85	410
dez/14	340	170	510
jan/15	325	317	642
fev/15	320	240	560
mar/15	400	240	640
abr/15	320	80	400
mai/15	320	240	560
jun/15	405	320	725
jul/15	320	290	610
Total	8.035	5.797	13.832
Média	334,79	241,54	576,33
Desvio-Padrão	45,31	89,82	115,89
R^2	0,05	0,01	0,0

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 AS EMPRESAS DE BRIQUETAGEM ANALISADAS

4.2.1 A empresa B1

A empresa B1 é uma empresa familiar que atua no segmento de esquadrias desde o ano de 1951 no Vale do Sinos, Rio Grande do Sul. B1 é resultado da fusão de duas organizações familiares que ocorreu no ano de 1970. Possui 83 funcionários divididos nas atividades de pré-corte (18), usinagem (44), expedição (14) e administrativo (7).

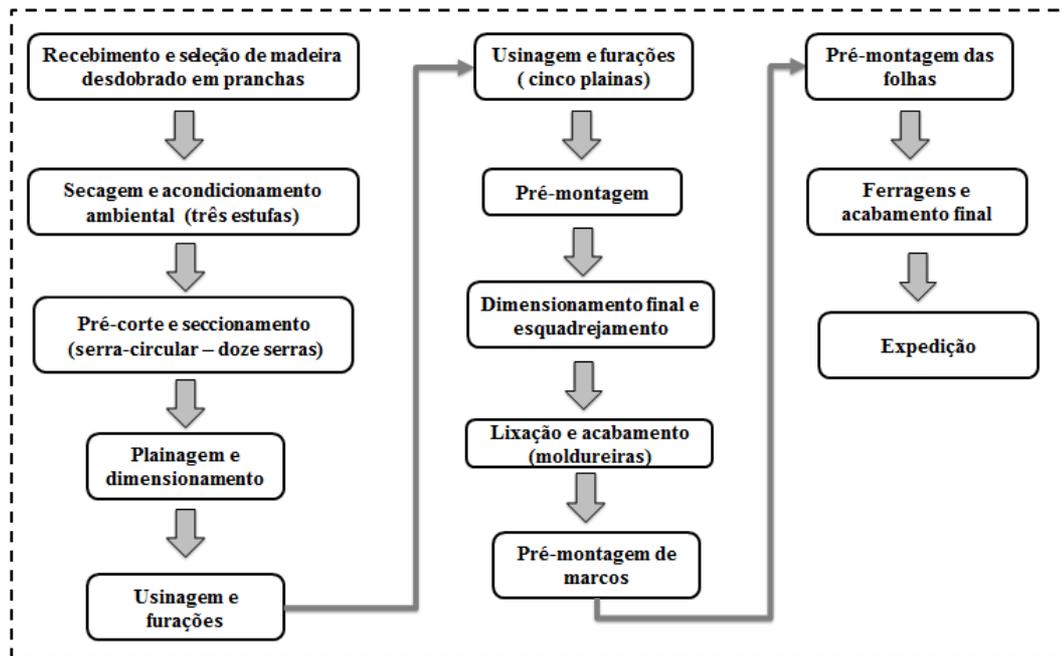
A empresa produz portas pivotantes, portas externas, portões, janelas, vitrôs, portas divisórias e internas, e briquetes de madeira. Seus produtos são comercializados a partir de madeiras como angelim (85%) e eucalipto (35%). O primeiro tem origem na região norte (amazônica) e o último do Estado do Rio Grande do Sul (regiões de Santa Cruz, Rio Pardo, Região Metropolitana, Litoral, Vale do Paranhana e Vale do Rio dos Sinos).

B1 trabalha sob pedido e conta com um parque industrial de 5.800 m² dotado de equipamentos e processos de alta tecnologia, ferramentas de qualidade como 5S, projetos CAD/CAM e máquinas CNC de alta precisão.

B1 possui capacidade de processamento mensal de 300m³ de madeira. Em 2012 iniciou relações internacionais e destina 15% de sua produção às exportações para Caribe, Oriente Médio, Canadá, Estados Unidos e Uruguai. Entre os clientes do mercado nacional estão lojas de departamento de grande porte focalizadas em consumidores da construção civil. O pico de vendas de esquadrias ocorre entre os meses de agosto e novembro.

O processo produtivo de B1 inicia-se com a secagem da madeira bruta em três estufas com capacidade de 80m³ de madeira. Na sequência a madeira segue para beneficiamento conforme a Figura 13. A matéria-prima é adquirida de outras empresas reflorestadoras.

Figura 13 - Processo produtivo da empresa B1



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.1.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa B1

O processo produtivo de B1 envolve o processamento e transformação da madeira bruta na espessura adequada. Nesta etapa geram-se em média 180 toneladas de resíduos mensais. Estes são caracterizados como lenha, cavaco, serragem e pó de madeira com índice de umidade entre 10 e 12%. Do montante total de resíduos, em média 60 toneladas mensais correspondem à lenha, a qual é moída para queima na própria caldeira da empresa. Já o restante dos resíduos e as cinzas remanescentes na caldeira são aproveitados na composição da mistura para confecção dos briquetes.

Antes da briquetagem de resíduos B1 enfrentava diversos problemas. Entre os quais a lotação de silos e paradas na produção pela demora na coleta dos resíduos. A empresa negociante com sede em cidade distante ocasionava atraso na coleta que era realizada a cada três dias. Portanto, B1 incorria em riscos de acidentes de trabalho, pela possibilidade de rompimento do silo e de despejamento do conteúdo do mesmo. Sobretudo, havia risco de incêndio do próprio resíduo por seu fator de combustibilidade.

4.2.1.2 Briquetagem de resíduos na empresa B1

A empresa B1 iniciou o processo de briquetagem no ano de 2013 quando veio a adquirir a máquina briquetadora de uma empresa para a qual destinava seus resíduos. Previamente a compra, B1 elaborou um plano de negócios e realizou *benchmarking*. Obteve treinamento com a empresa vendedora para bom uso do equipamento. Além disso, B1 adquiriu sacas, pallets, um picador e um moedor de resíduos.

Com o intuito de redução do risco de investimento, B1 contactou clientes do proprietário anterior da máquina, os quais já eram confiáveis e de relacionamento de médio prazo. A aquisição do equipamento, usado, teve custo médio de 250 mil reais e gerou retorno do investimento a empresa B1 em 18 meses.

A capacidade produtiva de briquetes em B1 é de 8.500/kg de briquetes por dia em nove horas diárias de funcionamento. São envolvidos nesta atividade três funcionários específicos. Além dos resíduos internos (140 toneladas mensais, em média), B1 também faz a briquetagem de resíduos de outras quatro empresas, as quais geram cerca de 20 a 22 toneladas mensais. A ação é feita por contrato com a antiga empresa proprietária da máquina de briquetagem. Os resíduos são transportados até B1 com os caminhões destinados a entrega de esquadrias, como frete de retorno.

O processo de briquetagem tem início com a dosagem da serragem conforme a sua compactação no martelo. Em seguida o material é densificado e cortado no tamanho adequado. As dimensões variam de 45 cm de comprimento quando destinados ao uso doméstico (comercial) e 120 cm para utilização industrial. O produto é ensacado em sacos de rafia com capacidade média de 30 kg ou em pallets industriais de 1200 kg a 1500 kg.

A empresa B1 está focada em consumidores localizados nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) em um raio de 50 km distantes da sede da empresa no caso de consumidor final como varejo, agropecuárias e restaurantes. Já as grandes indústrias do Estado do Rio Grande do Sul como do Estado de São Paulo (SP) pertencem aos setores de laticínios, frigoríficos, doces, curtumes, embutidos, rações, hospitais e fábricas têxteis. São organizações possuidoras de grandes caldeiras, e quatro distribuidores de briquetes que realizam a venda localizada nos Estados de São Paulo e Santa Catarina.

O briquete inteiro é comercializado a R\$ 300,00/tonelada e R\$15,00 o saco de rafia de 30 kg, ao passo que o briquete quebrado é comercializado a R\$ 200,00/toneladas e R\$8,00 o saco de rafia, preços estabelecidos pelo mercado consumidor. Em comparação os resíduos a

granel eram comercializados por B1 a R\$ 25,00/tonelada antes de iniciar o processo de briquetagem.

Na Tabela 7 é apresentado o volume de vendas mensais de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B1 no período de outubro de 2014 a setembro de 2015.

Tabela 7 - Volume de vendas de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B1

Período	Vendas
out/14	34,25
nov/14	28,75
dez/14	25,45
jan/15	38,95
fev/15	44,24
mar/15	48,45
abr/15	89,30
mai/15	114,20
jun/15	112,40
jul/15	98,44
ago/15	112,96
set/15	91,48
Total	838,87
Média	69,90
Desvio-Padrão	36,05
R^2	0,93

Fonte: Elaborado pela autora.

Evidencia-se na Tabela 7 a elevação de demanda entre os meses de abril a setembro. Além disso, deve-se considerar que a partir de abril de 2015 B1 passou a ofertar o produto em nível industrial, ou seja, toda sua oferta passou a ter destinação definida interrompendo-se a sazonalidade de verão. Quanto aos estoques, em períodos anteriores B1 afirmou que oscilavam entre 150 a 320 toneladas do produto. .

O mercado de briquetes apresenta peculiaridades no sentido de que o material empregado na confecção do produto influencia diretamente na qualidade e no preço de comercialização, como o caso da espécie de pinus em contraste com a de angelim. Além disso, a geração de calor é maximizada com a utilização de fornalha adequada pelos consumidores. Quando a fornalha apresenta grelhas afastadas e com altura em excesso, podem-se produzir labaredas altas e obter baixo poder calorífico do produto. Já no caso de

fornalhas com grelhas próximas, há concentração do fogo, baixas labaredas e a dispersão na distância entre o briquete e as paredes do forno/caldeira.

Em relação aos refugos gerados na máquina briquetadora, estes são destinados para a caldeira interna da empresa. A manutenção da máquina foi reduzida para ocorrer a cada três meses. Entre os fatores que contribuem para a inoperância apontam-se: serragem com alto índice de umidade e madeira das espécies de cedro e pinus. As respectivas espécies, por apresentar alta densidade formam um briquete de qualidade e resistência inferior, produto inadequado para utilização em pizzarias por gerar cheiro, contudo, aplicável à indústria produtora de ração.

Como concorrentes no segmento B1 aponta os Briquetes Tramontina de Farroupilha/RS e outra empresa da região metropolitana de Porto Alegre. Além disso, muitas pizzarias tradicionais e conservadoras optam ainda pela lenha que é seca no período de verão, mas que requer alto consumo de calor para secagem da umidade intrínseca na estação de inverno.

Como diferencial do produto no mercado B1 ressalta empregar material de boa procedência e de umidade controlada prezando pela qualidade do mesmo.

4.2.2 A empresa B2

A empresa B2 foi fundada no ano de 1990 como uma modesta fábrica de móveis localizada no Rio Grande do Sul. Atualmente B2 é referência na América Latina na produção de móveis de madeira maciça de alta qualidade e design de elevado padrão. B2 possui uma linha de alto padrão de mesas, cadeiras, camas, cabeceiras, aparadores, arcas, balcões, banquetas, bases de mesas, camas, escrivaninhas, *chaises*, cômodas, cristaleiras, estantes, espelhos, quadros, penteadeiras, racks, sofás, poltronas e *puffs*, entre outros. B2 conta com 80 lojas exclusivas no Brasil e está presente em vinte Estados brasileiros e possui mais de cinco mil peças de mobiliário e decoração, produzidas a partir de madeira 100% maciça extraída de manejo florestal, aliadas a acabamentos artesanais e manuais.

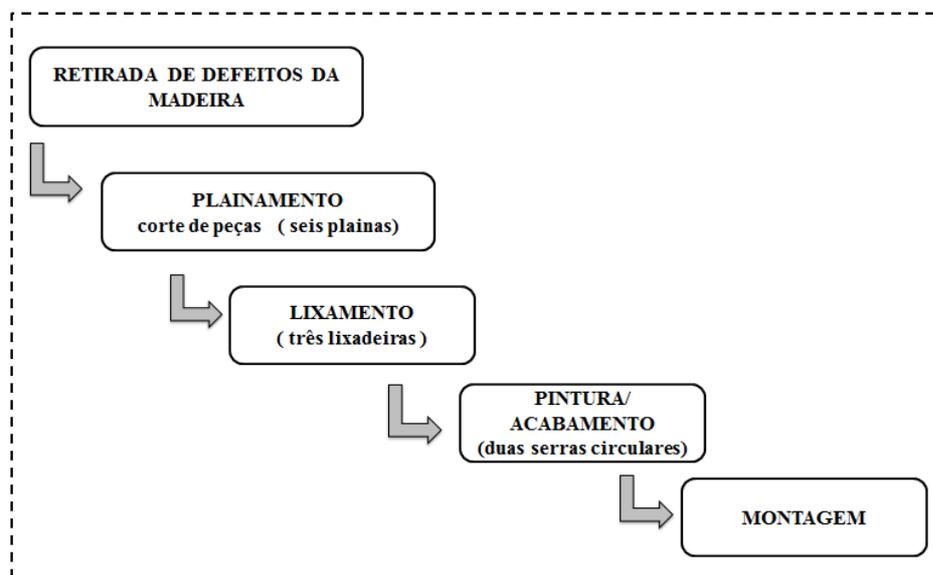
São aproximadamente 580 a 600 colaboradores engajados no desenvolvimento de suas atividades em mais 80.000m² de área construída. Com capacidade mensal de produção de até onze mil conjuntos de dormitórios, cinco mil peças de estante, 20.000 peças de madeira, sessenta mil peças entre sofás, cadeiras e mesas e duzentas toneladas de briquetes.

B2 possui como principais clientes hotéis, restaurantes e clientes corporativos internacionais com projetos especiais. A empresa está focada em consumidores finais com alto poder aquisitivo, ou seja, o mercado de elevado padrão. Portanto, o público-alvo é diferenciado.

B2 iniciou suas operações de exportação em 1999 e comercializa suas coleções para diversos países da América Latina e do Norte, além de Europa, Ásia e África, como: Estados Unidos, Canadá, México, Porto Rico, República Dominicana, Equador, Paraguai, Chile, Argentina, Portugal, Inglaterra, Escócia, Suécia, Dubai, Argélia, Nigéria, Angola, Qatar, Grécia, Austrália, Cabo Verde e Rússia. A empresa conta com 12 estabelecimentos no exterior e lojas exclusivas localizadas no Chile, Equador, Estados Unidos, Paraguai e República Dominicana.

O processo produtivo da empresa B2 inicia-se com o recebimento da madeira a qual é gradeada no pátio para secagem preliminar, com uma duração média entre seis meses a um ano. Na sequência, a madeira permanece até 30 dias nas dez estufas disponíveis, para ser então transferida para pavilhões cobertos, por mais 15 a 30 dias para ser industrializada, conforme o fluxograma apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do processo produtivo da empresa B2



Fonte: Elaborado pela autora

Toda madeira utilizada pela empresa conta com certificado de reflorestamento. As espécies utilizadas são: eucalipto, jequitibá, teca, e caixeta. As mesmas possuem proveniência dos Estados de Paraná, Mato Grosso, região Norte do país e Santa Catarina (Aracruz

Celulose). No Estado do Rio Grande do Sul o fornecimento é garantido pela empresa CMPC - Celulose Rio Grandense. B2 processa mensalmente uma média de 1000m³ de madeira bruta.

4.2.2.1 Gestão dos resíduos de madeira na empresa B2

Os resíduos gerados em B2 são divididos em: serragem, cavaco, pó de serra e pó de lixa. Estes são oriundos dos processos de lixamento e de plainamento. Nesta fase há uma perda média de 50% da madeira de origem (bruta) o que varia conforme a peça em produção, as exigências e rigorosidade do setor de qualidade (inspeção e rejeição de peças), já que o produto final não pode impactar em defeitos, pois o mercado caracteriza-se como altamente exigente.

Os resíduos são acondicionados através de um sistema de exaustão. Estes percorrem as tubulações ligadas às máquinas sendo conduzidas a um silo de armazenagem, contribuindo para a segurança dos trabalhadores e redução da poeira no interior das instalações (FARAGE, 2009; FARAGE et al., 2013).

B2 afirmou não possuir parcerias com outras organizações para gerenciamento compartilhado de resíduos. Como destinação aos mesmos, desde o ano de 2010 iniciou o processo de briquetagem. Todavia, anteriormente os resíduos de maravalha eram encaminhados para aviários e o pó de serra para queima “*in natura*” em indústrias de laticínios.

A averiguação da compra de matérias-primas, industrialização, espécies utilizadas, a quantidade de produção final de móveis, os resíduos gerados e a destinação fornecida aos mesmos são analisados através de relatórios mensais enviados pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental).

B2 busca seguir a legislação em vigor de modo a evitar uma possível interdição de suas operações até futura adequação. Possui um plano e um projeto de ação para a destinação de seus resíduos. B2 informa estar consciente da necessidade de remoção do material para área licenciada pela FEPAM em caso de disposição incorreta, bem como a necessidade de correção de solo por liberação de chumbo quando do depósito direto ao solo dos resíduos.

Entre os custos atuais para destinação de resíduos B2 aponta a energia elétrica, os funcionários (seis engajados exclusivamente na produção de briquetes), custo de aquisição da briquetadeira e de manutenção da mesma. Além disso, são utilizadas esteiras e um sistema de trituração dos resíduos de maiores dimensões, tais como a maravalha.

B2 estima já ter investido um montante de 400 mil reais para o funcionamento da usina de briquetagem. A quantidade de resíduos gerados é baseada na produção de briquetes.

4.2.2.2 Briquetagem de resíduos na empresa B2

B2 iniciou o investimento em briquetes no ano de 2010, incentivada por possuir matéria-prima abundante e obtenção de maior ganho B2 afirma como incentivo para adentrar no segmento a destinação correta dos resíduos e o retorno financeiro superior do que a venda.

A empresa buscou a oportunidade de investir em um mercado que percebeu estar migrando para alternativas mais sustentáveis, como a biomassa. Antes da instalação da briquetagem B2 realizou *benchmarking* em organizações localizadas na Europa e em São Paulo. Obteve maior conhecimento do produto em uma feira internacional realizada anualmente em Hannover na Alemanha.

B2 está licenciada para a produção de 200 toneladas mensais do produto. O briquete é obtido da serragem, do cavaco triturado e do pó de serra, originados das espécies de eucalipto (70%), teca (20%) e madeiras do norte (jequitibá e caxeta) (10%).

Os resíduos empregados para a produção de briquetes devem apresentar de 12% a 15% de umidade. Na empresa B2 especificamente, apresentam um máximo de 6% após saírem das estufas. B2 possui seus clientes principais de móveis localizados na Europa, os quais utilizam de calefação. Portanto, seus produtos finais (móveis), não podem apresentar alta umidade o que pode acarretar na elasticidade (dilatação) da madeira.

A área ocupada pelo processo de briquetagem é de 100m², quando o total operacional da empresa é de 1000m². Na briquetagem atuam um total de seis funcionários, em regime exclusivo, que são realocados em raras ocasiões de falta de material (resíduos). A armazenagem do produto final ocorre em sacos *big bag's* de uma tonelada. O equipamento utilizado é uma briquetadeira Biomax com capacidade de até 15/T dia e foi adquirido a vista, apesar de possíveis financiamentos existentes no mercado.

Entre os principais clientes de B2 no ramo de briquetes destacam-se organizações de grande porte que utilizem caldeiras, distribuídas em: alimentícias, frigoríficos, laticínios, indústria de balas e doces, curtumes, entre outras indústrias que gerem vapor ou que apresentem consumo superior a 25 metros de lenha mensal.

Na Tabela 8 apresenta-se o volume de vendas mensais de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B2 no período de janeiro a dezembro de 2014.

Tabela 8 - Volume de vendas de briquetes de madeira, em toneladas, na empresa B2

Período	Vendas
jan/14	7,20
fev/14	7,30
mar/14	7,80
abr/14	46,80
mai/14	93,70
jun/14	81
jul/14	83
ago/14	78
set/14	109
out/14	102
nov/14	15,6
dez/14	14
Total	645,50
Média	41,21
Desvio-Padrão	53,78
R^2	0,79

Fonte: Elaborado pela autora.

Como peculiaridade do mercado B2 destacou a facilidade de relacionamento com os consumidores B2B (*Business to Business*), que são pessoas jurídicas, e pelo fato de o produto não depender de situações climáticas para disponibilidade no mercado.

Os clientes atendidos estão localizados em todo o Estado de Santa Catarina, e em sua maioria no Estado do Rio Grande do Sul localizados na Serra Gaúcha, Vale do Lajeado, Taquari, Estrela e Santa Cruz do Sul, os quais são atendidos em veículos do tipo carreta (33T).

Organizações que consomem em média 100 metros de lenha diariamente passam a consumidor 33 toneladas de briquetes. A grande maioria dos consumidores de B2 queima a lenha conjuntamente ao briquete. Na atualidade, a demanda supera a oferta de produto final em B2. Contudo, não tem objetivos de investir em novo equipamento para aumentar a oferta do produto no mercado.

O preço estabelecido pela empresa B2, no produto, foi baseado na disposição do mercado, no preço da concorrência (briquetes), e no preço de comercialização da lenha. Portanto, B2 afirma haver analisado o valor que o cliente estaria disposto a pagar por um produto que reduz a sujeira e o risco de paralização da caldeira em período chuvoso.

Os resíduos de madeira são usados em sua integralidade, não sendo gerados refugos ou sobras no processo de briquetagem. O briquete da empresa B2 diferencia-se pela umidade que apresenta. É confeccionado a partir de eucalipto em sua maioria (70%). O entrevistado ressaltou que “briquetes da espécie pinus podem corroer a caldeira, pelo fato de este tipo de madeira possuir uma resina interna danosa ao equipamento”. Os principais concorrentes do briquete de acordo com a empresa B2 são a lenha e o cavaco *in natura*.

4.3 ESTÍMULOS E BARREIRAS PARA A CONFECÇÃO DE BRIQUETES

4.3.1 Estímulos para a confecção de briquetes

A empresa M1 buscou alternativas em feiras (Curitiba/PR) e também conhecer picadores e empresas de peletização e briquetagem como formas de aumentar o valor de venda do resíduo. Com a oferta elevada, é difícil a venda e a mesma ocorre a valores irrisórios. Entre os anos de 2003 e 2005 M1 iniciou estudos de alternativas, todavia percebeu em visita a feira de Hannover (Alemanha), o maior engajamento na produção de pellets.

Como motivação para possibilidade do investimento em briquetes, a empresa M1 aponta ter estudado a possibilidade visando vender por maior valor os resíduos, obter menos transtorno na gestão destes, e reduzir o risco de o ciclo de produção de esquadrias paralisarem e faltarem veículos para transporte dos resíduos por parte dos compradores. Indicou-se também o incentivo por parte dos consumidores, incentivados a reduzir a demanda por lenha e utilizar produtos ecologicamente corretos.

Contudo, após as análises, M1 percebe maiores vantagens no caso dos pellets de madeira, em que há automação do processo produtivo, onde o poder calorífico é de 10-11 vezes superior à da serragem “*in natura*”. No caso dos pellets, o mercado é a exportação (Europa), que já possui caldeiras específicas para queima do produto. Mas até o momento, M1 optou por não investir no produto.

Em relação à empresa M2, esta iniciou estudos de fontes extras de destinação de resíduos entre os anos de 2011 e 2012, devido à estagnação da demanda da maravalha no mercado e por receio de paralização de sua atividade principal, devido a: dificuldades no

escoamento de resíduos; falta de opções de venda; necessidade de destinação adequada às regulamentações; preço de venda considerável; averiguação de outro cliente comprador da maravalha em específico; consumo em padarias, pizzarias e demandantes de biomassa; e interesse em ganho econômico sobre os resíduos. Portanto, M2 pesquisou alternativas como a densificação de seus resíduos, no formato de pellets e briquetes, mas, optou por buscar parcerias no ano de 2013 e desenvolveu contratos de longo prazo com duas empresas as quais destinam seus resíduos a granel à aviários e olarias.

Já em se tratando da empresa B1, a oportunidade de investimento em briquetes originou-se como uma necessidade de repasse de resíduos. Ocorreu no momento em que se esgotaram as fontes consumidoras do mesmo, por exemplo, cerâmicas da região, e uma empresa produtora de briquetes de comprava os mesmos.

Para B1, o mercado se tornou atrativo, também devido a estabelecimentos do Estado de São Paulo estarem reduzindo a queima de lenha, e deste modo, destacando-se como mercado promissor, pela proliferação de roedores e insetos que atacam a madeira e a maior rigorosidade no controle fitossanitário.

Entre os estímulos, B1 ressalta, além do exposto, a adequação à PNRS (Política Nacional dos Resíduos Sólidos) com descarte adequado de resíduos. Evitar a necessidade de depender de terceiros para a retirada do material, fornecer destinação sustentável e não gerar pó de serragem e contaminar o ar por descarga em caminhões da serragem.

B1 informou também, que obteve benefícios de melhoria de imagem no mercado, e participou de campanhas de destinação de resíduos e eventos municipais, como a Semana do Meio Ambiente. No Quadro 7 elenca-se uma síntese das vantagens na perspectiva de B1 e na Tabela 9 as características do produto ofertado por ela.

Quadro 7 - Vantagens do produto briquete para B1

Vantagens	Descrição
Primeira	Produto requer pouco espaço de armazenagem. Fácil manuseio, armazenamento e estocagem.
Segunda	Ecologicamente correto. Produção sem aditivos químicos. Menor poluição em comparação aos outros combustíveis (carvão vegetal ou mineral, óleo diesel, lenha comum). Produção de pouca cinza, fumaça e fuligem.
Terceira	Apresenta alto poder calorífico. 252% mais energia que a lenha. 224% mais energia que o carvão. É 25% mais calorífico que a lenha e 43% mais calorífico que o carvão.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9 – Resultados de ensaio comparativo do briquete da empresa B1 com outras fontes energéticas

Produto	Densidade	Umidade Residual	Poder Calorífico	Concentração Energética
Briquete – Empresa B1	1.226 t/m ³	8,69%	4.515,04 kcal/kg	5.419 a 6.322 kcal/dm ³
Lenha Comum	0,50 t/m ³	25%	3.600 kcal/kg	1.800 kcal/dm ³
Carvão	0,30 t/m ³	10%	6.500 kcal/kg	1.950 kcal/dm ³

Fonte: Teste realizado pelo laboratório da Central de Análises da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina)

Quanto à B2, esta empresa passou a investir no segmento de briquetes por perceber no mercado a busca de utilização de alternativas da biomassa e a PNRS (Política Nacional dos Resíduos Sólidos) implantada em 2010.

Ademais, aos usuários de lenha é exigida licença ambiental pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) o que vem por elevar nos últimos anos o preço final de comercialização do produto.

Os avanços do produto briquete na visão de B2 ocorrem em termos do destino adequado de resíduos e prevenção à contaminação ambiental. Além disso, B2 aponta vantagem no sentido de ganho financeiro para o consumidor que adquire o produto, e o emprega como substituto da lenha.

B2 afirma que é um produto com maior poder calorífico, que permite o ganho de créditos de carbono. O briquete torna desnecessário um sistema braçal de armazenagem como no caso da lenha, ou a manutenção de um grande espaço de pátio destinado exclusivamente para armazenagem. Reduz-se a sujeira no pátio por perda e desprendimento de material, já que o briquete é armazenado em *big bag's*, facilita-se o recolhimento e traslado do pátio-caldeira para queima.

Portanto, o produto exige menor demanda de mão-de-obra para transporte interno. No caso da lenha, dispense-se tempo entre carregamento e descarregamento de caminhões e entre o pátio e a caldeira. Enquanto com os briquetes, pode-se utilizar de paleteiras e empilhadeiras. Ademais, o produto é entregue *Just-in-Time (JIT)* conforme as necessidades do cliente em sua fornalha, o que permite a redução dos volumes mantidos em estoque e ocupação de pátio.

Por fim, B2 confirma ter obtido ganhos de imagem no mercado, adequação com a legislação e responsabilidade ambiental.

No Quadro 8 são apontadas as vantagens do briquete.

Quadro 8 - Vantagens da utilização de briquetes de madeira por B2

Vantagens	Descrição
Primeira	Não se depende de condições climáticas para extração da lenha ecológica, pois, sua produção, parte da reciclagem interna de madeira e serragem, as quais, depois de prensadas, originam o briquete.
Segunda	Não há necessidade de licenças ambientais.
Terceira	O material é entregue acondicionado em <i>big bag's</i> , o que facilita o armazenamento e também o manuseio, bem como, a limpeza do local.
Quarta	B2 trabalha com a programação de necessidade do cliente, portanto não há necessidade grandes quantidades de armazenamento do produto nos pátios.
Quinta	Relacionamento direto entre as duas empresas. Nota fiscal emitida por empresa de grande porte, o que resulta em crédito de impostos de 26,5% (ICMS + PIS+ COFINS), com faturamento de 30 DD.
Sexta	Cada tonelada de briquetes corresponde ao que produz 3,7 metros de lenha (teste realizado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com emissão de laudos relativos a este desempenho).
Sétima	B2 possui produção diária, ou seja, contínua. A matéria-prima é seca em estufas e possui um percentual de umidade de 6%.
Oitava	O briquete apresenta resposta rápida, uma vez que, não precisa queimar primeiro a umidade como no caso da lenha, e sim, entra em combustão imediata.

Fonte: Empresa B2

Na Tabela 10 são apresentadas as características do produto de B2.

Tabela 10 - Ensaio realizado nos briquetes da empresa B2

Parâmetros avaliados	Unidade	Média	Desvio Padrão	Repetições
Umidade base úmida	%	7,85	0,42	3
Umidade base seca	%	8,52	0,36	3
Materiais Voláteis	%	80,86	0,85	3
Carbono fixo	%	18,63	0,81	3
Teor de Cinzas	%	0,69	0,04	3
Poder calorífico superior (seco)	Kcal/kg	4.734	9,12	3
Poder calorífico inferior (seco)	Kcal/kg	4.411	9,07	3
Poder calorífico útil (úmido)	Kcal/kg	4.016	17,13	3
Densidade Aparente	Kg/m ³	674,80	43,09	4

Fonte: Ensaio realizado pelo departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (2010).

4.3.2 Barreiras para investimentos em briquetes de madeira

Na perspectiva de M1, os briquetes, após análise interna, não se tornaram atraentes devido a fatores como as vendas no período do verão; a necessidade de contratação de mais funcionários específicos para a operação da máquina de briquetagem; o elevado consumo de energia (que aumentou consideravelmente) de 2014 a 2015; e a demanda de um novo prédio ou nova ala separada das operações de esquadrias para armazenagem do produto briquete.

Ademais, M1 afirmou a alta carga tributária e necessidade de abrir nova empresa, com vistas à redução da tributação e aspectos burocráticos. M1 enquadra-se na modalidade de lucro presumido, o que resultaria em um montante de 40% de tributação sobre o produto final. Portanto, a respectiva empresa verificou que não compensaria o custo de investir em briquetes, somente no caso de não haver alternativa para a venda da serragem. M1 aponta como barreiras ao investimento em briquetes: falta de informação do produto pelo consumidor, e a redução do preço de venda pela direta concorrência com a lenha bruta.

Além disso, M1 ressalta obstáculos quanto a grande investimento para processamento somente dos próprios resíduos. Há demanda por contratação de dois a três colaboradores como foco específico nesta atividade; elevados custos com energia elétrica para o funcionamento do equipamento; e a manutenção dos caminhões próprios da empresa. Com a alocação dos veículos e seu envolvimento no transporte de baixo valor em briquetes, em torno de três mil reais a lotação de um caminhão do tipo *truck*, com capacidade entre 13-14 toneladas, quando se poderiam transportar cargas de até 20 mil reais quando da lotação por esquadrias.

Com a análise desenvolvida por M1 no período 2003-2005, o briquete era comercializado a R\$ 200-240/tonelada, empregando-se entre quatro e cinco m³ de resíduos para cada tonelada de briquetes. Contudo, a matéria-prima (serragem/cavacos) era revendida entre R\$60-120/m³. M1 concluiu que os ganhos financeiros apresentaram elevação de R\$80 a R\$100 a mais que a venda do resíduo “*in natura*”. Nesse sentido, não compensaria os custos e burocracias relacionadas, quando da possibilidade de venda dos resíduos sem agregação de valor aos mesmos.

Já na visão da empresa M2, como limitação para produção de briquetes argumentou-se a matéria-prima de baixa qualidade (pinus), em que a resina do mesmo pode danificar as fornalhas que fazem sua queima. M2 apontou inclusive, a necessidade de abrir outra empresa, investir em estrutura, contratar funcionários específicos, pesquisar colocação de mercado para o novo produto, investir em prédios e em um depósito específico.

M2 através de pesquisas, concluiu que a matéria-prima disponível (maravalha) não é adequada aos briquetes quando da sua utilização sem misturas, devido ao tamanho da

partícula do resíduo e da densidade da madeira de eucalipto. Com o estudo desenvolvido, a empresa conclui que o resíduo seria aplicável na produção de pellets, destinados primordialmente à exportação.

Com a crise vigente no Brasil, M2 afirma incorrer em riscos de adentrar em um novo negócio, incerto, onde não há clientes fixos, com elevados impostos e alto custo de energia elétrica para funcionamento do maquinário. Portanto, por possuir um resíduo de umidade alta (M2 está em processo de instalação de uma estufa), pelo alto custo de aquisição de maquinário e incerteza da destinação completa de seus resíduos. A empresa informa ter pesquisado sobre o produto, e observou que o retorno do investimento seria moroso. Portanto, M2 optou por centralizar melhorias na atividade fim da empresa, como estufa, renovação de equipamentos e uma serraria própria.

Quanto às considerações da empresa B1, as barreiras existem na concorrência entre briquetes desenvolvidos com materiais inferiores em qualidade e que ganham mercado pelo preço reduzido. Nesta questão o consumidor compara o produto diretamente com a lenha em questões de preço e não releva o rendimento e poder calorífico entre as diversas fontes de energia.

Para B1, o custo de fabricação de briquetes é elevado pela energia elétrica dispendida com a máquina. Ressalta o alto preço do frete que requer embutir o preço do frete no pacote, e, portanto, a exigência de redução do preço de venda do produto final. Igualmente, na questão logística, há barreiras já que se trata de um produto pesado, o qual apresenta riscos no transporte. Deve ser bem acondicionado e amarrado e não pode molhar.

A matéria-prima deve passar por estufa para permitir sua compactação. A alta umidade ou a madeira seca no tempo externo sujeita a variação climática requer a aquisição de um secador específico onde 30% de custos da produção seriam dispendidos com energia conforme B1. De 8.500 kg de briquetes produzidos diariamente, B1 adverte que só é possível adicionar à mistura duas toneladas de resíduos coletados nas empresas terceirizados, devido à umidade dos mesmos estarem entre 18 e 19%.

Quanto à aquisição de matéria-prima (serragem/maravalha), o processo logístico torna-se inviável quando da dependência de material de terceiros. Para B1 a realização de várias coletas acondicionando-se baixo peso e elevado volume não compensa o processo e eleva custos. B1 salienta que “não é viável a agregação de valores aos resíduos por empresas que conseguem introduzir no mercado os mesmos com valores entre R\$20,00 a R\$25,00 a tonelada, comercializando estes com granjas”.

De acordo com B1, deve-se observar também, que a espécie de pinus deve ser fragmentada em pequenas partículas através de um martelo fragmentador para atingir o tamanho ideal da serragem/maravalha entre 1 a 3,5cm. Já o angelim e o eucalipto possuem granulometria ideal de até um centímetro. A espécie de cedro também é peculiar, pois possui baixa densidade e sofre efeito esponja quando empregado na produção de briquetes. Quando o produto passa pelo extrusora acaba por inflar na sequência. Quanto ao pinus, este deve ter seu tamanho de partícula reduzido a um milímetro, com umidade controlada, para ser ideal para a pelletização.

B1 aponta que não há vantagens como a obtenção de créditos de carbono. Apesar da possibilidade de certificação pela redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE), onde uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) corresponde a um crédito de carbono, o custo e a mão-de-obra, o fator burocrático, inviabiliza a operação. Neste tema, B1 conclui que somente grandes organizações que gerem altos montantes de resíduos podem cogitar a obtenção de créditos de carbono.

Quanto à perspectiva de barreiras no investimento em briquetes por parte da empresa B2, salienta-se como entraves do segmento os impostos, o ICMS (17%), PIS e COFINS (9,25%) para a empresa que realiza a comercialização do produto. Além disto, o custo de produção é elevado assim como o investimento em maquinário o que acarreta em longo prazo para retorno do investimento.

B2 assinala o baixo custo da lenha, associado a um cliente descrente nas vantagens apontadas para o produto. B2 informou ser difícil a entrada em um novo mercado, principalmente vender a ideia de um produto novo (briquete) o qual é muitas vezes desconhecido pelas empresas consumidoras. Portanto, observa-se a necessidade de convencer o consumidor que apesar de o produto ser mais caro que a lenha, ele é superior a esta. É imprescindível neste ponto, apresentar detalhes e características do produto e ensaios que comprovem o prometido.

Antes o exposto, B2 confirma que houve a necessidade de mudar a mentalidade de organizações sistematizadas no consumo de lenha, e de provar através de análises laboratoriais, as vantagens do produto. Inclusive a oferta é estável integralmente no ano independente de mudanças climáticas. Há confiabilidade de fornecimento e o produto apresenta poder calorífico superior à lenha.

Para a entrada neste novo segmento, estratégias de divulgação foram essenciais para que fosse repassada a informação correta sobre as características do produto ao cliente. A empresa B2 juntamente com a UFPR realizaram estudos do rendimento do briquete perante a

madeira com o intuito de passar informação verídica aos consumidores. Foi realizado um teste em uma produtora de sucos com uma caldeira Bremer com capacidade de 25.000 kg de vapor/hora. Utilizou-se no teste 23, 880 T de briquetes e 140 m³ de água. A base de cálculo do rendimento foi: quantidade de água consumida / quantidade de lenha gasta para a produção de vapor. O fator divisor foi 1,6 metros de lenha por hora para cada tonelada de vapor. Portanto, 87,5 m³ de lenha divididos por 23 toneladas de briquetes resultaram em 3,66 metros de lenha, assim conclui-se que uma tonelada de briquete de B2 corresponde a 3,66 metros de lenha.

B2 alegou não haver no mercado informações precisas próximas da realidade empresarial. É essencial a divulgação de dados concretos acerca do rendimento do produto briquete, o que poderia tornar sua imagem mais rentável ao mercado. B2 aponta ainda, que é preciso conscientizar os consumidores (empresas e pessoas físicas) sobre o baixo rendimento do produto quando da sua utilização em caldeiras com grelhas. Nesses casos o briquete degrada-se durante a queima, pelo desprendimento de camadas de serragem em formato de bolachas. Portanto, obtém menor poder calorífico. Já em um segundo momento, trabalhando-se com caldeiras de grelhas próximas demais, gera-se mais cinzas, o que pode abafar a geração de calor.

Com operação desde o ano de 2010, B2 ainda não obteve retorno de seu investimento e acredita que o mesmo seja atingido em 2017, totalizando-se cinco anos, em que o investimento foi de 400 mil reais em equipamentos. O tempo delongado de retorno de investimentos pode ser justificado pela necessidade de um valor de venda significativo do produto final (briquete) no mercado. O valor de venda do produto em 2010 era de R\$ 200/T e passou a R\$ 300-330/T em 2015.

Ademais, conforme a empresa B2, **não há incentivos governamentais para investimento no negócio. Partiu da empresa o interesse de destinar seus resíduos. Não foram apontados benefícios logísticos para a produção do briquete. Não há benefícios fiscais na atividade. Não há incentivos legais para que os consumidores passem a demandar com maior expressividade o produto.**

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

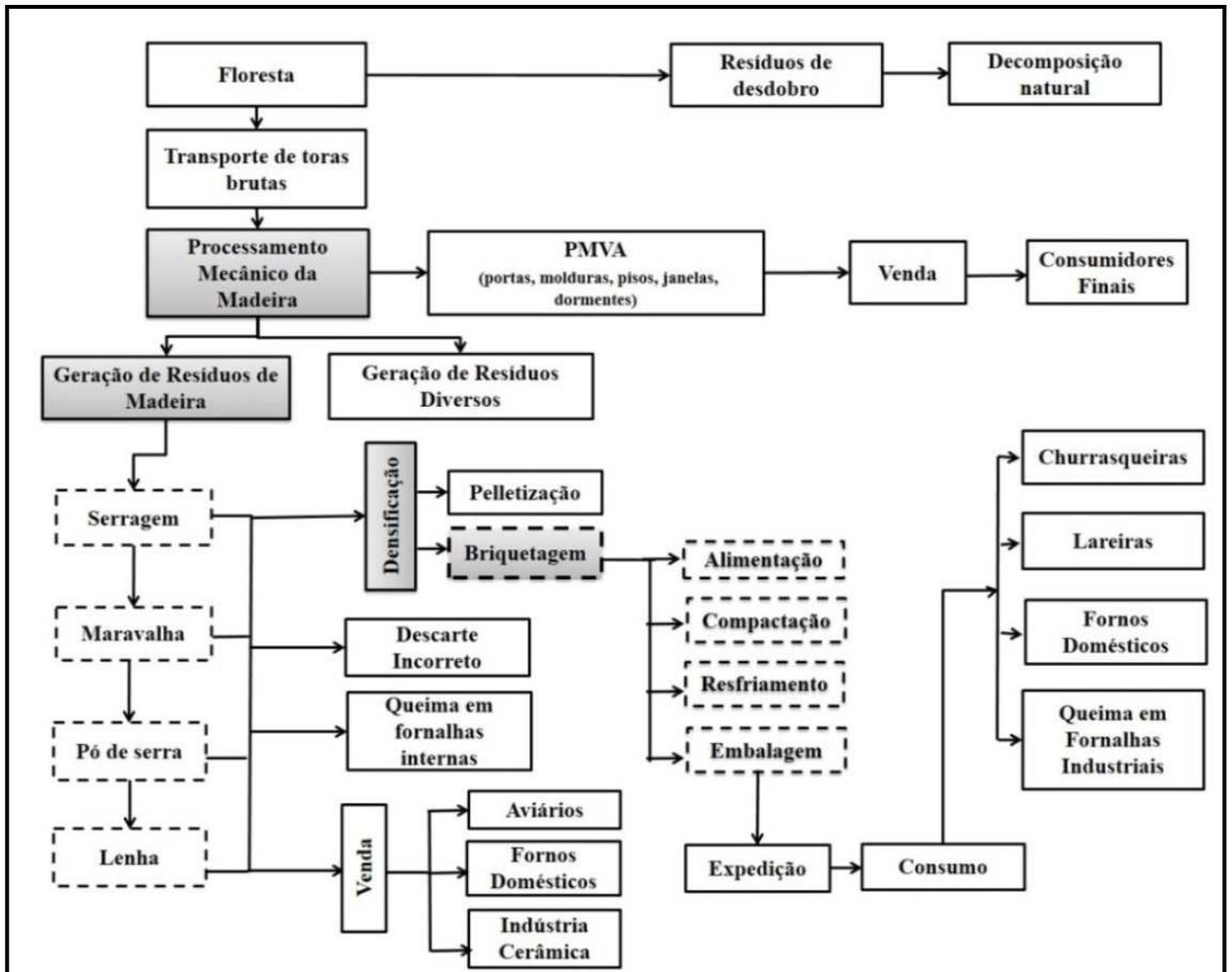
Os casos apresentados neste estudo envolveram quatro organizações, duas do ramo de esquadrias (M1 e B1), uma empresa beneficiadora de madeira (M2) e uma empresa moveleira (B2). Duas das quais produzem briquetes (B1 e B2).

As espécies de resíduos predominantes gerados pelas empresas analisadas foram: eucalipto, angelim, garapeira, jequitibá, teca e caixeta (B1, B2 e M1), enquanto M2 trabalha com a madeira de eucalipto e pinus. Os resíduos gerados observados foram principalmente de cavacos, maravalha, serragem e pó de madeira. O acondicionamento destes é feito diretamente em silos por meio de sistema interno de exaustão, com exceção de M2 que acondiciona cavacos verdes (umidade de 20 a 30%) em caixas de quatro metros cúbicos, que primeiramente passam por picador para redução de granulometria, e em seguida seguem para o silo da empresa.

Os resíduos são vendidos em M1 e M2 para empresas do Vale do Caí, Serra Gaúcha e Vale do Taquari, as quais revendem os mesmos para cerâmicas e olarias (M1 e M2), e para aviários (M2), destinação também verificada por autores como Lima e Silva (2005) e Yuba (2001).

Na Figura 15 apresenta-se a cadeia percorrida pelos resíduos de madeira e as destinações possíveis observadas neste estudo.

Figura 15 - Fluxograma dos resíduos de madeira

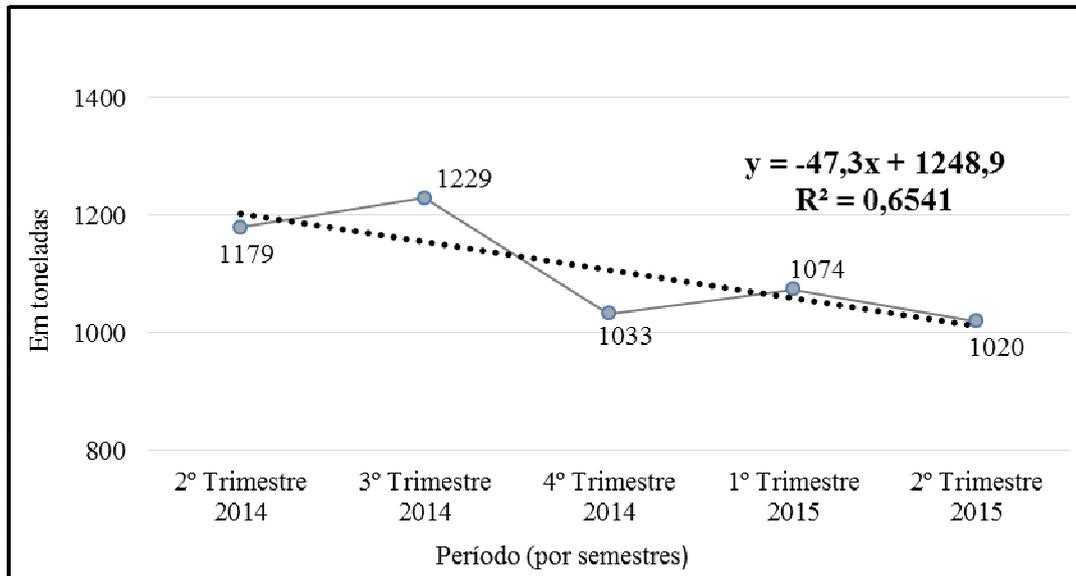


Fonte: Elaborado pela autora.

A empresa M1 gera resíduos úmidos e secos. O montante gerado é enviado através de relatórios trimestrais para a FEPAM.

Na Figura 16 apresenta-se a série temporal de resíduos gerados em M1, em toneladas.

Figura 16 - Série temporal da geração de resíduos de madeira em M1



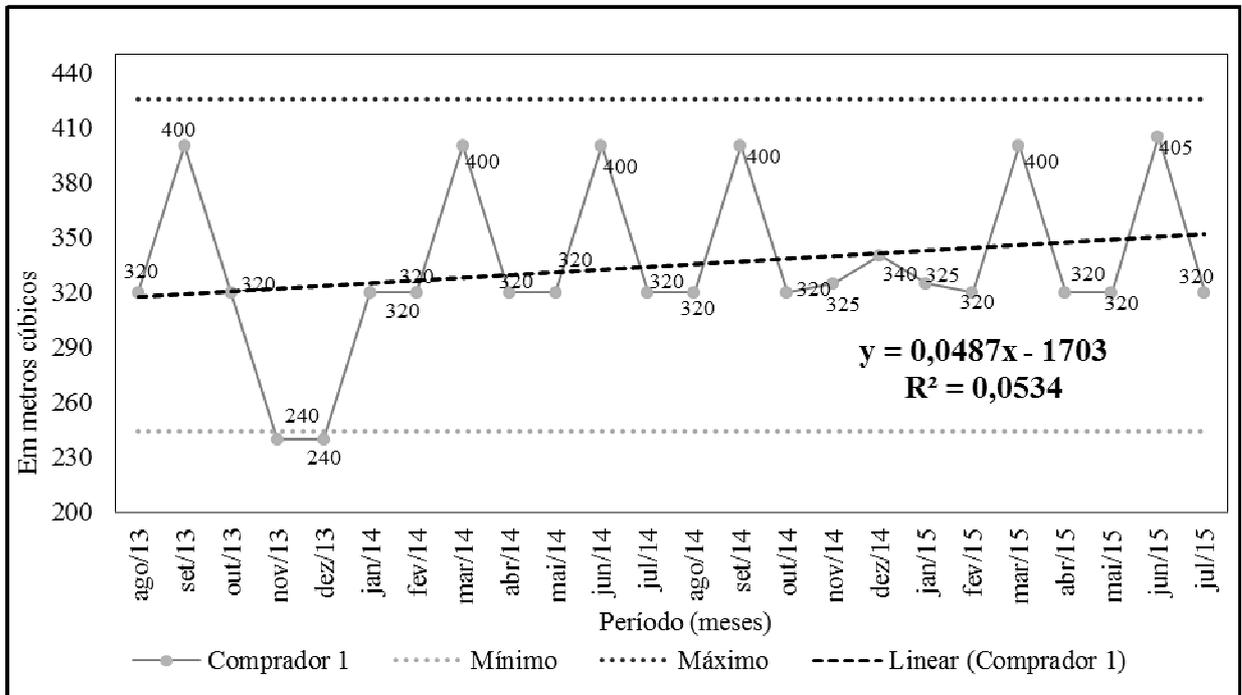
Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na Figura 16, que M1 apresenta uma tendência linear de queda na geração de resíduos. O coeficiente de determinação é de 65%, elevado, o que aponta para tendência negativa, com decréscimo médio de 47,3 toneladas por trimestre. O pico de geração de resíduos do 2º trimestre de 2014 ao 2º trimestre de 2015 ocorreu no 3º trimestre de 2014 com 1.229 toneladas de resíduos no período.

Quanto à empresa M2 esta realiza a venda de seus resíduos para duas empresas, denominadas de Comprador 1 (venda para aviários) e Comprador 2 (venda para aviários e cerâmicas).

Na Figura 17 apresentam-se as séries temporais de venda de resíduos a granel em M2, entre os meses de agosto de 2013 a julho de 2015 para o Comprador 1.

Figura 17 - Série temporal da venda de resíduos de M2 para o Comprador 1

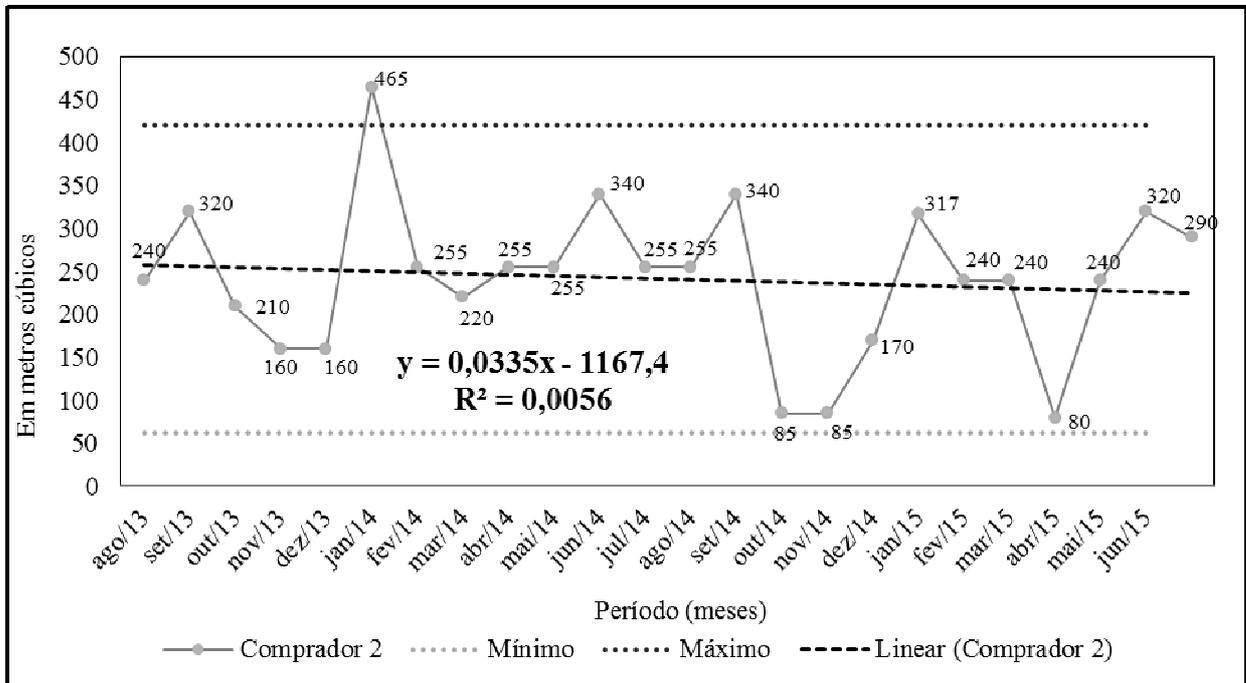


Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na Figura 17 o resíduo vendido ao Comprador 1, pela empresa M2. O coeficiente de determinação é de 0,05, baixo. A série é estacionária e oscila ao redor de uma média constante de 334,79 m³ mensais. O comportamento é aleatório e o desvio-padrão é de 45,31 m³ mensais. Com 95% de confiança pode-se estabelecer que a previsão de geração futura de resíduos estará em um intervalo mínimo de 244 e um máximo de 425 metros cúbicos mensais, ressaltando-se que nos meses novembro e dezembro a geração foi de 240 m³ o que se enquadra fora do intervalo. Tal fato pode ter sido ocasionado por algum fator externo como a queda de vendas ou período de férias.

Na Figura 18 apresentam-se as séries temporais de venda de resíduos a granel em M2 dos meses de agosto de 2013 a julho de 2015 para o Comprador 2.

Figura 18 - Série temporal da venda de resíduos de M2 para o Comprador 2

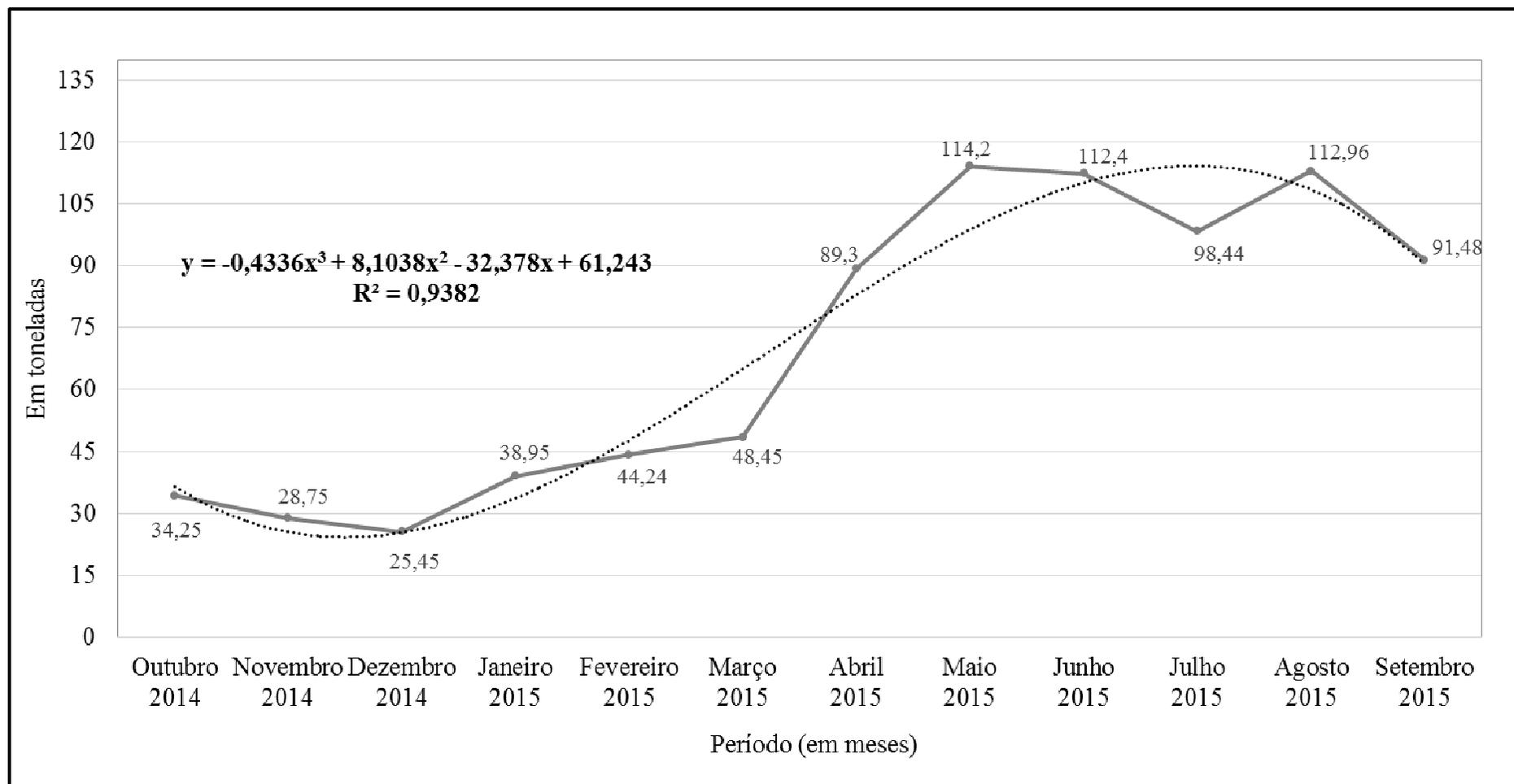


Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na Figura 18 o resíduo vendido ao Comprador 2, pela empresa M2. Na Figura 18 o coeficiente de determinação (R^2) é de 0,05, baixo. A série é estacionária e oscila ao redor de uma média constante de 241,54 m³ mensais. O comportamento da série temporal é aleatório e o desvio padrão é de 89,82 m³ mensais. Com 95% de confiança pode-se estabelecer que a geração futura de resíduos esteja entre um mínimo de 61,9 e um máximo de 421 metros cúbicos mensais. Ressalta-se que no mês de janeiro de 2014 foram destinados ao comprador 465 metros cúbicos, valor fora do intervalo de confiança. Tal valor pode ser explicado por fator externo como aumento de vendas ou estocagem do resíduo por parte de M2 devido à recessão por férias da empresa compradora.

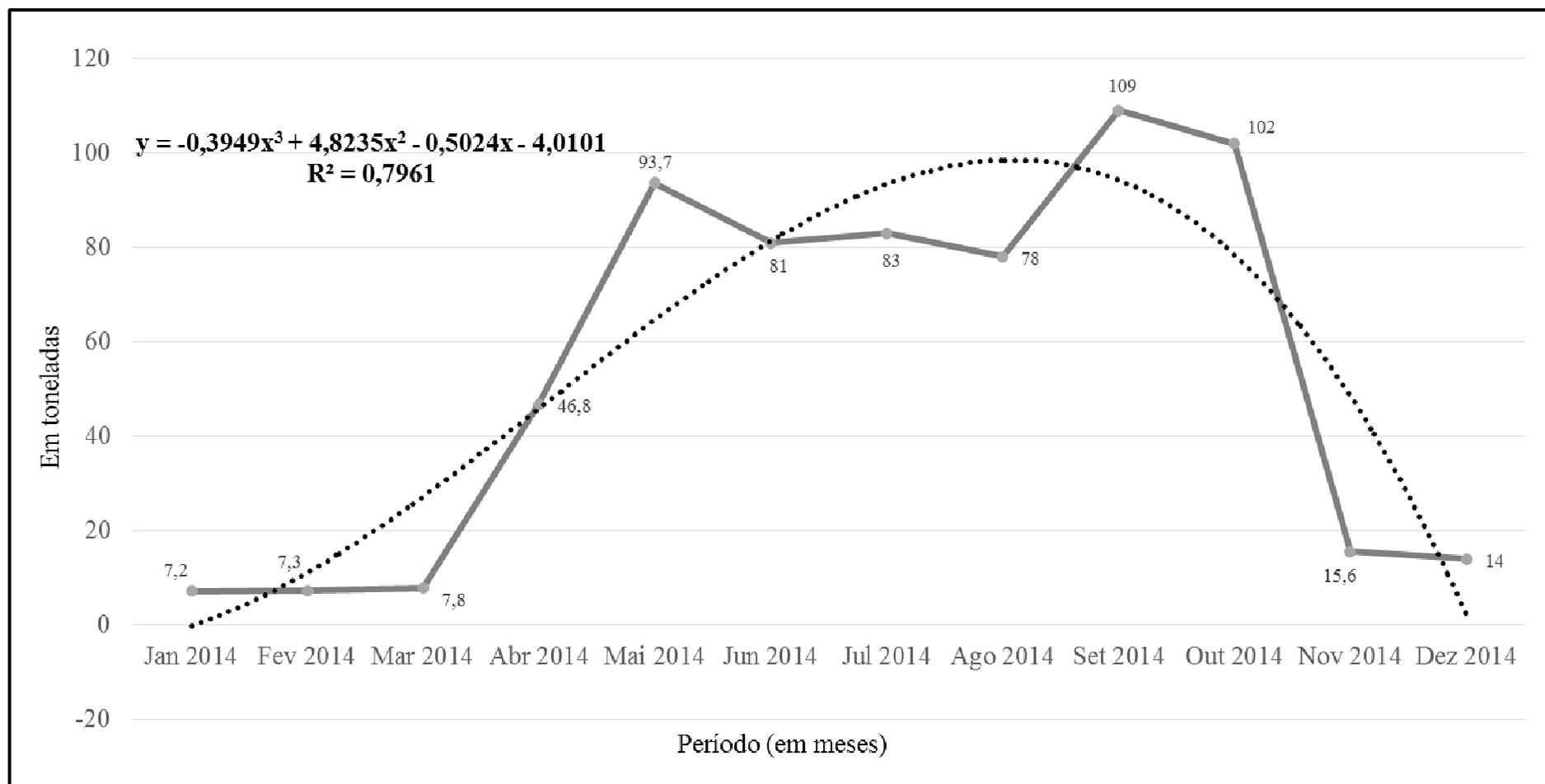
Na Figura 19 é apresentada a venda média de briquetes em B1, e na Figura 20 é apresentada a série temporal da venda de briquetes em B2.

Figura 19 - Série temporal de comercialização de briquetes de madeira em B1



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20 - Série temporal de comercialização de briquetes em B2



Fonte: Elaborado pela autora.

Nas Figuras 19 e 20 é evidenciada a elevação de demanda entre os meses de abril a setembro em ambas as empresas, B1 e B2. Nos períodos de inverno aumenta-se o consumo de briquetes, enquanto no verão (dependendo do público alvo) as vendas tendem a reduzir, e a manutenção de estoques torna-se fundamental. Ambos os coeficientes de determinação (R^2) são elevados, portanto, fica caracterizada a sazonalidade.

As características de sazonalidade observadas nas Figuras 19 e 20 podem ser explicadas pelo fato de o produto substituir a lenha no inverno. Os consumidores finais demandam os mesmos nesta época do ano para utilização em lareiras, fornos a lenha, entre outros. Tal fato é corroborado na Tabela 11 em que a correlação é positiva forte de 0,898 entre as vendas de B1 e B2. Por atuarem no mesmo ramo de negócios, as empresas sofrem do efeito sazonal. Contudo, a fase cíclica não é confirmada pelo período de tempo. Não é possível observar um ciclo completo haja vista que obteve somente 12 meses de análise nos dois casos.

A sazonalidade do negócio já havia sido exposta pelos gestores de M1, B1 e B2 e é confirmada através da análise de vendas. A mesma será plenamente confirmada se repetirem-se ao longo dos demais anos nas empresas B1 e B2.

Tabela 11 - Correlação entre vendas de briquetes de B1 e B2

	B2	B1
B2	1	
B1	0,89	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à caracterização dos resíduos, em M1 os mesmos são secos, e apresentam entre 10 a 15% de umidade semelhante a M2 em que a umidade varia entre 13 a 17%. Todavia, em B1 e B2 que contam com a plena utilização de estufas o máximo aceitável é de 12% (B1) e 12 a 15% de umidade (B2). Para a briquetagem de resíduos de madeira, Bhattacharya et al. (1989) e Filippetto (2008) ressaltam que a umidade elevada não é uma característica desejada para a produção de briquetes, o que pode provocar explosões quando da prensagem pela formação de vapor. B1 e B2 afirmaram a necessidade de obtenção de matéria-prima de baixa umidade. A aquisição de material de terceiros por B1 segue esta limitação, onde a umidade pode elevar-se, mas em baixo índice. Os resíduos utilizados para briquetagem em B1 e B2 corroboram às recomendações de Gentil (2008), o autor afirma que

a umidade dos resíduos para briquetagem deve estar entre 5 e 15%. B1 e B2 apontaram que a umidade é indesejada.

B1 aponta que é viável a briquetagem quando da não necessidade de secar a matéria-prima, ou seja, a madeira bruta foi seca em estufas, e não no tempo. O ideal é que a empresa possua material próprio (resíduos) em volume suficiente para iniciar a operação de briquetagem. A aquisição de resíduos de outras empresas e os custos de transporte deste material de elevado volume e baixo peso a longas distâncias, encarecerá o produto e sua competitividade no mercado. Tal aspecto foi mencionado por Barbosa et al. (2014), Dias et al. (2012), Gentil (2008), Felfli et al. (2011), Pontarolli et al. (2013), Tabarés et al. (2000), Tavares (2013) e Wiecheteck (2009) que apontaram como gargalo a logística para aquisição de uma matéria-prima, volumosa e pouco densa, e que deve estar disponível em localização próxima para não onerar custos de transporte.

B1, B2 e M2 mencionaram também a necessidade de possuir resíduos de espécies adequadas e na granulometria correta. Eriksson e Prior (1990) e Dias et al. (2012) apontam que as dimensões aceitáveis dos resíduos são entre 6 e 10mm sendo que o tamanho das partículas apresenta influencia na densidade do produto final. Pode ser necessária a trituração em alguns casos, o que torna mais custoso o produto final. Nesse sentido, conforme a matéria-prima as empresas elencaram ser necessário (o que não é o caso de B1 e B2) a aquisição de trituradores e secadores para diminuir o tamanho das partículas e/ou reduzir o teor de umidade dos resíduos (FILIPPETTO, 2008). A espécie de pinus tanto na visão de B1 como de B2, forma um briquete de baixa qualidade e que pode danificar as fornalhas devido à resina que o constitui, nesse sentido, Rosário (2011) aponta a densidade mais baixa do material produzirá um briquete de menor poder calorífico.

Outro entrave, conforme M1, B1 e B2 foi a falta de informação dos consumidores conforme Couto et al. (2004), Dantas et al.(2012), Emerhi (2011), Rosário (2011) e Silva (2007). Portanto, é essencial, conforme B1 e B2, conscientizar os mesmos como no caso da utilização do briquete em diferentes fornalhas. Morais (2007) afirma que os briquetes têm uma propensão para quebrar durante a combustão. Dependendo do tamanho podem passar através da grelha ou mesmo bloquear a grelha, o que reduz seu desempenho, e os clientes devem ser orientados.

M1, M2 e B2 apontaram ser elevado o investimento na máquina briquetadora (BHATTACHARYA, 2004). M1 e B1 também ressaltam o elevado custo de energia elétrica para o funcionamento do maquinário. Assim, atualmente, os investidores optam por máquinas

usadas, de menor preço, acelerando-se o retorno do investimento, como foi o caso de B1 (ROSÁRIO, 2011).

Na perspectiva de M1, M2, B1 e B2 neste segmento os impostos são elevados como ICMS (17%), PIS e COFINS (9,25%) tal fator também foi observado por Bhattacharya (2004). Por fim, M2, B1, B2 apontaram como barreiras a falta de incentivos governamentais, de acordo com Wright et al. (2011) este fato pode justificar as poucas empresas atuantes nesta indústria no Brasil.

Como incentivos foi unânime o aumento de ganho financeiro sobre os resíduos e a destinação adequada dos resíduos. B1 e B2 isoladamente apontaram o cumprimento de regulamentações e incentivos como a PNRS (Política Nacional dos Resíduos Sólidos); e a exigência de obtenção de licenças ambientais para os usuários de lenha o que é dispensado pelos briquetes conforme observação de Pontarolli et al. (2013).

B1 afirmou que o controle fitossanitário sobre roedores atraídos por resíduos a granel também são incentivos para a adoção de briquetes. B2 afirma o espaço livre nos pátios e a limpeza propiciada pelo produto, o que também foi verificado por autores como Abib (2012), Gentil (2008) e Rosário (2011).

No Quadro 9 apresenta-se a síntese dos estímulos e barreiras para o investimento em briquetes verificadas através deste estudo.

Quadro 9 - Síntese dos estímulos e barreiras

Fatores	Estímulos	Barreiras
Econômico	Elevação de receitas. Preço de venda superior aos resíduos a granel. Independência de compradores terceirizados e oligopólio de empresas. Elevado poder calorífico dos briquetes. Diversidade de aplicações dos produtos (caldeiras, pizzarias, padarias, olarias, cerâmicas, indústrias, etc.).	Elevado custo de aquisição do equipamento. Obtenção de picador (tamanho do resíduo). Sazonalidade forte no período do verão e necessidade de depósito para estocagem do produto. Consumo de energia é elevado no caso de a matéria-prima for de alta umidade e precisar passar por secagem. Elevada concorrência de derivados do petróleo e lenha. Poder calorífico depende da umidade do resíduo. Custos elevados de coleta, transporte e pré-tratamento dos resíduos. Alta carga tributária.
Ecológico	Substituição do metano gerado por fontes fósseis por CO ₂ , eliminação de fumação particulada e baixa geração de cinza a qual pode ser utilizada como fertilizante. Descarte adequado dos resíduos. Baixa geração de odores na queima.	Dependendo da composição (matéria-prima) pode gerar cinzas e fumaça.
Legal	Adequação a legislação. Evita a necessidade licenças ambientais (lenha). Implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)	Não há legislação específica para o produto ou incentivos a sua utilização nesse sentido. Ausência de especificações técnicas. Ausência de incentivos governamentais.
Imagem de mercado	Responsabilidade Socioambiental. Meio externos para divulgação do produto. Forte apelo ambiental do produto.	Não há.
Logística	Ocupação por peso dos veículos de transporte do produto final. Facilidade de manuseio e armazenagem. Limpeza de pátios e inibição de insetos e pragas. Produto compacto e homogêneo.	Alto custo para transporte de matéria-prima (maravalha, serragem) por longas distâncias. Elevado volume e baixo peso. Sazonalidade da produção de resíduos. Resíduos florestais apresentam alto teor de umidade (custos de secagem). Necessidade de armazenar os briquetes em local coberto.
Social	Criação de emprego e renda. Melhoria qualidade do solo, redução da disposição incorreta dos resíduos.	Descrença do consumidor quanto ao produto e sua qualidade. Desconhecimento de sua aplicação. Foco do consumidor em preço.

Fonte: Elaborado pela autora.

Com isto, atingem-se os dois objetivos específicos. A caracterização e quantificação dos resíduos das empresas estudadas e a definição de estímulos e barreiras para o aproveitamento de resíduos na fabricação de briquetes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões deste estudo. Os resultados serão discutidos em conformidade com os objetivos propostos, isto é, dos secundários para o geral. A seguir, também serão apresentadas as implicações acadêmicas e gerenciais das descobertas, bem como são feitas indicações para futuros estudos.

O objetivo desta dissertação foi identificar os motivos que levam uma empresa de processamento de madeira a aproveitar os resíduos de seu processo produtivo para a produção de briquetes e os fatores que possam dificultar esse processo. O método de pesquisa foi o estudo de casos múltiplos onde analisou quatro empresas do setor de indústrias de processamento mecânico de madeira. Duas organizações do ramo de beneficiamento da madeira que confeccionam briquetes (B1 e B2) e outras duas empresas que não aproveitam seus resíduos (M1 e M2). Para a coleta de dados foram feitas observações e aplicadas entrevistas aos gestores de M1, M2 e B1, e ao representante comercial de B2. Os objetivos específicos foram: (i) caracterizar os resíduos de madeira gerados pelas indústrias de processamento e beneficiamento de madeira e quantificar este volume; e (ii) identificar estímulos e barreiras para investimentos na produção de briquetes pela indústria do segmento de madeira processada mecanicamente. O primeiro objetivo foi respondido nas seções 4.1 e 4.2 desta pesquisa, enquanto os estímulos e barreiras foram detalhados na seção 4.3.

O estudo permite concluir que os principais motivos para o investimento no produto briquete são: o aumento de ganho econômico; opção para destinação adequada; redução de dependência de outras organizações para fazer a coleta dos mesmos e o risco de paralisação de atividades. Quanto às barreiras, estas podem ser compreendidas como a alta carga tributária; a sazonalidade do negócio; falta de informação do produto pelo consumidor; investimento elevado em equipamentos e elevados custos com energia elétrica. Foi observado também a utilização de espécies de densidade adequada, granulometria específica do resíduo e índice de umidade baixo. É preferível e indicada a utilização de resíduos de empresas que possuam estufas e que apresentem disponibilidade de matéria-prima própria. A aquisição de resíduos de outras empresas pode elevar o custo do produto final e torná-lo menos competitivo em relação a outras fontes energéticas. Não há incentivos governamentais no segmento.

Portanto, sugere-se a partir deste estudo que para o incentivo do consumo e investimentos de briquetes no mercado é primordial: (i) maior participação de políticas

públicas de apoio para a consolidação do mercado de briquetes, principalmente devido aos impactos negativos ao ambiente de outras fontes energéticas; (ii) concessão de incentivos fiscais de modo a garantir competitividade do produto; iii) desenvolvimento de convênios com universidades para incentivar pesquisas no que tange ao adensamento de resíduos; (iv) criação de normatização para o produto de forma a garantir qualidade aos consumidores; e (v) desenvolvimento de regulamentações que coíbam o uso da lenha e intensificação da fiscalização por órgãos públicos da utilização imprópria da mesma.

6.1 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

De modo geral as implicações gerenciais que podem ser extraídas do estudo são:

- Quanto à gestão de resíduos de madeira, conclui-se que as empresas estudadas (M1 e M2), ou seja, madeireiras e indústrias de móveis em geral, têm buscado outras fontes alternativas de destinação de seus resíduos que não seja a venda para os poucos compradores do mercado. Portanto, as empresas têm investido na conquista de maior ganho econômico pelos seus resíduos, atendendo a legislação vigente e evitando o risco de paralização de suas operações devido às escassas possibilidades de descarte dos mesmos;
- Não sendo possível a venda dos resíduos de madeira a preços adequados as organizações buscam alternativas, como os briquetes, nesse sentido a obtenção de informações sobre este se faz tão necessária;
- Esta pesquisa permite aos empresários identificar as barreiras e estímulos para a operação neste segmento e comparar sua posição com os demais, o que permite que se tracejem estratégias na destinação dos resíduos;
- A briquetagem de resíduos de madeira é opção para as empresas de processamento mecânico de madeira, e é uma alternativa relevante para a destinação adequada de resíduos e obtenção de ganhos financeiros mais expressivos, contudo, há que se considerar e gerenciar os riscos e barreiras para sua adoção;
- O produto é de certo modo desconhecido por parte da comunidade e não há regulamentação do mesmo. Portanto, é desejável que haja políticas públicas de apoio a esta atividade e de adoção do briquete pela população;

- Os briquetes de madeira contribuem para a preservação ambiental e aspectos sociais e econômicos de uma região, torna-se fator de interesse para a gestão pública e para o desenvolvimento regional;
- Haja vista as vantagens e estímulos para a confecção de briquetes, mais estudos científicos sobre os mesmos poderiam ser incentivados por empresas com objetivos de melhoria da qualidade de produto ofertado ao mercado, atração de novos consumidores, e possível redução de custos operacionais de modo a torná-lo mais competitivo no mercado;
- Este estudo contribui para as empresas da indústria de processamento mecânico de madeira, pois pode servir como base de informações sobre decisão de implantação de operação de briquetagem. Demonstra-se de forma empírica, tanto os incentivos como as barreiras a serem enfrentadas no investimento em briquetes. Serve também para comprovar efetivamente para as empresas atuantes no ramo de briquetes as vantagens esperadas com o produto bem como as barreiras;
- O aproveitamento dos resíduos de madeira através da briquetagem é incentivado por questões econômicas, ecológicas e sociais, todavia o gerenciamento eficiente de questões logísticas é imprescindível, como custos de coleta e aquisição de matéria-prima e transporte para os consumidores finais;
- Com os baixos preços de comercialização dos resíduos a granel no mercado e o oligopólio de empresas que adquirem os mesmos, pode ser conveniente no futuro que se aumente as relações das empresas com briquetadoras que adquiram os mesmos;

O tema e os resultados deste estudo são relevantes para o conhecimento do setor público, portanto, é relevante no sentido de fornecer tal conhecimento às autoridades do setor energético e privado, tendo em vista as implicações gerenciais levantadas.

6.2 IMPLICAÇÕES ACADÊMICAS

Este estudo apresentou contribuições acadêmicas na melhoria do conhecimento sobre os temas avaliados, em especial para a teoria existente sobre briquetes de madeira.

A pesquisa efetuada contribui para o conhecimento acerca dos briquetes de madeira. Apesar de muitos benefícios serem atribuídos à utilização aos mesmos, pesquisas empíricas

que comprovam os incentivos são escassas assim como não se verifica na literatura estudo em profundidade que aborde as barreiras.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Devido à complexidade do tema desta pesquisa, através desta dissertação foram desenvolvidos alguns avanços. Contudo, este estudo representa um tema a ser desenvolvido e longe de ter seu conhecimento esgotado e pleno. São propostos a seguir diversos fatores que podem ser aprofundados em trabalhos futuros dentro da área de biomassa, resíduos de madeira e briquetes.

- Replicação deste estudo em outras regiões do país, que concentrem diversos tipos de biomassa, para constatar os estímulos e barreiras para a instalação de usinas de briquetagem;
- Verificar o comportamento sazonal de vendas em outras organizações briquetadoras com a análise cíclica completa, preferencialmente um período de análise temporal de três a quatro anos;
- Estudo do perfil energético na indústria de transformação de madeira, em particular de Pinus e Eucalipto, objetivando a cogeração de energia a partir dos resíduos;
- Estudo sobre as possíveis formas de relacionamento e parcerias que podem ser firmadas entre empresas privadas e centrais de triagem cooperativadas na coleta e destinação de resíduos de madeira;
- Realizar a quantificação dos resíduos florestais da região do Vale do Rio dos Sinos, Paranhana e microrregião de Vacaria no Rio Grande do Sul e a destinação atual fornecida aos mesmos;
- Análise de estimativa de custos de aquisição de matéria-prima e transporte de resíduos de madeira, no caso de instalação de um comprador regional no Estado do Rio Grande do Sul;
- Análise energética e econômica para a implantação de uma termelétrica que utilize os resíduos de madeira das regiões do Vale do Paranhana, Vale do Rio dos Sinos e microrregião de Vacaria/RS.
- Estudo da viabilidade econômica de implantação de uma usina de peletização na microrregião de Vacaria/RS.

- Desenvolver um estudo de mercado em região específica acerca da demanda de pellets/briquetes;
- Efetuar uma caracterização físico-química mais profunda e detalhada das diversas espécies de madeira e sua utilização para a confecção de briquetes;
- Estudo da aplicabilidade de briquetes e pellets em indústrias específicas (cerâmica, alimentícia, fumo, de ração, cimenteira, entre outras);
- Análise logística da implantação de uma usina de briquetagem considerando distância, custo de aquisição de matéria-prima e os custos de transporte da matéria-prima e do produto acabado;
- Análise das emissões de poluentes quando da substituição de outra fonte energética por briquetes ou pellets de madeira;
- Estudo do comportamento de briquetes e pellets nos diversos tipos de fornos industriais;

REFERÊNCIAS

- 1ª CRS (Coordenadorias Regionais). **Secretaria Estadual da Saúde**. Disponível em:< http://www.saude.rs.gov.br/upload/1369856034_01crs%20porto%20alegre.png>. Acesso em: 28 jul. 2015
- ABIB - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL. **Brazil Status Report 2012 - Bioenergy – Biomass – Renewable Energy**. 2012. Disponível em:< <http://abibbrasil.wix.com/brazilianassociationbiomass>>. Acesso em: 20 nov. 2014.
- ABDULRAHMAN, M.D.; GUNASEKARAN, A.; SUBRAMANIAN, N. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors. **International Journal of Production Economics**, v.147, n. B, p. 460–471, 2014.
- ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Estudo Setorial 2013**. STCP, Curitiba, PR, 2012.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos Classificação. **ABNT NBR 10004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. ABRAF: Brasília, 2013.
- ABREU, Mariana da Corte. **Avaliação do potencial de biomassa florestal da Ilha da Madeira para produção de combustíveis sólidos**. 2014. 130f. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia) -- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Nova Lisboa, Lisboa, 2014.
- ACEVEDO, Claudia Rosa; NOHARA, Jouliana Jordan. **Como fazer monografias: TCC, dissertações e teses**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- ADLMAIER, D.; SELLITTO, M.A. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Produção**, v. 17, n. 2, p. 395-406 2007.
- ALBERTINI, S.; CARMO, L.F.; PRADO FILHO, L.G. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Food Science and Technology**, v.27, n.1, p.113-118, 2007.
- ALMEIDA, A.N.; ÂNGELO, H.; GENTIL, L.V.B.; SILVA, J.C.G.L. Demanda do briquete de madeira. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 73-78, 2011.
- ALMEIDA, K.N.S.; JÚNIOR, J.B.G; NETO, R.M.G.; CARVALHO, D.M.; AMARAL, G.C. Mensuração do volume de resíduo gerado em marcenaria no município de Bom Jesus-PI. **Scientia Plena**, v.8, n.4, 2012.
- ALVES JUNIOR, F.T.; GUIMARÃES, J.L.S.; SANTOS, G.A.; LEITE, A.M.F.; BARROS, G.D.T. Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a

disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE. **Anais... XXIII ENEGEP**, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. Ed. São Paulo, Atlas, 2010.

ARAUJO, H.J.B. **Aproveitamento de Resíduos das Indústrias de Serraria do Acre para Fins Energéticos**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003.

BARBOSA, L.C.; PEDRAZZI, C.; FERREIRA, E.S.; SCHNEID, G.N.; WILLE, V.K.D. Avaliação dos Resíduos de uma Serraria para a Produção de Celulose Kraft. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 491-500, 2014.

BARROSO, Rodrigo Almeida. **Consumo de lenha e produção de resíduos de madeira no setor comercial e industrial do Distrito Federal**. 2007. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

BHATTACHARYA, S. C. Fuel for thought, renewable energy word. **Renewable Energy World**, v. 7, n. 6, p. 122-130, 2004.

BHATTACHARYA, S. C.; SETT, S.; SHRESTHA, R. M. State of the art for biomass densification. **Energy Sources**, v. 11, n. 3, p. 161-182, 1989.

BOUNDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; CHIES, D.; MARTINS, D. Fatores que influenciam no rendimento em laminação de Pinus spp. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.2, p. 35 - 41, 2006.

BORGHI, Michel da Mata. **Efeito da Granulometria na Avaliação dos Briquetes**. 2012. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) -- Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, (UFES), Jerônimo Monteiro, ES, 2012.

BRITO, E. O. **Estimativa da produção de resíduos na indústria de serraria e laminação brasileira**, v.31, n. 66. p.113-122, 2011.

BRITO, L.S.; CUNHA, M.E.T. Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Moveleira. **Unopar Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 8, n. 1, p. 23-26, 2009.

BUZIN, Pedro Jorge Walburga Keglevich. **Desenvolvimento de Briquetes Autorredutores a Partir de Carepas de Processamento Siderúrgico para Utilização em Forno Elétrico a Arco**. 138f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2009.

CAMPOS, C.J.G. Método de Análise de Conteúdo: Ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.57, n. 5, p. 611-614, 2004.

CARDOSO, Bruno Monteiro. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. 112f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, 2012.

- CARVALHO, E. A., BRINCK, V. Briquetagem. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M (Org.). **Tratamento de minérios**. 4 ed. Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004. p. 613-636.
- CASSILHA, A.C.; PODLASEK, C.L.; CASAGRANDE JUNIOR, E.F.; SILVA, M.C.; MENGATTO, S.N.F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. In: **Anais... Semana de Tecnologia**, CFET, Curitiba, PR, 2003.
- CHAVES, G.L.D.; BATALHA, M.O. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, 2006.
- CHEN, L.; XIN G, L.; HAN, L. Renewable energy from agro-residues in China: Solid biofuels and biomass briquetting technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, p.2689–2695, 2009.
- CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.
- COSTA, G.J; GOUVINHAS, R.P. Ecodesign Strategies and the Product Development Process Within Northeast SME Brazilian Companies. **International Conference on Engineering Design**, Stockholm, 2003.
- COUTO, L.; MULLER, M.D.; SILVA JÚNIOR, A.G.; CONDE, L.J.N. Produção de Pellets De Madeira - O Caso da Bio-Energy no Espírito Santo. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p.45-52, 2004.
- CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CSCMP- COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. **Supply Chain terms and Glossary, 2013**. Disponível em:<http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015
- DAHER,C.E.; SILVA, E.P.S.; FONSECA, A.P. Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor. **BBR - Brazilian Business Review**, v. 3, n. 1, p. 58-73, 2006.
- DANTAS, A.P; SANTOS, R.R.; SOUZA, S.C. O Briquete como Combustível Alternativo Para a Produção de Energia. **Anais...III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Goiânia, GO, 2012.
- DAUGHERTY, P.J.; AUTRY, C.W.; ELLINGER, A.E. Reverse Logistics: The Relationship Between Resource Commitment And Program Performance. **Journal of Business Logistics**, v.22, n.1, p.107-123, 2001.
- DE ANGELIS, B. L. D.; SAMPAIO, A.C.F.; TUDINI, O.G.; ASSUNÇÃO, M.G.T.; DE ANGELIS NETO, G. Avaliação das árvores de vias públicas da zona central de Maringá, Estado do Paraná: estimativa de produção de resíduos e destinação final. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 133-140, 2007.

DE BRITO, M. P.; DEKKER, R. **A framework for reverse logistics**, In DEKKER, R., INDERFURTH, K., VAN WASSENHOVE, L.N.; FLEISCHMANN, M. (Eds), *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-loop Supply Chains*, Chapter 1, Springer-Verlag, Berlin, 2004.

DIAS, J.M.C.S.; SOUZA, D.T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M.M.; MIRANDA, C.H.B.; BARBOSA, P.F.D.; ROCHA, J.D. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e Florestais**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2012.

DIAS, João Jorge. **Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas**. 112f. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002.

DOWLATSHAHI, S. Developing a Theory of Reverse Logistics. **Interfaces**, v.30, n.3, p.143-155, 2000.

DU, H.; WEI, L.; BROWN, M. A.; WANG, Y.; SHI, Z. A bibliometric analysis of recent energy efficiency literatures: an expanding and shifting focus. **Energy Efficiency**, v.6, n.1, p.177-190, 2013.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. Resíduos de indústria madeireira: caracterização, conseqüências sobre o meio ambiente e opções de uso. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 5, 2005.

EMERHI, E.A. Physical and combustion properties of briquettes produced from sawdust of three hardwood species and different organic binders. **Advances in Applied Science Research**, v.2, n.6, p.236-246, 2011.

ENSSLIN, L. O Design na Pesquisa Quali-Quantitativa em Engenharia de Produção – Questões Epistemológicas. **Revista Produção Online**, v.8, n.1, p.1-16, 2008.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano base 2013**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

FAGUNDES, Hilton Albano Vieira. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2003.

FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. **FAO Statistical Yearbook 2013**. Rome, 2013.

FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/626/DesktopDefault.aspx?PageID=626#ancor>>. Acesso em: 03 nov. 2014b.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. **Forests and the forestry sector**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/country/57478/en/bra/>>. Acesso em: 03 nov. 2014a.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. **State of the World's Forests 2014**, Rome, 2014c.

FARAGE, R.M.P. **Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no polo moveleiro de Ubá para fins energéticos**. 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, 2009.

FARAGE, R.M.P.; REZENDE, A.A.P.; SILVA, C.M.; NUNES, W.G.; CARNEIRO A.C.O.; VIEIRA, D.B.; RODRIGUES, C.L.S. Avaliação do Potencial de Aproveitamento Energético dos Resíduos de Madeira e Derivados Gerados em Fábricas do Polo Moveleiro de Ubá – MG. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 203-212, 2013.

FEITOSA, B.C. Aproveitamento econômico dos resíduos de madeira. **Revista da Madeira**, n.132, 2012.

FELFLI, F. F.; LUENGO, C.A.; ROCHA, J. D Briquetes torreficados: viabilidade técnico-econômica e perspectivas no mercado brasileiro. In: **ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL**, v.5, 2004.

FELFLI, F.F.; ROCHA, J. D.; FILIPPETTO, D.; LUENGO, C. A.; PIPPO, W. A. Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.35, n.1, p.236-242, 2011.

FERREIRA-LEITAO, V.; GOTTSCHALK, L. M. F.; FERRARA, M. A.; NEPOMUCENO, A. L.; MOLINARI, H. B. C.; BON, E. P. Biomass residues in Brazil: availability and potential uses. **Waste Biomass Valorization**, v. 1, p.65-76, 2010.

FIGUEIRA, F.V.; MARTINAZZO, A.P.; TEODORO, C.E.S Estimativa da Viabilidade Econômica da Produção de Briquetes a Partir de Resíduos de Grãos Beneficiados. **Engevista**, V. 17, n. 1, p. 95-104, 2015.

FILIPPETTO, Daniele. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) Campinas, 2008.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; DEKKER, R.; VAN DER LAAN, E.; VAN NUNEN, J.A.E.E.; VAN WASSENHOVE, L.N. Quantitative models for reverse logistics: A review, **European Journal of Operational Research**, v.103, n.1, p.1-17, 1997.

FLICK, Uwe. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: ArtMed, 2011.

FLORES, W.; YAMAJI, F., Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem. **Revista da Madeira**, n.121, 2009.

FONTES, Paulo José Prudente de. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 1994.

FREIRES, F.G.M.; GUEDES, A.P.S. Power and Trust in Reverse Logistics Systems for Scrap tires and its Impact on Performance. **Journal of International Conference of the Production and Operations Management Society**, v.1, n.1, p.57-65, 2008.

FREITAS, W.R.S.; JABBOUR, C.J.C. Utilizando Estudo de Caso(s) como Estratégia de Pesquisa Qualitativa: Boas Práticas e Sugestões. **Estudo e Debate**, v. 18, n. 2, p.7-22, 2011.

FURTADO, T.S.; VALIN, M.; BRAND, M. A.; BELOTTE, A.F.J. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, n.62, p.101-106, 2010.

GENTIL, L.V. Energia da madeira na matriz brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v.19, n.3, p.57-66, 2010.

GENTIL, Luiz Vicente Bocorny. **Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira**. 2008. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) -- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2008.

GOMES, F.P.; TORTATO, U. Proposta de Configuração de Rede Logística Reversa Para a Coleta de Resíduos do Setor Moveleiro da Região Metropolitana de Curitiba – Estudo de Caso. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.5, n.3, p.9-37, 2014.

GONÇALVES, José Evaristo. **Avaliação energética e ambiental de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de Eucalyptus grandis**. 104f. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) -- Programa de Pós-graduação em agronomia Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Botucatu, 2010.

GONÇALVES-DIAS, S.L.F. Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens. **Gestão e Produção**, v.13, n.3, p.463-474, 2006.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **Journal of Operational Research**, v.240, n.15, p.603–626, 2015.

GROVER, P. D.; MISHRA, S. K. **Biomass Briquetting: Technology and Practices**, Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996.

GUARNIERI, P.; SILVA DUTRA, D. D. J.; PAGANI, R. N.; HATAKEYAMA, K.; PILATTI, L. A. Obtendo Competitividade Através da Logística Reversa: Estudo de Caso em uma Madeireira. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.1, n.4, p.121-130, 2006.

HELLER, M.C. Life Cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass. **Renewable Energy**, n.29, p.1023-1042, 2004.

HERBST, Élcio. **Diagnose da Gestão de Resíduos Sólidos no Setor Moveleiro da RMC e Contribuições para o Projeto da Central de Resíduos**. 2011. 130f. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial). Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curitiba, 2011.

- HOLANDA, L.M.C.; ARAÚJO, D.G.; FRANCISCO, A.C. Percepção do consumidor quanto aos produtos com componentes reciclados: estudo de caso realizado no curso de administração da Faculdade de Campina Grande-FAC. **Sistemas & Gestão**, v.8, n.4, p.432-443, 2013.
- HU, J.; LEI, T.; WANG, Z.; YAN, X.; SHI, X.; LI, Z.; HE, X.; ZHANG, Q. Economic, environmental and social assessment of briquette fuel from agricultural residues in China - A study on flat die briquetting using corn stalk. **Energy**, v.64, p.557-566, 2014.
- HU, T.; SHEU, J.; HUANG, K. A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. **Transportation Research Part E**, v, 38, n.6, p.457-473, 2002.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. **Relatório de Pesquisa**. Brasília, DF, 2012.
- ISLAM, H.; HOSSAIN, M.; MOMIN, A. Development of Briquette from Coir Dust and Rice Husk Blend: Na Alternative Energy Source. **International Journal of Renewable Energy Development**, v.3, n.2, p.119-123, 2014.
- JOHNSON, R.B.; ONWUEGBUZIE, A.J.; TURNER, L.A. Toward a Definition of Mixed Methods Research. **Journal of Mixed Methods Research**, v.1, n.2, p.112-133, 2007.
- KIRSCHBAUM, C. Decisões entre Pesquisas Quali e Quanti sob a Perspectiva de Mecanismos Causais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v.28, n.82, p.180-257, 2013.
- KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos da metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 30.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.
- KRIKKE, H.; RUWAARD, J.B.; VAN WASSENHOVE, L.N. Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. **International Journal of Production Research**, v.41, n.16, p.3689-3719, 2003.
- KROON, L.; VRIJENS, G. Returnable containers: an example of reverse logistics. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 25, n.2, p. 56- 68, 1995.
- KUMAR, N.R.; KUMAR, R.M.S. Closed Loop Supply Chain Management and Reverse Logistics - A Literature Review. **International Journal of Engineering Research and Technology**, v.6, n.4, p.455-468, 2013.
- LACERDA, L. Logística Reversa – Uma Visão Sobre os Conceitos Básicos e as Práticas Operacionais. **Revista Tecnológica**, p.46-50, 2002.
- LAGARINHOS, C.A.F.; TENÓRIO, J.A.S. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil. **Polímeros**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.
- LAI, K. H.; WU, S. J.; WONG, C. W. Did reverse logistics practices hit the triple bottom line of chinese manufacturers? **International Journal of Production Economics**, v.146, p.106-117, 2013.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMA, E.G.; SILVA, D.A. Resíduos Gerados em Indústrias de Móveis de Madeira Situadas no Pólo Moveleiro de Arapongas-PR. **Floresta**, v.35, n. 1, p.105-116, 2005.

LOPES, Guilherme Andrade. **Uso energético de resíduos madeireiros em um polo de produção de cerâmicas vermelhas do Estado de São Paulo**. 2012.101f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2012.

LU, D.; TABIL, L.G.; WANG, D.; WANG, G.; EMAMI, S. Experimental trials to make wheat straw pellets with wood residue and binders. **Biomass and Bioenergy**, v.69, p.287-296, 2014.

MAFFESSIONI, Daiana. **Análise da Situação Ambiental das Indústrias do Pólo Moveleiro de Bento Gonçalves**. 102f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2012.

MAITI, S.; DEY, S.; PURAKAYASTHA, S.; GHOSH, B. Physical and thermochemical characterization of rice husk char as a potential biomass energy source. **Bioresource Technology**, v.97, n.16, p.2065-2070, 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 6ªed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 4ed. 3ª reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MELO, Vicente de Paula Simões. **Produção de Briquetes de Carvão Vegetal com Alcatrão de Madeira**. 2000. 64f. Tese (Mestrado em Ciências) -- Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2000.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomassa**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

MONTEIRO, T.C.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F. Energia Armazenada nos Resíduos do Desdobro de Toras de Eucalyptus Grandis. **Ciência da Madeira**, v.3, n.1, p. 33-42, 2012.

MORAIS, Dirceu Medeiros. **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o distrito federal.** 265f. 2007. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) --Departamento em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2007.

MORAIS, M. R.; SEYE, O.; FREITAS, K.T.; RODRIGUES, M.; SANTOS, E.C.S.; SOUZA, E.C.R. Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação. **Anais... XI Encontro de Energia no Meio Rural**, Campinas, SP, 2006.

MURAKAMI, Fabio Kazuhiro. **Destinação e utilização de resíduos industriais siderúrgicos em outras indústrias: estudo de casos.** 105f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2014.

MWAMPAMBA, T.H.; OWEN, M.; PIGAHT, M. Opportunities, challenges and way forward for the charcoal briquette industry in Sub-Saharan Africa. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, p. 158–170, 2013.

NAIK, S. N.; GOUD, V. V.; ROUT, P. K.; DALAI, A. K. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p.578–597, 2010.

NEVES, J.L. Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v.1, n.3, p.1-5, 1996.

OLADEJI, J.T. Fuel Characterization of Briquettes Produced from Corn cob and Rice Husk Resides. **The Pacific Journal of Science and Technology**, v.11, n.1, p.101-106, 2010.

OLANDOSKI, Danielle Previdi. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhorias no processo em indústrias de chapas compensadas.** 119f. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2001.

OLIVEIRA, B.G.; MARANGONI, C.; SOUZA, O.; OLIVEIRA, T.M.N.; SELLIN, N. Preparação e Caracterização de Resíduos da Bananicultura para uso em Processo de Briquetagem. **Anais... III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**, São Pedro, SP, 2013.

OLIVEIRA, Luiz Gustavo Silva. **Aproveitamento energético de resíduos agrícolas – O caso da agroeletricidade distribuída.** 2011. 229f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) -- Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2011.

OLIVEIRA, Tiago Luiz. **Análise energética e exérgica de biomassas como fonte energética sustentável em um Forno elétrico a arco.** 2013. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) -- Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto (REDEMAT), Ouro Preto, 2013.

PANWAR, V.; BRASAD. B.; WASEWAR, K.L. Biomass Residue Briquetting and Characterization. **Journal of Energy Engineering**, v.137, p.108-114, 2011.

PARASHAR, A.; SINGH, H.K. A Case Study: Energy Generation Using Biomass Briquettes in Brick Kiln of Dholphur, Rajasthan, India. **Progress in Science and Engineering Research Journal**, v.2, n.4-6, p.81-85, 2014.

PAULA, Julio César Marchiori. **Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confecção de Briquetes**. 2006. 48f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) --Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PAULA, L.E.R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N.; ASSIS, C. O.; BALIZA, A. E. R. Produção e Avaliação de Briquetes de Resíduos Lignocelulósicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.66, p.103-112, 2011.

PAULA, Luana Elis de Ramos. **Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos**. 2010. 72f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia da Madeira) -- Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 2010.

PEREIRA, Flávia Alves. **Efeito da granulometria e de aglutinantes nas propriedades de briquetes de finos de carvão vegetal**. 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -- Programa de Pós- Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2009.

PES, D.A.; PEREIRA, K.C.; LUCIANO, E.M.; OLIVEIRA, J. Localização Ótima de Novas Indústrias de Briquete no Estado de Mato Grosso. **Revista Eletrônica de Economia**, v.8, n.2, p. 64-81, 2012.

PIRES, Nara. **Modelo para a Logística Reversa dos bens pós-consumo em um ambiente de cadeia de suprimentos**. 2007. 275f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2007.

POHLEN, T.L.; FARRIS, T. Reverse logistics in plastics recycling. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.22, n.7, p.35–47, 1992.

POLZL, W.B.; SANTOS, A.J.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; POLZL, P.K. Cadeia Produtiva do Processamento Mecânico da Madeira - Segmento da Madeira Serrada no Estado do Paraná. **Revista Floresta**, v.33, n.2, p.127-134, 2003.

PONTAROLLI, A.S.; LOS, B.; WACELIKO, C.; SVIERCOWSKI, D.C.; OLIVEIRA, E.P. Viabilidade da Produção de Briquetes a Partir de Resíduos Agrícolas. In: **Paraná Cooperativo Técnico e Científico**, v.9, n. 96, p.01-80, 2013.

PROTÁSIO, T.P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G.H.D.; COUTO, A.M.; TRUGUILHO, P.F.; GUIMARÃES JUNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n. 66. p.113-122, 2011.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1252–1258, 2012.

PROTÁSIO, T.P.; MELO, I.C.N.A.; GUIMARÃES JUNIOR, M.; MENDES, M.; FARINASSI, R.; TRUGILHO, P. F. Decomposição térmica de briquetes torreficados e carbonizados de resíduos do processamento dos grãos de café. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.3, p. 221-228, 2013.

QUIRINO, Waldir Ferreira. **Briquetagem de Resíduos LignoCelulósicos**. Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. 2005.

QUIRINO, Waldir Ferreira; BRITO, José Otávio. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília, DF: **IBAMA**, Laboratório de Produtos Florestais, 1991.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A.P.A; ABREU, V.L.S; AZEVEDO, A.C.S. Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 173 – 182, 2004.

RAMÍREZ-GÓMEZ, A.; GALLEGO, E.; FUENTES, J.M.; GONZÁLEZ-MONTELLANO, C.; AYUGA, F. Values for particle-scale properties of biomass briquettes made from agroforestry residues. **Particuology**, v.12, p.100– 106, 2014.

RAMOS, M.A.; MAIA, S.G.; MELO, A.A.O. Gestão de resíduos: um estudo de caso no setor de logística reversa da companhia energética de Minas Gerais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 17, n. 17, p. 3306 – 3317, 2013.

RECH, C. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 66, 2002.

RODRIGUES, Valéria Antônia Justino. **Valorização energética de lodo biológico da indústria de polpa celulósica através da briquetagem**. 2010. 117f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2010.

RODRIGUES, Thiago Oliveira. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Produção de Bioóleo a partir de Serragem no Estado do Pará**. 2013. 184f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2013.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisas em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R. An Examination of Reverse Logistics Practices. **Journal of Business Logistics**, v.22, n. 2, p.129- 148, 2001.

- ROSÁRIO, Leandro Minete. **Briquetagem Visando Utilização de Resíduos de uma Serraria**. 2011. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) -- Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro, 2011.
- ROUSSET, P.; CALDEIRA-PIRES, A.; SABLowski, A.; RODRIGUES, T. LCA of eucalyptus wood charcoal briquettes. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.1647-1653, 2011.
- ROY, M. M.; CORSCADDEN, K.W. An experimental study of combustion and emissions of biomass briquettes in a domestic wood stove. **Applied Energy**, v. 99, p. 206- 212, 2012.
- RUBIO, S.; CHAMORRO, A.; MIRANDA, F. Characteristics of the research on reverse logistics (1995–2005). **International Journal of Production Research**, v.46, n. 4, p.1099–1120, 2008.
- SACCOL, A.Z. Um Retorno ao Básico: Compreendendo os Paradigmas de Pesquisa e sua Aplicação na Pesquisa em Administração. **Revista Administração**, v. 2, n. 2, p. 250-269, 2009.
- SAID, N.; EL-SHATOURY, S. A.; DÍAZ, L. F.; ZAMORANO, M. Quantitative appraisal of biomass resources and their energy potential in Egypt. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.24, p.84–91, 2013.
- SÁNCHEZ, E.A.; PASACHE, M.B.; GARCÍA, M.E. Development of Briquettes from Waste Wood (Sawdust) for Use in Low-income Households in Piura, Peru. **Proceedings of the World Congress on Engineering**, Londres, UK, 2014.
- SANTOS, F.C.A.; ANDRADE, E. M.; FERREIRA, A. C.; LEME, P. C. S.; JABBOUR, C. J. C. Practices of environmentally responsible reverse logistics systems in Brazilian companies. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, v. 5, n. 1, p.63-85, 2013.
- SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Fatos e Números do Brasil Florestal**. São Paulo, SP, 2008.
- SCHNEIDER, V.E.; HILIG, E.; PAVONI, E. T.; RIZZON, M. R.; BERTOLOTTI, L. A. Gerenciamento ambiental na indústria moveleira – estudo de caso no município de Bento Gonçalves. **Anais ... XXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2003.
- SCHUTZ, F.C.A.; ANAMI, M.H.; TRAVESSINI, R. Desenvolvimento e Ensaio de Briquetes Fabricados a Partir de Resíduos Lignocelulósicos da Agroindustria. **Inovação e Tecnologia**, v.1, n.1, p.3-8, 2010.
- SELLIN, N.; OLIVEIRA, B.G.; MARANGONI, C.; SOUZA, O. ; OLIVEIRA, A.P.N.; OLIVEIRA, T.M.N. Use of Banana Culture Waste to Produce Briquettes. **Chemical Engineering Transactions**, v.32, p.349-354, 2013.

SELLITTO, M.A.; KADEL JR., N.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G.M.; DOMINGUES, J. Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento. **Ambiente & Sociedade**, v.16, n.1, p.141-162, 2013.

SHARIFI, V.; SWITHEBANK, J.; JAMSA-JOUNELA, S. A study on the dynamic combustion behavior of a biomass fuel bed. **Fuel**, v. 135, p.468–481, 2014.

SILVA, Claudinei Augusto. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeireiros para fins energéticos**. 2007. 68p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Comissão da Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2007.

SILVA, José Lázaro Pinheiro. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria Madeireira para Geração de Energia Elétrica – O Caso da Empresa B. K. Energia Itacoatiara Ltda no Estado do Amazonas**. 34f. 2011. Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização (Especialista em Gestão da Indústria Madeireira e Moveleira) -- Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2011.

SILVEIRA, L.A.P.; LOPES, M.C. Análise da Viabilidade Econômica para a Implantação de uma Indústria de Briquetes de Resíduos De Madeira. **Anais..XX Congresso de Iniciação Científica**, UFPEL, Pelotas, RS, 2011.

SING, C.Y.; ARIS, M.S. A study of biomass fuel briquettes from Oil palm mill residues. **Asian Journal of Scientific Research**, v.6, n.3, p.537-545, 2013.

SOTANNDE, O.A.; OLUYEGE, A.O.; ABAH, G.B. Physical and combustion properties of charcoal briquettes from neem wood residues. **International Journal of Agrophysics**, v.24, p.189-194, 2010.

SOUSA, Taíse Azevedo. **Desenvolvimento de Briquetes Autorredutores com Resíduo de Fundição e Fibra da Palmeira**. 2012. 53f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2012.

SRIVASTAVA, N.S.L.; NARNAWARE, S.L.; MAKWANA, J.P.; SINGH, S.N.; VAHORA, S. Investigating the energy use of vegetable market waste by briquetting. **Renewable Energy**, v. 68, p.270-275, 2014.

STOLARSKI, M.J.; SZCZUKOWSKI, S.; TWORKOWSKI, J.; KRZYŻANIAK, M.; GULCZYŃSKI, P.; MLECZEK, M. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. **Renewable Energy**, v.57, p.20-26, 2013.

SULTANA, A.; KUMAR, A. Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. **Biomass and Bioenergy**, v.39, p.344-355, 2012.

TABARÉS, J.L.M.; ORTIZ, L.; GRANADA, E.; VIAR, F. P. Feasibility study of energy use for densificated lignocellulosic material (briquettes). **Fuel**, v.79, p.1229–1237, 2000.

TAVARES, Marília Amaral de Moura Estevão. **Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado detrabalho da região do Baixo-Açu, RN**. 2013. 246f. Dissertação (Mestrado em Economia) -- Programa de Pós- Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2013.

TAVARES, M.A.M.E.; TAVARES, S.R.L.; MOREIRA, I.T. A Produção De Briquetes Para Amenizar A Pressão Antrópica sobre o Bioma Caatinga na Região do Baixo-Açu Potiguar. **Holos**, v.5, n. 31, p.256-270, 2015.

THIERRY, M.; SALOMON, M.; VAN NUNEN, J. A. E. E.; VAN WASSENHOVE, L.N. Strategic issues in product recovery management. **California Management Review**, v.37, n.2, p.114–135, 1995.

TIBBEN-LEMBKE, R.S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.32, n.3, p.223-244, 2002.

TOCK, J.Y. et al. Banana Biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.2, p.798-805, 2010.

TRINDADE, G.R.; SENNA, A. J.T; BOLIGON, A.A.; ALVES, R.R. Análise do comportamento dos consumidores de produtos ecologicamente corretos no município de São Gabriel: O caso dos produtos orizícolas certificados com selo ambiental do IRGA. **REGET**, v.18, n. 1, p.483-503, 2014.

TUOTO, Marco. **Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental Levantamento sobre a Geração de Resíduos Provenientes da Atividade Madeireira e Proposição de Diretrizes para Políticas, Normas e Condutas Técnicas para Promover o seu Uso Adequado**. MMA - Ministério Do Meio Ambiente: Curitiba, PR, 2009.

VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay. **Logística reversa: processo a processo**. São Paulo: Atlas, 2013.

VILAS BOAS, Mariana Almeida. **Efeito do tratamento térmico da madeira para produção de Briquetes**. 65f. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -- Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2011.

WIECHETECK, Marcelo. **Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas ao Uso De Resíduos Florestais para Fins Energéticos**. Ministério do Meio Ambiente - Projeto Pnud Bra 00/20 - Apoio Às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental, Curitiba, PR, 2009.

WILAIPON, P. The effects of briquetting pressure on banana-peel briquette and the banana waste in northern Thailand. **American Journal of Applied Sciences**, v. 6, n. 1, p.167-171, 2009.

XAVIER, Lúcia Helena; CORRÊA, Henrique Luiz. **Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2013.

YAMAJI, F.M.; BOUNDUELLE, A. Utilização da Serragem na Produção de Compósitos Plástico-Madeira. **Revista Floresta**, v.34, n.1, p.59-66, 2004.

YUBA, Andrea Naguissa. **Cadeia Produtiva de Madeira Serrada de Eucalipto para Produção Sustentável de Habitações**. 2001. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) --

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2001.

YUSOFF, S. Renewable energy from palm oil e innovation on effective utilization of waste. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p.87-93, 2006.

ZERBINATTI, O.E.; SILVA, A.B.; PEREIRA, A.J.; MIRANDA, J.M. Briquetagem de resíduos de cafeeiro conduzido no sistema safra zero. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1143-1152, 2014.

ZERBINATTI, Oberdan Everton. **Briquetagem de resíduos da cultura de café cultivado no sistema safra zero**. 2012. 42f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção na Agropecuária), Universidade José do Rosario Vellano, UNIFENAS, Alfenas, 2012.

ZOLDAN, M. A.; LEITE, M. L. G.; KOVALESKI, J. L. A otimização de processo e a importância da classificação de resíduos no setor madeireiro – Estudo de caso. **In: Anais... XIII SIMPEP**, Bauru, SP, 2006.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.