



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

ARTHUR SANTOS PEREIRA

**USO DE PELLETS DE MADEIRA
PARA FINS ENERGÉTICOS:
PESQUISA DE MERCADO**

Brasília-DF, 2017

USO DE PELLETS DE MADEIRA PARA FINS ENERGÉTICOS: PESQUISA DE MERCADO

Estudante: Arthur Santos Pereira

Matrícula: 12/0111152

Orientador: Professor Dr. Álvaro Nogueira de Souza (EFL-UnB)

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB) como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília-DF, 2017



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

**USO DE PELLETS DE MADEIRA PARA FINS ENERGÉTICOS:
PESQUISA DE MERCADO**

Estudante: Arthur Santos Pereira

Matrícula: 12/0111152

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (EFL-UnB)

Menção: _____

Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Prof. Máisa Santos Joaquim
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da banca

Prof. Máisa Isabela Rodrigues
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da banca

Agradecimentos

A Deus, que sempre está presente em todos os momentos das nossas vidas, nos abençoando.

Aos meus pais, e amigos, pela compreensão e apoio incondicional.

Ao meu orientador, por sua dedicação e empenho, fatores determinantes para a concretização deste trabalho.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste estudo.

*Grandes realizações são possíveis
quando se dá importância aos
pequenos começos.*

(LAO-TSE, 570 a.C. / 490 a.C.)

RESUMO

A matriz energética mundial, baseada no uso de combustíveis fósseis, apresenta claros sinais de exaustão. O progressivo esgotamento das atuais fontes de energia como o petróleo e o carvão mineral, é um fator que tem motivado a crescente busca por fontes de energia sustentáveis, como é o caso da biomassa florestal e seus produtos derivados, como os pellets de madeira. A utilização de pellets de madeira é bastante difundida nos países desenvolvidos, principalmente no continente europeu, com a finalidade de gerar energia elétrica e térmica para usinas, empresas de médio porte e para aquecimento residencial. O mercado mundial de pellets encontra-se em fase de forte crescimento, tendo os Estados Unidos como seu maior exportador. A Europa figura como o principal consumidor de pellets, com mais de 20 milhões de toneladas em 2013, e previsão de crescer para 42 milhões de toneladas em 2020. As estimativas para o consumo internacional de pellets variam entre 25 até 70 milhões de toneladas em 2020, oportunidade em que o mercado global deve atingir US\$ 9 bilhões. No Brasil, o mercado de pellets ainda é inexpressivo, não possui regulamentação própria e não conta com incentivos governamentais para se desenvolver. No entanto, o país apresenta amplas condições de adentrar e se destacar no mercado global, em virtude da sua extensão territorial e excelentes condições de clima e solo.

Palavras-chave: pellets, pellets de madeira, biomassa, resíduos de madeira.

ABSTRACT

The world energy matrix, based on the use of fossil fuels, presents clear signs of exhaustion. The progressive depletion of current energy sources such as oil and coal is a factor that has motivated the growing search for sustainable energy sources, such as forest biomass and its by-products, such as wood pellets. The use of wood pellets is widespread in developed countries, mainly in the European continent, with the purpose of generating electrical and thermal energy for mills, medium-sized companies and residential heating. The world pellet market is in a phase of strong growth, with the United States as its largest exporter. Europe is the largest pellet consumer with more than 20 million tonnes in 2013 and is forecast to grow to 42 million tonnes by 2020. International pellet consumption estimates range from 25 to 70 million tonnes by 2020, an opportunity for the global market to reach \$ 9 billion. In Brazil, the pellet market is still inexpressive, does not have its own regulations and does not have government incentives to develop. However, the country presents ample conditions to enter and stand out in the global market, due to its territorial extension and excellent conditions of climate and soil.

Keywords: Pellets, wood pellets, biomass, wood waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pellet de madeira.....	8
Figura 2 - Fábrica de pellets <i>Bear Mountain Forest Products</i> – USA.....	11
Figura 3 - Plantas industriais de Pellets na Europa até 2010.....	12
Figura 4 - Localização das plantas de pellets no Brasil (2013).....	13
Figura 5 - Processo de fabricação dos pellets.....	15
Figura 6 – Estocagem – vantagem competitiva dos pellets.....	27
Figura 6 - Transporte internacional de cargas.....	44
Figura 7 - Produção de Pellets no Brasil até 2016.....	45
Figura 8 – Briquete.....	46
Figura 9 – Variação do Custo de Transporte, Fluxo Líquido acumulado e VPL em relação à distância “Fábrica e o Porto”	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Produção (t) de pellets, em 2014 e crescimento anual (%) dos principais países produtores	10
Quadro 2 - Plantas de produção de pellets no mundo, com capacidade de produção acima de 200.000 t/a (janeiro/2013).....	12
Quadro 3 - Equivalências entre as normas ENplus, NF e DINplus.....	20
Quadro 4 - Parâmetros dos pellets – norma DINplus.....	21
Quadro 5 - Comparativo das características de diferentes biocombustíveis sólidos.....	28
Quadro 6 - Mercado global de pellets de madeira em 2008 (em toneladas)	30
Quadro 7 - Principais países exportadores de pellets com volume (t), taxa de crescimento anual (%) e preço médio da tonelada (USD/t).....	45
Quadro 8 - Fluxo de Caixa descontado em R\$ - fábrica exporta 100% da produção.....	54
Quadro 9 - Fluxo de Caixa Líquido (acumulado), VPL e TIR do projeto original.....	55
Quadro 10 - Fluxo de Caixa descontado em R\$ - fábrica exporta 100% da produção.....	55
Quadro 11 – Fluxo de Caixa Líquido (acumulado), VPL e TIR do projeto “simulado”.....	56
Quadro 12 – Custo de Transporte, Fluxo Líquido acumulado e VPL em relação à distância “Fábrica e o Porto”.....	57
Quadro 13 – Fluxos de caixa e respectivos saldos, nominais e descontados, referentes ao projeto original e ao projeto simulado.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas de produção e consumo de pellets na Holanda até 2020.,.....	39
Tabela 2 - Estimativas de produção e consumo de pellets na Bélgica até 2020.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	BIOMASSA	4
3.1.1	Definição	4
3.1.2	Biomassa Florestal.....	6
3.2	PELLETS DE MADEIRA	8
3.2.1	Definição	8
3.2.2	Produção de Pellets de Madeira.....	9
3.2.2.1	Visão Geral.....	9
3.2.2.2	Processo Produtivo	13
3.2.3	Normatização e Especificações Técnicas.....	17
3.2.3.1	Norma Alemã (DINplus).....	20
3.2.3.2	Norma Européia (ENplus).....	21
3.2.3.3	Norma Francesa (NF)).....	22
3.2.3.4	Norma Norte-americana (PFI).....	23
3.2.4	Custo de Produção do Pellet	24
3.2.5	Estudo Realizado sobre o Custo da Produção de Pellets no Brasil....	25
3.2.6	Uso de Pellets de Madeira.....	26
3.2.4.1	Vantagens.....	26
3.2.4.2	Desvantagens.....	28
3.2.7	O Mercado de Pellets de Madeira.....	29
3.2.8	Principais Atores do Mercado de Pellets.....	34
3.2.8.1	Estados Unidos.....	37
3.2.8.2	Canadá.....	35
3.2.8.3	Reino Unido.....	36
3.2.8.4	Itália.....	36
3.2.8.5	Suécia.....	37
3.2.8.6	Alemanha.....	38
3.2.8.7	Holanda.....	38
3.2.8.8	Bélgica.....	39
3.2.8.9	Dinamarca.....	40

	3.2.8.10	Áustria.....	40
	3.2.8.11	França.....	41
	3.2.8.12	Rússia.....	41
	3.2.8.13	China.....	42
	3.2.8.14	Japão.....	42
	3.2.8.15	Coréia do Sul.....	43
	3.2.8.16	Brasil.....	44
3.3		BRIQUETE	46
	3.3.1	Definição.....	46
	3.3.2	Comparativo entre Pellet e Briquete.....	47
4		MATERIAL E MÉTODOS	47
	4.1	Obtenção dos Dados Bibliográficos.....	47
	4.2	Otimização da Estrutura de Custos.....	48
	4.3	Cálculo do Custo de Transporte.....	49
	4.4	Fluxo de Caixa Descontado.....	49
	4.5	Indicadores Financeiros.....	50
	4.5.1	Valor Presente Líquido.....	50
	4.5.2	Taxa Interna de Retorno.....	51
	4.5.3	Payback.....	51
	4.5.4	Retorno Sobre o Investimento.....	52
	4.5.5	Lucratividade.....	52
5		RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
	5.1	Mercado Mundial de Pellets.....	52
	5.2	A Situação dos Pellets no Brasil.....	53
	5.3	Análise dos Componentes Financeiros.....	54
	5.3.1	Fluxo de Caixa Descontado.....	54
	5.3.2	Fluxo de Caixa Líquido.....	56
	5.3.3	VPL.....	56
	5.3.4	TIR.....	57
	5.3.4	PAYBACK	58
	5.3.4	ROI.....	58
	5.3.4	IL.....	58
6		CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A energia, dentre outros importantes recursos, é um elemento fundamental para o desenvolvimento humano. Segundo Goldenberg (2000), o consumo de energia no mundo cresce cerca de 2% ao ano e deverá dobrar em 30 anos se as tendências se mantiverem. O modelo energético mundial, baseado fundamentalmente no uso de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), possibilitou um desenvolvimento técnico e econômico sem precedentes na história da humanidade. Países desenvolvidos, localizados em grande parte no Hemisfério Norte, onde há escassez de recursos naturais de caráter renovável, alicerçaram o crescimento mediante a utilização de fontes energéticas de origem fóssil (MELLO, 2001).

Após proporcionar grandes avanços, por mais de um século, o sistema apresenta claros sinais de exaustão. O esgotamento progressivo das reservas de combustíveis fósseis é uma realidade que se constata, em quase todos os países produtores de petróleo e gás natural, com a exceção dos países do Oriente Médio. A dependência de importações de fornecedores como Arábia Saudita, Iraque e Irã, dentre outros, também é fonte de preocupações e incertezas, haja vista tratar-se de uma região com constantes problemas geopolíticos.

O referido modelo energético também gerou graves danos ao meio ambiente. A poluição ambiental, por exemplo, que tem origem no uso dos combustíveis fósseis, sufocam grandes cidades da China e do México. Não se trata apenas da poluição local, mas também da emissão de gases de efeito estufa, que provocam o aquecimento global sendo um problema que afeta a todos, mesmo fora dos locais e das cidades onde se origina.

Paralelamente ao avanço da preocupação com a qualidade de vida, nas últimas décadas, temas relacionados às questões ambientais, como é o caso da busca por fontes energéticas limpas e renováveis, ganharam destaque nas agendas de governantes, empresas, organismos internacionais e nas sociedades, como um todo. Para Sachs (2005), a procura por novos padrões energéticos é reforçada pela progressiva redução das reservas de carbono fóssil, pelos conflitos entre as nações detentoras ou dependentes dessas reservas e também por diversos problemas ambientais decorrentes do uso de combustíveis não renováveis. Couto (2014)

menciona que a busca por fontes renováveis de energia é uma tendência global que tem se fortalecido muito mais por questões ambientais do que econômicas.

As questões ambientais constaram da pauta do fórum da Associação de Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APEC) em 2014, ocasião em diversos países incluindo a China e os Estados Unidos, maiores emissores de poluentes do mundo, assinaram o compromisso de reduzir as suas emissões de CO₂ em 26% a 28% até 2025, em relação aos valores de 2005. Isso somente será possível com uma parte crescente das energias renováveis na matriz energética dos Estados Unidos (QUÉNO, 2015).

Em 2015, na Conferência do Clima, 196 países assinaram o Acordo de Paris, oportunidade em que a comunidade internacional se comprometeu a limitar o aumento da temperatura ao teto máximo de 2°C em relação aos níveis da era pré-industrial e a "continuar os esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C". O objetivo implica numa redução drástica das emissões dos gases causadores do efeito estufa, com medidas como economia de energia, maiores investimentos em energias renováveis e reflorestamento.

Ocorre que, em 31/05/2017, o presidente norte-americano Donald Trump anunciou a saída dos EUA do Acordo de Paris sobre Mudança do Clima (até então, apenas a Síria e a Nicarágua estavam fora do acordo). As possíveis consequências dessa decisão, tanto para o país quanto para o resto do mundo, ainda são incógnitas, no entanto, de acordo com estimativas dos especialistas da consultora Rhodium Group, ao cancelar as políticas energéticas de Barack Obama, os EUA só vão reduzir 14% de suas emissões, o que é ruim para todos.

De modo geral, os estudos e experimentos acerca do uso de fontes alternativas de energia levam em conta, além dos aspectos vinculados à preservação do meio ambiente, outras características fundamentais como disponibilidade, qualidade, meios de produção e armazenamento, formas de utilização, mercado e tecnologias existentes. De acordo com relatório da Agência Ambiental da ONU, em 2015 os investimentos globais em energias renováveis atingiram o valor histórico de 286 bilhões de dólares. Além da quebra do recorde em investimento, 2015 também foi o primeiro ano em que países em desenvolvimento investiram mais em energias limpas do que as nações desenvolvidas, China, Brasil e

países africanos, são citados como destaques tanto nos investimentos como na geração de empregos no setor. Alguns estudos apontam que o nível de investimentos em energias renováveis tende a evoluir gradualmente, podendo chegar a US\$ 630 bilhões por ano em 2030.

Nesse contexto merece destaque o uso da biomassa florestal, reconhecida como importante e potencial fonte de energia renovável e que se mostra viável tanto nos quesitos econômicos, como nos aspectos ecológicos e sociais. O crescimento do uso da biomassa para fins energéticos vincula-se, em boa parte, ao irreversível esgotamento dos combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão mineral; ao crescimento da população mundial, cujas estimativas apontam para 15 bilhões de habitantes até 2050; e à elevação progressiva do nível de vida nos países emergentes (COUTO et al., 2012).

A utilização mais tradicional da biomassa florestal, que se caracteriza pela combustão direta de madeira, carvão vegetal e resíduos agrícolas, ainda mostra-se como a mais expressiva, ocorrendo principalmente em países menos desenvolvidos. Nos países desenvolvidos, e em desenvolvimento, verifica-se o crescimento da utilização de produtos processados a partir da biomassa, como é o caso dos pellets de madeira, como fonte geradora de energia.

2. OBJETIVOS

O presente estudo busca oferecer, com base na literatura existente, um panorama sobre a utilização de pellets de madeira para a geração de energia, abordando, de forma não exaustiva, os aspectos desse mercado e a situação de seus principais atores.

Os objetivos específicos são:

- Identificar a situação do mercado internacional de pellets e seus principais atores;
- Identificar a situação do mercado de pellets no Brasil;
- Avaliar o impacto do custo de transporte nos fluxos financeiros de uma hipotética fábrica de pellets no Brasil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biomassa

3.1.1 Definição

A biomassa é considerada uma fonte de energia renovável, visto que a sua reposição na natureza pode ser realizada de maneira controlada e em prazos relativamente curtos.

Denomina-se biomassa qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia térmica, elétrica ou mecânica, abrangendo tanto a matéria vegetal gerada pela fotossíntese e seus derivados, como resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e também a matéria orgânica contida em resíduos industriais e domésticos. Coelho (1982) define biomassa como sendo o conjunto de materiais orgânicos gerados por organismos autótrofos do reino vegetal (fitomassa) ou acumulados nos seres heterótrofos do reino animal (zoomassa).

A biomassa pode ser classificada com base na sua origem: a) biomassa florestal, que tem como fontes a madeira, folhas e raízes; b) biomassa agrícola, procedente de culturas como arroz, soja e cana-de-açúcar, entre outras; c) biomassa oriunda de rejeitos urbanos e industriais, abrangendo resíduos sólidos ou líquidos, como é o caso do lixo. Karekesi (2005), também classificam a biomassa em três categorias, a partir do tipo de tecnologia empregado na utilização energética: a) tecnologias tradicionais de uso da biomassa, que abrangem a combustão direta de madeira e de resíduos agrícolas, animais e urbanos usados para cocção, secagem e produção de carvão; b) tecnologias “aperfeiçoadas”, que abrangem técnicas mais eficientes de combustão direta de biomassa, como fornos e fogões; c) tecnologias modernas, nas quais estão inseridas as técnicas avançadas de conversão de biomassa em eletricidade e uso de biocombustíveis.

A biomassa aproveita indiretamente a energia solar, a qual é estocada pelas plantas na forma de carboidratos, por meio dos processos bioquímicos da fotossíntese (NARODOSLAWSKY, 2010), tais carboidratos podem ser transformados em biocombustíveis (sólidos, líquidos e gasosos), por sua vez, poderão ser queimados para produzir outros tipos de energia, incluindo a energia elétrica (GOLDEMBERG, 2009).

De acordo com Nogueira e Lora (2003), os biocombustíveis podem ser apresentados em três grupos principais: os biocombustíveis da madeira (dendrocombustíveis), os de plantações não florestais (agrocombustíveis) e os de resíduos urbanos. Para Brand (2010), é considerado como biocombustível todo o combustível derivado da biomassa, quer seja de origem florestal, agrícola, agroindustrial ou de resíduos urbanos.

O uso da biomassa como combustível ao longo de várias décadas é tido como um dos mais importantes propulsores do nosso desenvolvimento econômico e social (COUTO et al., 2004). Porém, a partir do século XVIII, a biomassa começou a perder relevância como fonte energética, ante a crescente utilização do carvão mineral, que passou a substituir gradativamente a lenha, que era até então a principal fonte de energia utilizada pelo homem. Com o advento do século XX, observou-se forte crescimento do uso do petróleo e do gás natural, o que contribuiu diretamente para a drástica redução do uso da biomassa, que permaneceu sendo utilizada praticamente por residências particulares em regiões agrícolas.

De acordo com a ANEEL, a biomassa residual ainda mostra-se pouco expressiva na matriz energética mundial, ao contrário do que ocorre com outras fontes naturais, como carvão, energia hidráulica ou petróleo. No entanto, as particularidades do cenário atual, centrado na sustentabilidade e na manutenção da qualidade de vida, e a premente necessidade de mudanças no modelo energético criam ambiente propício a um uso mais efetivo da biomassa, sobretudo a florestal, a qual possui potencial e características favoráveis para ser utilizada como fonte de energia limpa e renovável.

A biomassa é tão importante como referencial energético para as gerações futuras que se tornou objeto de estudo em diversos programas de pesquisas ao redor do planeta; estima-se que 56% das pesquisas sobre energias renováveis no mundo se referem à biomassa (MANZANO, 2013). Porém, como ocorre com as demais fontes de energia, há limitações no uso e na aplicabilidade da biomassa, que também compete com outras fontes renováveis de energia como a eólica, a solar e a das ondas do mar (McKENDRY, 2002a).

No Brasil particularmente, de acordo com Grauer (2001), a geração e produção de energia de biomassa deverá ser uma das principais alternativas para a

substituição do petróleo e seus derivados. Deve haver ênfase para a biomassa florestal destinada ao atendimento das demandas residenciais urbanas, rurais, do setor industrial, em especial a siderurgia, ressaltando a dependência da população de baixa renda do país por essa fonte de energia.

3.1.2 Biomassa Florestal

A biomassa de origem florestal é uma forma de energia limpa, renovável, equilibrada com o meio ambiente rural e urbano, geradora de empregos e criadora de tecnologia própria. Originada a partir da fotossíntese realizada pelas árvores e plantas, processo que se dá mediante a utilização de energia solar, água e gás carbônico (CO₂), com produção de compostos orgânicos e oxigênio, a biomassa florestal constitui-se numa fonte de energia inesgotável e com capacidade de se renovar continuamente ao longo do tempo, quando gerida de forma sustentável.

De acordo com Couto (2002), a biomassa florestal pode ser utilizada como fonte alternativa de energia, seja pela queima de madeira, como o carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de alcatrão, ácido pirolenhoso e outros produtos derivados. As principais fontes de materiais lignocelulósicos potencialmente utilizados para a geração de energia podem ser agrupadas como segue: a) material oriundo da colheita florestal, que é caracterizado por materiais diversificados de acordo com as técnicas de silviculturas e de colheita utilizadas; b) materiais provenientes das indústrias de transformação, que por sua vez são concentrados localmente e relativamente heterogêneos e c) materiais provenientes de florestas plantadas, destinadas especificamente para a utilização energética (COUTO, 2004).

Em relação às florestas plantadas, Soares Filho (2002) também destacam que a biomassa pertinente pode ser utilizada como fonte de energia limpa e renovável. A madeira proveniente dessas florestas, utilizada para a geração de energia, possui duas vantagens relevantes: baixa emissão de enxofre quando comparada com os combustíveis fósseis; e a emissão de CO₂ resultante da queima do material é compensada pela absorção deste pela própria floresta durante o seu crescimento (COUTO, 2004).

Até gerações atrás, a lenha foi a principal fonte de energia na vida cotidiana, sendo utilizada para cozinhar e aquecer as residências, mesmo em países desenvolvidos (HALL, 2003). Atualmente, de um total de 4 bilhões de m³ de madeira consumidos anualmente no mundo, cerca de 55% são utilizados na forma de lenha ou de carvão, como fonte de energia para o cozimento dos alimentos ou aquecimento de residências, principalmente nos países em desenvolvimento. De acordo com a FAO, cerca de dois bilhões de pessoas dependem da madeira, na forma de lenha ou de carvão vegetal, para a sua sobrevivência (TROSSERO, 2002).

A biomassa sólida, composta, em grande parte, por produtos à base de madeira (lenha, pellets, briquetes etc.) vem aumentando sua participação na matriz da Europa, ao lado de outras fontes renováveis de energia. Lauri (2014) estima que a biomassa florestal possa suprir até 18% das necessidades de energia primária no mundo em 2050, entretanto, um dos desafios será reduzir ou controlar o custo de transporte dessa biomassa.

De modo geral, a biomassa florestal é direcionada ao uso direto de seus produtos tradicionais, como carvão vegetal e a lenha. No entanto, também pode ser utilizada para a elaboração de produtos com maior rendimento energético, como é o caso dos pellets de madeira, por meio da técnica de densificação. Esses produtos podem ser elaborados a partir de resíduos agroflorestais e da indústria moveleira, resíduos sólidos urbanos e, principalmente, materiais oriundos das florestas energéticas. Borin (2012) ressalta que, além da madeira, também é possível se produzir pellets energéticos a partir de várias outras biomassas, como a cana-de-açúcar, o bambu, a casca do arroz, a parte aérea da mandioca e as gramíneas, como capim elefante.

No tocante ao Brasil, a biomassa florestal é uma das vertentes abordadas no Plano Nacional de Agroenergia e nas Diretrizes de Política de Agroenergia, ambos os documentos elaborados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em parceria com outras instituições. As prioridades para essa vertente são o desenvolvimento de novas tecnologias para o aproveitamento de resíduos florestais, o melhoramento genético da produção silvícola, otimização da tecnologia de transformação da biomassa em produtos de maior valor agregado e maior eficiência energética.

Uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos lenhosos e florestais no Brasil é o desenvolvimento de Centros de Recolhimento e Processamento de Biomassa Residual, que podem contribuir para reduzir a dependência energética nacional aos combustíveis fósseis, contribuir para o cumprimento das metas estabelecidas para a redução da dependência em energias não renováveis e para o aumento da eficiência energética (BRASIL, 2006).

3.2 Pellets De Madeira

3.2.1 Definição

A Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa (ABIB), define o pellet de madeira como sendo um biocombustível granulado, produzido a partir de biomassa vegetal (florestal, industrial e agroindustrial) moída e compactada em alta pressão, possuindo alto poder calorífico e boa resistência mecânica (Figura 1).



Fonte: Google imagens.

Figura 1: Pellet de madeira

De acordo com QUÉNO (2015), o pellet é um biocombustível granulado à base de biomassa vegetal moída e compactada em alta pressão, que provoca a transformação dos componentes lignocelulósicos sob efeito do calor gerado pela fricção na passagem pelos furos da matriz, o que resulta em um produto adensado de alto poder calorífico e boa resistência mecânica.

Carvalho (2011) ressalta que os pellets são uma fonte de energia renovável, limpa e eficiente, resultando em um combustível sólido a partir de biomassa florestal e de resíduos gerados no processamento da madeira, permitindo uma combustão com pouca fumaça, e liberando menos monóxido e dióxido de carbono do que qualquer combustível fóssil.

3.2.2 Produção de Pellets de Madeira

3.2.2.1 Visão Geral

O Canadá e os Estados Unidos contam com 241 plantas produtoras de pellets, existentes ou em construção, com potencial de produção total estimado em 27 milhões de toneladas, sendo capazes de acompanhar o alto crescimento da demanda europeia (BIOMASS MAGAZINE, 2015). Mendell e Lang (2013) calcularam que, mesmo com crescimento alto da produção de pellets e de outros usos energéticos da biomassa florestal nos Estados Unidos, a disponibilidade de madeira para outros fins não será afetada. Eles estimaram que os usos energéticos da produção florestal representarão de 4% a 9% do consumo total anual de madeira no país em 2023. Os autores ressaltam, ainda, que 55% dos novos projetos de fábricas de pellets nos Estados Unidos são para atender aos mercados externos, sendo que, especificamente no sul do país, 93% dos projetos são para atender à demanda europeia.

Por meio das estatísticas da FAO é possível saber, com boa precisão, a evolução da produção mundial de pellets e dos fluxos entre países, bem como conhecer os maiores produtores e os principais importadores, e também estimar as tendências (QUÉNO, 2015). Em 2014, a União Europeia foi responsável por 60% da produção mundial, seguida pela América do Norte, com 33% (QUÉNO, 2015). Os dados estatísticos FAO apontam que a produção global de pellet alcançou 28,1 milhões de toneladas em 2015, o que representa um aumento de quase 18% em relação aos volumes de 2013. Tomando-se por base o ano de 2014, o Quadro 1, a seguir, apresenta os principais países produtores de pellets e as respectivas taxas de crescimento anual da produção.

Quadro 1. Produção (t) de pellets, em 2014 e crescimento anual (%) dos principais países produtores.

Ranking	País	Produção anual (t)	Crescimento anual (%)
1	Estados Unidos	6.900.000	21%
2	Alemanha	2.078.027	-6%
3	Canadá	1.900.000	6%
4	Suécia	1.577.000	4%
5	Letônia	1.280.000	17%
6	França	1.200.000	35%
7	Áustria	945.000	-2%
8	Rússia	891.500	31%
9	Romênia	810.000	56%
10	Vietnã	800.000	371%
11	Portugal	800.000	0%
12	Estônia	720.000	18%
13	Ucrânia	705.900	0%
14	Polônia	620.000	3%
15	Itália	450.000	13%
16	China	400.000	100%
17	Bélgica	390.000	0%
18	Espanha	350.000	0%
19	Reino Unido	334.970	11%
20	Finlândia	324.000	20%
21	Holanda	300.000	0%
22	Lituânia	250.000	-13%
23	Sérvia	212.000	27%
24	Bósnia	200.000	9%
25	Croácia	190.000	0%
26	Malásia	180.000	112%
27	Suíça	168.000	0%
28	República tcheca	165.000	0%
29	Bulgária	120.000	0%
30	Eslovênia	100.000	11%
31	Eslováquia	100.000	9%
32	Dinamarca	92.000	0%
33	Japão	90.000	0%
34	Indonésia	80.000	100%
35	África do Sul	75.000	0%
36	Brasil	62.000	18%

Fonte: FAO, 2015.

Observa-se que a América do Norte domina o mercado mundial, a Europa Ocidental representa os principais países consumidores cuja produção é destinada para o mercado interno e que são limitados em capacidade de produzir, os países da Europa do Norte, da Escandinávia e a Rússia, possuem grande capacidade de produção e exportação, e, finalmente, os países do sudeste asiático, que começam a produzir com alta taxa de crescimento anual (QUÉNO, 2015).

Em 2014, os Estados Unidos e o Canadá, com taxas de crescimento anual de 21% e 6%, respectivamente, produziram 8,8 milhões de toneladas; e as exportações norte-americanas subiram 39% em relação a 2013. Lamers (2012) relata que mais de 90% da produção de pellet do Canadá localiza-se na província de Colúmbia Britânica, do lado da costa do Pacífico, o que encarece as exportações para Europa.

Quanto às implantações industriais nos Estados Unidos (Figura 2), estão se realizando na região sudeste, perto da costa do Golfo do México, com a vantagem de ser mais perto da Europa e, conseqüentemente, ter um custo de transporte mais competitivo, se comparado ao da Colúmbia Britânica.

Fonte: Google imagens.



Figura 2: Fábrica de pellets *Bear Mountain Forest Products* – USA.

Com relação à Europa, a produção de pellets de madeira começou na década de 1980, na Suécia. Nunes et al. (2016) indicam que atualmente existem cerca de 670 fábricas de produção de pellets ativas na Europa (Figura 3), sendo 30% pequenas produções.

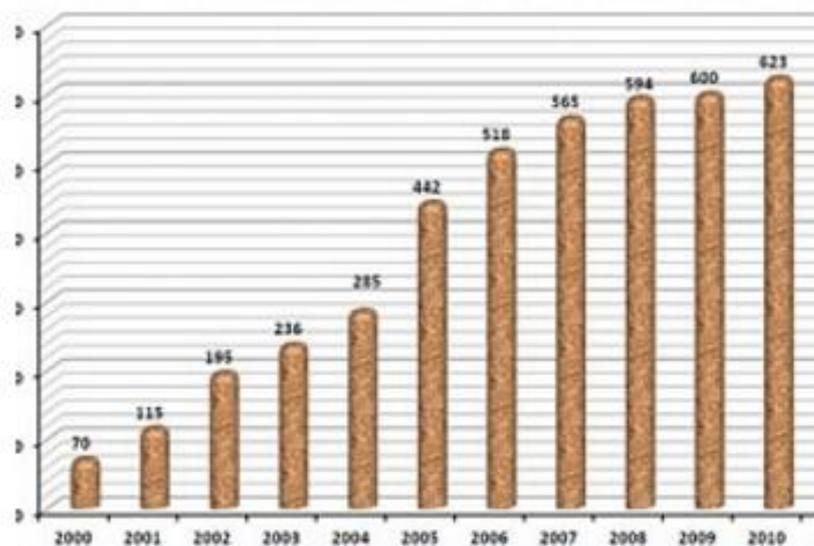


Figura 3: Plantas industriais de Pellets na Europa até 2010.

A ABIB (2014) relacionou as maiores fábricas de pellets do mundo em janeiro/2013, considerando aquelas com produção superior a 200 mil toneladas por ano (Quadro 2).

Quadro 2: Plantas de produção de pellets no mundo, com capacidade de produção acima de 200.000 t/a (janeiro/2013).

País	Companhia	Cidade	Capacidade Produção (t/a)	Situação
RU	Vyborskay Cellose	Leningrad Region	900.000	Operação
US	Georgia Biomass	Waycross	800.000	Operação
US	German Pellet Texas	Woodville	578.000	Fase Final
US	Green Circle	Cottondale	550.000	Operação
US	Enviva	Courtland	550.000	Projeto
CA	Protocol Biomass	Prescott	500.000	Projeto
US	Enviva	Northampton	500.000	Operação
CA	Pinnacle Pellet	Burns Lake	400.000	Operação
US	Point Bio Energy	Greater Baton Rouge	400.000	Projeto
US	Enviva	Hertford	380.000	Operação
CA	Pacific BioEnergy	Prince George	360.000	Operação
CA	Atlantic Fiber Resources	Chandler	260.000	Projeto
DE	German Pellets	Herbrechtingen	256.000	Operação
DE	German Pellets	Wismar	256.000	Operação
FR	Erscia France	Sardy-Les-Epiry	250.000	Operação
RU	SP Akraim	Khabarovsk	250.000	Operação
US	FRAM	Appling County	220.000	Operação
CA	Pinnacle Pellet Meadowbank	Strathnaver	200.000	Operação
IN	Ankit	Bengaluru	200.000	Operação
CN	Hongyi Biofuels	Linyi, Shandong	200.000	Operação
CN	Wanyou Bioenergy	Yiyang, Hunan	200.000	Operação

Fonte: ABIB e Bioenergy International, pellet map, January 2013

Segundo a ABIPEL, até 2013 o Brasil contava com 14 indústrias, das quais 11 se encontravam em atividade, produzindo pellets com os mais variados tipos de biomassa (madeira, bagaço de cana, casca de arroz, casca de coco etc.) e as outras 3 empresas (destacadas em azul) ainda estavam em fase final de construção, conforme Figura 4.

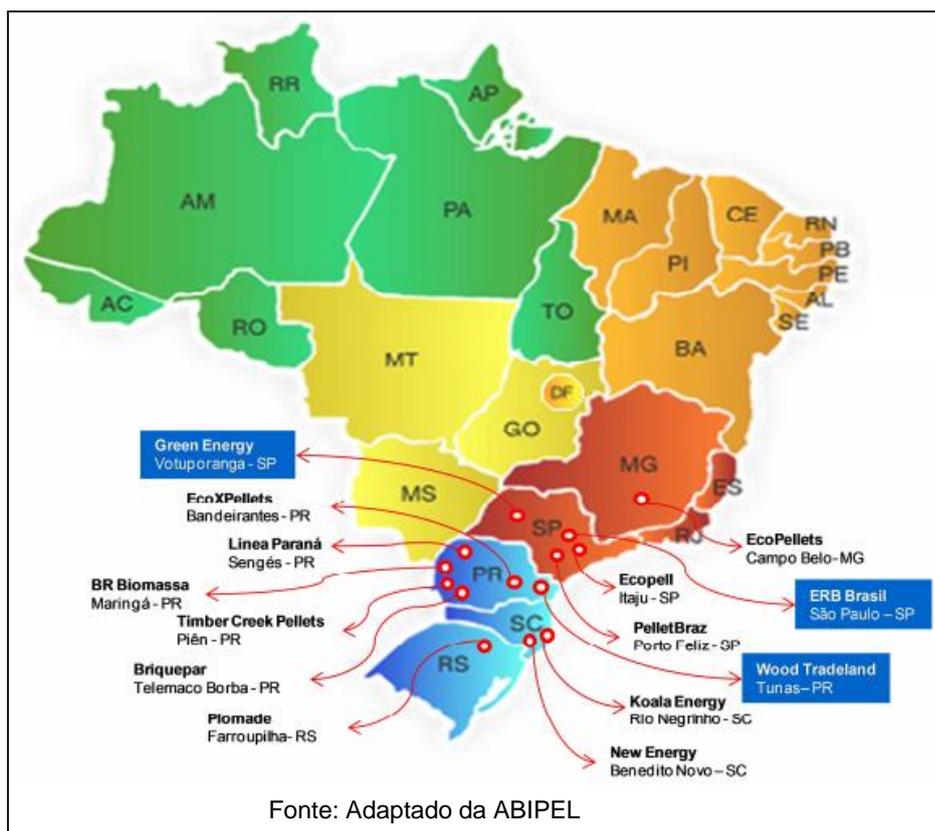


Figura 4: Localização das plantas de pellets no Brasil (2013).

3.2.2.2 Processo Produtivo

Os primeiros processos de peletização de madeira ocorreram nos Estados Unidos a partir da década de 1930. Após a grande depressão de 1929, um engenheiro da companhia madeireira Potlatch Forest Industries (Robert T. Bowling) desenvolveu um combustível barato, feito a partir da prensagem de serragens, aparas e cavacos, capaz de substituir o carvão mineral (QUÉNO, 2015). O biocombustível inventado por Bowling, chamado “pres-to-log”, parecido com o briquete atual, caracteriza-se por um alto teor de energia e uma queima lenta e limpa.

O pellet na forma que conhecemos hoje, surgiu na década de 1970, no estado norte-americano de Washington, durante a crise do petróleo da época (1973 / 1974). O objetivo foi o de substituir o óleo de petróleo por um biocombustível melhorado e com alta qualidade energética. Já em 1988, um engenheiro aeronáutico da Companhia Boeing (Dr Jerry Whitfiel), inventou o sistema de abastecimento automático dos fogões e, a partir de então, iniciou-se a expansão no mundo inteiro, do uso do pellet na calefação residencial (OPALCO, 2014).

Com o passar do tempo a tecnologia de produção de pellets se aperfeiçoou permitindo o aproveitamento de várias partes da biomassa florestal. A produtividade das fábricas aumentou gerando menor custo de produção em escala, tornando-se competitivo frente às outras fontes de energia (TROMBORG, 2013).

Atualmente, a produção de pellet emprega várias fontes possíveis de matéria-prima que vêm evoluindo em função da demanda crescente do mercado mundial, da industrialização dos processos de produção e da acumulação de capital necessário para atingir uma economia de escala (HOEFNAGELS, 2014). A necessidade de produzir pellets devidamente adequados às características dos usuários finais ressalta a importância que os fabricantes devem dispensar ao processo fabril, principalmente em relação à seleção da matéria-prima a ser utilizada. No caso dos pellets destinados ao uso doméstico, por exemplo, mostra-se conveniente que os produtos sejam fabricados, preferencialmente, com madeira natural, devidamente inspecionada e, se possível, oriunda de reflorestamentos.

O processo produtivo se inicia com definição da biomassa, ou seja, escolha da matéria-prima, considerando, dentre outros aspectos, a sua procedência (industrial ou florestal) e a destinação final dos pellets (se para utilização na indústria ou se para uso doméstico). Rasga (2013) destaca oito estágios-chave na produção de pellets de madeira: armazenamento (da matéria-prima e dos pellets), limpeza, secagem, moagem, pelletização, resfriamento, peneiração e distribuição.

Couto et al (2004) ressaltam que no processo de pelletização a madeira crua é transformada em um produto homogêneo (pellet), com maior densidade energética, menor teor de umidade, com forma cilíndrica e tamanho uniforme, facilitando o seu transporte, manuseio e utilização. Segundo Oliveira (2015), no

processo produtivo se observam, de modo geral, as etapas e procedimentos apresentados na Figura 5.

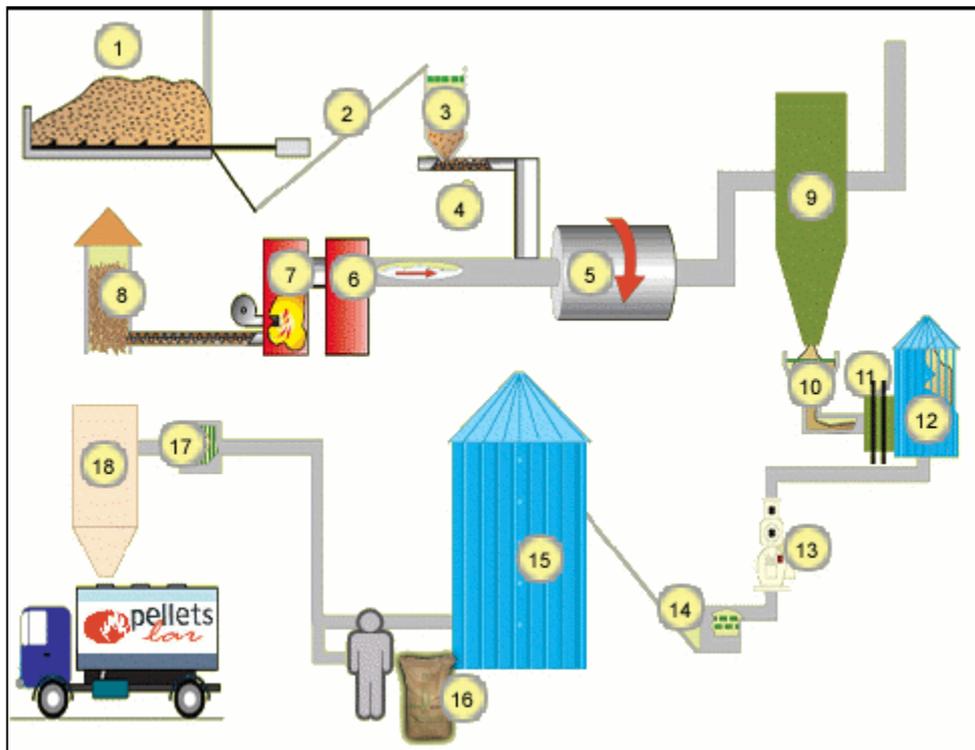


Figura 5: Processo de fabricação dos pellets.

- 1 – Recepção da matéria-prima que será utilizada no processo.
- 2 – Por meio de um transportador de correia, o material é levado a um silo.
- 3 – Limpeza primária: ao passar pelo silo, realiza-se a primeira limpeza da biomassa para retirada das impurezas ou objetos estranhos que possam estar misturados à matéria-prima.
- 4 – Regulagem da quantidade de matéria-prima que será transportada para o secador.
- 5 – Ajuste da umidade da matéria-prima: o secador de tambor retira a umidade da matéria-prima, através de movimentos circulares e ação do ar quente, deixando a umidade entre 10 a 12%. Como a matéria-prima costuma apresentar um conteúdo de umidade superior a 50%, torna-se necessário, antes da sua utilização, reduzir o teor de umidade, sendo esta a etapa que consome mais energia na produção de pellets.

6 - Recuperador de cinzas da queima do combustível: fase em que ocorre a remoção da pequena quantidade de cinzas gerada pela combustão da madeira.

7 – Geração de calor para a secagem da matéria-prima: por meio da combustão de resíduos da madeira, a estufa gera o ar quente a ser utilizado no processo de secagem.

8 - Silo de material usado para combustível: local onde se armazenam os resíduos e partículas com geometrias irregulares (não são apropriados para a fabricação dos pellets) e que serão queimados na estufa de secagem.

9 - Ciclone separador por vapor: local onde ocorre o ajuste da umidade, de modo a deixar todas as partículas de madeira com o mesmo teor de umidade. O ar quente é forçado a passar pelas partículas, removendo a umidade.

10 – Realização da limpeza secundária da matéria-prima com a finalidade de garantir uma melhor qualidade aos pellets. Nessa etapa, eventuais resíduos são retirados do processo.

11 - Redimensionamento da matéria-prima: fase na qual ocorre a homogeneização e estabilização da matéria-prima a ser compactada e que tem por finalidade garantir um produto com características uniformes (normalmente o mercado requer que o pellet possua uma superfície externa lisa e muito resistente à abrasão, brilhante e com uma boa resistência mecânica). Nessa etapa o material é triturado e reduzido a partículas com tamanho máximo 2mm, por meio do picador e triturador de partículas finas.

12 - Estoque de material homogeneizado: silo contendo material com umidade e tamanho desejados, pronto para densificação.

13 – Peletização: processo de prensagem do material e formação dos pellets. Por meio de prensas granuladoras (peletizadoras), a matéria-prima é compactada em condições de alta temperatura e pressão e cortada, formando pellets com as dimensões pré-definidas.

14 - Resfriamento e acomodação dos pellets. Essa é uma fase muito importante, porque os pellets saem com uma temperatura em torno de 95°C e devem chegar lentamente à temperatura ambiente, para não interferir nas propriedades mecânicas do produto.

15 - Silo de pellets prontos: local onde são armazenados os produtos finalizados e prontos para venda.

16 - Ensacamento por aspirador e gravidade: o produto é embalado e disponibilizado para ser distribuído nos pontos de vendas.

17 - Preparação do silo de carga: limpeza do silo e da esteira que irá transportar os pellets para o seu interior.

18 - Silo de carga: compartimento utilizado para carregar os caminhões que transportarão os pellets aos seus destinatários.

Considerando apenas a produção com o uso de madeiras, Nielsen et al (2009) identificaram que se consome mais energia para a produção de pellets a partir de folhosas (eucalipto) do que com a utilização de coníferas (pinus), principalmente por apresentar menos lignina e mais sílica em sua composição, concluindo que os extrativos atuam como um lubrificante. De acordo com Garcia (2010) o processo de peletização com eucalipto requer a adição de ligantes naturais, como o amido de milho ou batata, melado, óleo vegetal, entre outros, a fim de reduzir o atrito nas extrusoras e, conseqüentemente, aumentar a vida útil das matrizes.

3.2.3 Normatização e Especificações Técnicas

Os pellets podem ser produzidos a partir de qualquer biomassa; logo há o risco de se produzir pellets energéticos a partir de resíduos ou madeira contendo verniz, cola, tinta e outras impurezas, o que pode tornar o produto potencialmente tóxico. Além disso, há madeiras que são naturalmente tóxicas e podem ser prejudiciais para os seres humanos e animais (BORIN, 2013), que podem gerar produtos não adequados para o uso doméstico.

Para que possam atender com adequação e segurança as necessidades dos consumidores, os pellets devem seguir às especificações técnicas impostas pela certificação em vigor, o que também vai permitir que possam ser comercializados nos principais mercados. A certificação é um meio eficaz de garantir a confiabilidade dos produtos de uma indústria produtora, contribuindo para atrair e manter novos clientes e para melhorar sua qualidade de produção, em virtude dos controles regulatórios exigidos, serve também para balizar seu nível de produção e oferta, considerando os preços que o mercado pratica conforme a classificação emanada pelas normas.

Ao observar estritamente as orientações e especificações técnicas contidas nos normativos, as indústrias podem seguramente padronizar seu processo fabril, criando produtos perfeitamente adequados a cada tipo de consumidor (indústria, comércio ou uso doméstico), de modo a atender com qualidade e segurança as necessidades e exigências do mercado. Em recente artigo, Lamers et al. (2012) distinguem, nos volumes comercializados no mundo, os pellets marrons, que são utilizados nos processos industriais, e os pellets brancos, elaborados com biomassa minuciosamente controlada, e que são destinados ao uso doméstico. De acordo com Hughes et al. (2014), uma empresa consegue demonstrar liderança de mercado e criar vantagem competitiva mediante a aplicação rigorosa das normas em sua produção.

As normas representam, um instrumento importante para os fabricantes de equipamentos destinados à conversão energética de pellets, pois a utilização de produto certificado é essencial para o funcionamento, desempenho e durabilidade dos equipamentos, bem como para garantir a produção de biocombustíveis com os parâmetros e qualidade requeridos. Para os consumidores a certificação serve para comprovar o cumprimento das normas, o que lhes permite fazer a escolha que melhor atenda aos requisitos do sistema de aquecimento de sua residência, de seu comércio ou para as necessidades de sua indústria, garantindo-lhes uma energia com o custo controlado (SOPHA & KLÖCKNER, 2011).

Os normativos estabelecem determinadas exigências (valores mínimos e máximos e demais parâmetros determinantes da qualidade de um pellet), protocolos (métodos para a determinação desses valores e parâmetros, bem como da própria organização da produção dos pellets), e especificações técnicas (documentação com a descrição das exigências técnicas que um pellet deverá satisfazer). Conforme Verhoest e Ryckmans (2012), as normas asseguram um padrão de qualidade para esse biocombustível em conformidade com critérios técnicos e ambientais, associando um conjunto de diferentes atores envolvidos direta ou indiretamente nessa cadeia energética, sejam produtores, consumidores e fabricantes de equipamentos. Uma padronização eficaz promove a concorrência forte entre empresas e aumenta a lucratividade dos investidores potenciais (PELLETATLAS, 2009).

Os valores medidos e definidos pelas normas de fabricação de pellets são, na maioria, vinculados diretamente à qualidade da combustão do produto. De acordo com Alakangas (2009 a 2010), normalmente são regulamentados os seguintes pontos:

- dimensões, diâmetro e comprimento (mm);
- teor de umidade (%);
- teor de cinzas (%);
- resistência mecânica do pellet à compressão e ao choque (% da massa);
- teor de finos (% da massa);
- poder calorífico inferior (PCI) expresso em megajoule por quilograma (MJ/kg), ou por kWh por tonelada (kWh/t);
- massa volúmica aparente ou densidade a granel expressa (kg/m³);
- teores de enxofre (S), cloro (Cl) e nitrogênio (N) (% do produto seco);
- temperatura de deformação das cinzas (C°);
- teores de metais pesados: arsênico (As), cobre (Cu), cromo (Cr), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) (mg/kg).

De acordo com Quéno (2015), a normalização da produção de pellets se concretizou com a adoção de normas internacionais, o que possibilitou a certificação de qualidade deste biocombustível sólido, conferindo garantia ao consumidor em nível de energia, conforto e praticidade. A normatização também vem sendo utilizada, e cada vez com maior frequência, como um meio para se alcançar a redução dos custos da produção e do produto final.

Dentre os normativos internacionais existentes destacam-se as normas europeias DINplus (Alemanha), ENplus (Europa) e NF (França). Nos Estados Unidos a normatização tem sido estabelecida pelo Pellet Fuel Institute (PFI). A equivalência entre os principais parâmetros das normas europeias EN 14961-2, NF (França) e DIN Plus (Alemanha), pode ser observada no quadro 3.

Quadro 3. Equivalências entre as normas ENplus, NF e DINplus.

Datas dos textos	Unidades	Norma europeia EN 14961-2 agosto 2010			Norma francesa NF Biocombustíveis sólidos - 2012		Norma alemã DINplus - Abril 2010
		EN Plus A1	EN Plus A2	EN Plus B	Madeira de qualidade de alto desempenho	Madeira de qualidade standard	
Diâmetro D e comprimento L	mm	D= 6±1 D= 8±1 3,15 ≤ L ≤ 40	D= 6±1 D= 8±1 3,15 ≤ L ≤ 40	D= 6±1 D= 8±1 3,15 ≤ L ≤ 40	D= 6±1 3,15 ≤ L ≤ 40	D= 6±1 D= 8±1 3,15 ≤ L ≤ 40	D= 6±1 D= 8±1 3,15 ≤ L ≤ 40
Umidade, M	% do produto úmido	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%	< 10%
Cinzas, A	% do produto seco	≤ 0,7%	≤ 1,5%	≤ 3,0%	≤ 0,7%	≤ 1,5%	≤ 0,7%
Durabilidade mecânica, DU	% da massa	≥ 97,5%	≥ 97,5%	≥ 97,5%	≥ 97,5%	≥ 97,5%	≥ 97,5%
Quantidade de finos (F)	% da massa	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%
Aditivos, c	% do produto seco	< 2%	< 2%	< 2%	< 2%	< 2%	< 2%
Poder calorífico inferior, Q	Na recepção, MJ/kg	16,5 ≤ Q ≤ 19	16,3 ≤ Q ≤ 19	16,0 ≤ Q ≤ 19	≥ 16,5	≥ 16,5	16,5 ≤ Q ≤ 19
Densidade a granel, BD	Kg/m ³	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
Nitrogênio, N	% produto seco	< 0,3%	< 0,5%	< 1,0%	< 0,3%	< 0,5%	< 0,3%
Enxofre, S	% produto seco	< 0,03%	< 0,03%	< 0,04%	< 0,03%	< 0,03%	< 0,03%
Cloro, Cl	% produto seco	< 0,02%	< 0,02%	< 0,03%	< 0,02%	< 0,02%	< 0,02%

3.2.3.1 Norma Alemã (DINplus)

A norma DINplus é a última norma alemã a entrar em vigor. Ela baseia-se numa gestão de qualidade interna e periódica nas fábricas de pellets, associada a alguns controles externos sem aviso prévio. Esse sistema de certificação foi desenvolvido pela DIN CERTCO (entidade alemã reguladora da certificação), em 2002, tendo por base a certificação DIN 51731 (também alemã) e o normativo ÖNORM M 7135 (austríaco). O selo DINplus, além de representar um padrão de alta qualidade para as fábricas de pellets de madeira, se tornou, depois de alguns anos, a norma de referência imposta pela maioria dos fabricantes de fogões residenciais, industriais e de caldeiras. De acordo com a Embrapa Agroenergia (2012), a certificação DINplus contribuiu para a promoção do mercado de pellets residenciais na Alemanha, sendo hoje o mais importante rótulo de qualidade para pellets de madeira em todo o mundo.

O Quadro 4, a seguir, apresenta um comparativo entre alguns parâmetros da certificação DINplus e das normas que a embasaram; DIN 51731 e ÖNORM M 7135:

Quadro 4: Parâmetros dos pellets – norma DINplus

Parâmetro	Unidade	DIN plus	DIN 51731	ÖNORM M 7135
Diâmetro	milímetros	4 ~ 10	4 ~ 10	4 ~ 10
comprimento	/	<5 × D	<50mm	<5 × D
Densidade aparente	Kg / dm ³	> 1.12	1.0 - 1.4	> 1.12
Valor de calor	MJ / kg	> 18	17,5-19,5	> 18
Conteúdo de umidade	%	10	12	10
Abrasão	%	<2,3	/	<2,3
Conteúdo de cinzas	%	<0,5	<1,5	<0,5
Conteúdo de cloro	%	<0.02	<0.03	<0.02
Conteúdo de enxofre	%	<0.04	<0.08	<0.04
Teor de nitrogênio	%	<0,3	<0,3	<0,3
Metais pesados	%	regulamentado	regulamentado	Não regulamentado

3.2.3.2 Norma Européia (ENplus)

O sistema de certificação ENplus tem por objetivo garantir o fornecimento de pellets de madeira com qualidade bem definida e estáveis para as instalações de aquecimento e de energia de até 1MW, em edifícios privados, comerciais e públicos. Além de cumprir as disposições ISO 17225-2, o selo ENplus representa baixas emissões e aquecimento sem problemas e com alto valor energético. Os pellets certificados ENplus representam 65% do mercado europeu; na Alemanha e na Áustria, onde o mercado é mais exigente, essa porcentagem sobe para até 90% do mercado (RAKOS, 2015).

A Certificação Européia inclui, entre outros, os seguintes pontos importantes: requisitos para a produção e para o controle de qualidade de pellets de madeira; requisitos do produto; requisitos para rotulagem, logística e armazenamento; e requisitos para a entrega ao consumidor final. As especificações para o controle interno de qualidade, por exemplo, formuladas com base na norma ISO9001, visam assegurar que todos os requisitos complexos do produto sejam cumpridos. O sistema define os requisitos de meios técnicos, de procedimentos operacionais e documentação.

A normalização europeia, promovida pelo Comité Européen de Normalisation (CEN), busca estimular a integração de todos os atores envolvidos na cadeia produtiva dos biocombustíveis sólidos, dos produtores florestais, e até mesmo as empresas instaladoras de sistema de aquecimento residencial, tendo como principal objetivo montar uma estrutura, em torno dos biocombustíveis sólidos, capaz de oferecer uma energia ao menor custo, com impactos ecológicos controlados e com segurança para o consumidor final (EPC, 2013).

Com o aumento do comércio internacional e a importação de produtos de diversos países que não pertencem à União Europeia, o benefício da norma ENplus é observado claramente no sentido de garantir ao consumidor a qualidade do biocombustível que ele usa na calefação de sua própria habitação (RAKOS, 2015).

3.2.3.3 Norma Francesa (NF)

A certificação NF Granulés (NF) é a mais recente norma de qualidade francesa para os pellets à base de biomassa florestal e de origem agrícola. O normativo enfatiza o controle da qualidade dos produtos, e possui medidas de controle mais regulares que outras normas dos países europeus. O normativo exige, por exemplo, que seja feita a aferição de todos os parâmetros de qualidade dos pellets a cada quatro horas ou cada 8 toneladas de pellets produzidos.

Quéno (2015) assinala que a norma NF possui cinco classes de pellets; sendo três referentes aos produtos madeireiros e duas para os produtos agrícolas. Isto se explica porque a França tem forte tradição agrícola e produz grande quantidade de palhas e de resíduos de pomares e viníferas que, potencialmente, podem ser valorizados na forma de pellets.

De acordo com Quéno (2015), enquanto a exploração florestal na Alemanha e na Áustria está focada essencialmente em espécies coníferas que produzem um biocombustível com menos cinzas do que das folhosas, os países do sul da Europa, como é o caso da França, têm florestas em boa parte temperadas ricas e diversificadas em espécies folhosas, cujos subprodutos podem entrar na composição dos pellets e por conta disso necessitam adaptar as normas nórdicas. As três classes da norma francesa podem ser divididas em: madeira de qualidade com alto desempenho, para pellets de coníferas sem casca; madeira qualidade

standard, para biocombustíveis à base de folhosas e madeira qualidade industrial, para que integram resíduos da indústria madeireira com bastante casca.

Os biocombustíveis sólidos derivados das biomassas de origem agrícola produzem mais cinzas quando queimados e causam problemas na manutenção das instalações de combustão (NILSSON et al, 2011), por conta disso não podem ser utilizados em aquecimento residencial, ficando restritos às caldeiras industriais, alcançando, por isso, menor valor no mercado. Na Ucrânia, por exemplo, que é um grande produtor de cereais e poderia produzir grande quantidade de agropellets, o preço da tonelada de pellet, em dezembro de 2013, foi de R\$ 311,00 (para pellets de madeira), R\$ 290,15 (pellets à base de palha) e R\$ 188,00 (pellets à base de cascas agrícolas).

3.2.3.4 Norma Norte-americana (PFI)

Nos Estados Unidos, maior produtor de pellets, com 184 fábricas em produção, para um total de quase sete milhões de toneladas por ano (REN21, 2015); o “Pellet Fuel Institute” (PFI) tem estabelecido um conjunto de normas para o combustível pellet de madeira, o qual conta com um robusto programa de monitoramento e supervisão dos produtores ao longo do ano, o que confere um maior nível de garantia que um simples selo de conformidade (PFI, 2011). No entanto, há uma percepção de que as exigências da norma americana são aparentemente menores que as européias, pois na NFI não há referência aos teores de enxofre e nitrogênio, assim como não há a indicação do poder calorífico (QUÉNO, 2015).

Os programas das normas ENplus e PFI apresentarem muitas semelhanças, no entanto a norma européia requer, apenas, uma única auditoria por ano e uma amostra de auditoria para verificar o cumprimento das exigências; por outro lado, a ENplus está focada em toda a cadeia de fornecimento, incluindo o produtor até toda a rede de distribuição, enquanto o Programa PFI Standards está focado apenas na produção (PFI 2015).

Com relação ao Brasil, particularmente, onde o mercado de pellets de madeira com fins energéticos tem pouco mais que dez anos, não há normas para padronização e caracterização dos pellets de madeira e, por conta disso, algumas

normas brasileiras específicas para briquetes e carvão vegetal são adaptadas para a utilização em pellets (Garcia, 2013).

3.2.4 Custo de Produção do Pellet

A produção industrial de pellets envolve diversos fatores específicos como capacidade instalada, tipo e sazonalidade da matéria prima, qualidade das matrizes, processo de secagem e logística, dentre outros. A viabilidade e a competitividade de uma fábrica de pellets dependem, em grande parte, da otimização desses fatores, os quais influenciam diretamente o layout e a localização das instalações, a qualidade dos produtos e, principalmente, os custos finais de produção (ECOHEATER, 2007).

Estudos realizados pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) mostraram que a competitividade da indústria brasileira de pellets é uma das mais baixas do mundo; foram analisados dados econômicos, políticos e tecnológicos de 43 países e o Brasil ficou na 37ª posição (REMADE, 2013). Dentre os fatores que elevam o custo da produção de pellets e fazem com que as indústrias brasileiras não consigam competir com as empresas dos Estados Unidos e do Canadá destacam-se, também, os relacionados a transporte e distribuição:

- A América do Norte possui diversas madeiras de grande porte que produzem muitos resíduos que são vendidos às indústrias de pellets a baixo custo. Além disso, as indústrias de pellets são conectadas às indústrias madeiras, favorecendo o baixo custo do transporte de matéria prima;
- A cadeia norte-americana de distribuição dos pellets do tipo industrial é otimizada; caminhões tanques, de grande capacidade, distribuem o biocombustível às indústrias e também os levam até grandes armazéns estrategicamente estruturados e posicionados próximo aos portos de embarque. Uma pesquisa mostrou uma diferença de U\$ 80 dólares por tonelada no preço dos fretes, comparando a cidade de Sorriso (MT) e o estado de Illinois (considerado o maior produtor de grãos dos Estados Unidos);
- Os Estados Unidos possuem eficiente modal logístico: a rede ferroviária, as hidrovias e as rodovias estão interligadas com as indústrias e os portos. As

ferrovias movimentam 35% de toda a carga transportada no país e 15% são transportados por hidrovias. Seus portos são os mais modernos do mundo.

3.2.5 Estudo Realizado sobre o Custo da Produção de Pellets no Brasil

De acordo com Quéno (2015), o custo do pellet pode ser dividido em três grandes linhas, a saber: Custo da matéria prima - que é a soma do custo de aquisição dos insumos e do custo de transporte até a usina de pelletização; Custo de pelletização – o qual é composto pelos custos fixos e pelos custos variáveis operacionais (mão de obra, energia etc.); e o Custo de Transporte – custo para transportar a matéria-prima até a fábrica e o produto da fábrica até o comprador.

Com o objetivo de estabelecer uma grade do custo médio dos pellets para o Brasil, Quéno (2015) simulou o desempenho financeiro de uma fábrica hipotética. No estudo foram levantados, especificamente, os principais elementos do custo de produção das indústrias de pellets, os quais serviram de base para duas simulações: uma em que a empresa vende a totalidade da sua produção para o mercado interno e outra em que a produção é totalmente destinada ao mercado externo.

As planilhas de fluxo de caixa do referido estudo serviram para evidenciar, para cada uma das simulações, os principais fatores que afetam o risco do investimento e o próprio negócio. O estudo apontou, também, que o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) da empresa que opta para exportar toda a sua produção são bem melhores que os indicadores referentes à empresa focada no mercado interno.

A venda no mercado interno é fortemente impactada pelo alto custo tributário do Brasil; a incidência de impostos diretos como INSS (2,85%), PIS (1,65%), CONFINS (7,4%) e o ICMS afetam diretamente o resultado final da operação. Com relação às vendas ao exterior, Quéno (2015) aponta que a qualidade da produção brasileira de pellets está em conformidade com os padrões internacionais e se as empresas ainda estão ausentes do mercado externo é mais pelo fato do “custo Brasil” que pela falta de possibilidades de exportação.

3.2.6 Uso de Pellets de Madeira

A principal utilização dos pellets de madeira é na geração de energia. O uso de pellets de madeira como combustível é comum em inúmeras aplicações como, por exemplo, fornos de padarias, fornos cerâmicos, aquecimento de estufas, aquecimento de residências, aquecimento de prédios, hotéis e de piscinas, oficinas de pintura de veículos, estufas de flores, secagem de grãos, calefação de moradias, entre outros (BORIN, 2012).

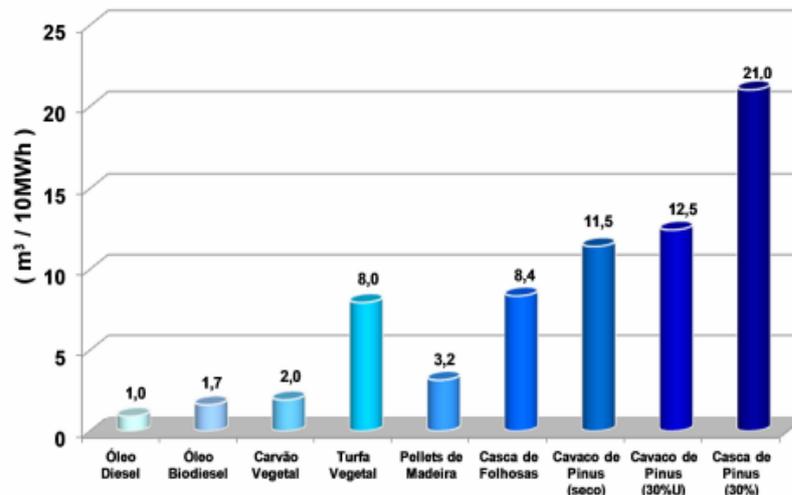
A utilização de pellets pelo setor industrial é mais intensa em países onde a produção de energia elétrica é baseada na queima de biomassa, como é o caso da Suécia, Dinamarca, Holanda, Bélgica e Reino Unido. Países como Alemanha, Itália e Áustria, bem como os da América do Norte, têm suas demandas focadas no aquecimento residencial. Além da aplicação como fonte geradora de energia, os pellets de madeira também são utilizados como cama para animais (cavalos e gatos), como desodorizador de geladeiras, banheiros e sapatos, e até como desumidificador em armários e locais com umidade excessiva (BORIN, 2012).

3.2.6.1 Vantagens

O uso dos pellets de madeira para gerar energia calórica apresenta diversas vantagens em comparação a outros tipos de combustíveis mais conhecidos, conforme apresentado a seguir,

- A queima de pellets não produz fumaça; ao contrário de outros combustíveis, o balanço do dióxido produzido na queima da biomassa é igual a zero, devido à sua absorção no processo de fotossíntese (DA SILVA et al, 2012);
- Os pellets de madeira se enquadram nas recomendações relativas a emissões de HCl (ácido clorídrico) e de PCCD (dibenzeno-dioxinas policloradas), características dos biocombustíveis, cujos teores de cloro devem apresentar limites inferiores a 0,3% (HANSEN, 2010);
- Os pellets são considerados produtos muito seguros, por não apresentarem os riscos associados ao gás e aos combustíveis líquidos, como vazamentos e até mesmo explosões;

- A geometria regular dos pellets permite a alimentação automática em um sistema industrial (CARASCHI e GARCIA, 2017);
- No tocante ao espaço para armazenamento, quando comparado com outras biomassas, o pellet aparece na quarta posição, apenas ocupando mais espaço que os biocombustíveis líquidos (diesel e biodiesel) e o carvão vegetal (sólido), como mostra a Figura 6.



Fonte: Adaptado de PELLETS DE MADEIRA

Figura 6: Estocagem – vantagem competitiva dos pellets.

Quéno (2015) destaca que a principal vantagem dos pellets em relação a outros biocombustíveis é a alta densidade energética, que os coloca em um nível comparável ao dos combustíveis fósseis. A elevada densidade energética dos pellets permite que os sistemas de aquecimento obtenham autonomia equivalente à dos sistemas a óleo de fontes de energia fóssil. Como exemplo, tem-se que 1 m³ de óleo combustível pode ser substituído por 3,5 m³ de pellets de madeira e, em se utilizando a madeira em sua forma bruta, com 50% de teor de umidade, seriam necessários 7 m³ (VIDAL e HORA, 2011).

O diferencial energético dos pellets em comparação a outros biocombustíveis sólidos, como o cavaco e a serragem em pó, pode ser observado na Tabela 4, onde se verifica que a energia específica dos pellets (3,12 MWh/m³) é 5,2 vezes maior que a do cavaco (0,6 MWh/m³) e 4,5 vezes maior que a da serragem em pó (0,7 MWh/m³):

Quadro 5: Comparativo das características de diferentes biocombustíveis sólidos.

Tipo de biomassa	Unidades	Cavacos woodchips	Serragem pó	Pellets de madeira de pinus	Carvão vegetal eucalipto	Carvão vegetal espécie nativa
Teor de umidade	(%)	45	12	8	5	5
Energia específica	MWh/ton	2,0	4,4	4,8	8,85	8,64
	MWh/m ³	0,60	0,70	3,12	3,33	3,27

(Adaptado de ABIB, 2014; Neves, 2012; Rosa et al, 2014).

A eficiência energética da queima da biomassa sólida está diretamente associada ao sistema de conversão empregado. Segundo a FAO (2014), no uso residencial, a queima direta da madeira converte apenas 5% do potencial energético da biomassa utilizada, os sistemas de forno tradicionais elevam esse valor para 36%, e a produção de carvão vegetal tem eficiência entre 44% e 80%. De acordo com Vidal e Hora (2011), os modernos fornos de pellet entregam 80% de eficiência em usos residenciais. Outra vantagem dos pellets, comparados a outros biocombustíveis sólidos, é a ausência de risco fitossanitário, que pode ocorrer com cavacos e outros subprodutos madeireiros que podem ser infestados por insetos perigosos para as florestas, especialmente nematódeos do pinheiro (WILLUMSEM, 2010).

3.2.6.2 Desvantagens

No tocante às desvantagens, segundo Garcia (2017), os três principais problemas do setor de pellets, apontados pelos produtores, são a baixa demanda interna para o produto, o custo alto da energia elétrica para a indústria e o desconhecimento do produto pelos consumidores. Porém, acredita-se que a principal desvantagem ainda seja o desconhecimento da utilização dos pellets como sendo um combustível capaz de substituir, sem grandes investimentos, opções energéticas já consagradas e, conseqüentemente, enraizadas na decisão dos consumidores.

3.2.7 O Mercado de Pellets de Madeira

O mercado de pellets desenvolveu-se na esteira do aumento dos preços do petróleo e dos impostos incidentes sobre os combustíveis fósseis. Hoje, de acordo com o European Pellet Centre (2014), o pellet de madeira para fins energéticos é a biomassa sólida mais negociada no mundo.

Vidal e Horta (2011) assinalam que, de acordo com informações agrupadas do Wood Pellet Association of Canada, do European Pellet Centre, do United States Department of Agriculture (USDA) e da Consufor, o consumo mundial de pellets de madeira, em 2008, foi de 10,7 milhões de toneladas, sendo que o mercado europeu concentrou 76% desse consumo, porém, o maior consumidor individual, e também maior produtor, foram os Estados Unidos.

Alguns mercados, como Alemanha e Áustria, são autossuficientes, enquanto outros dependem, em grande parte, da importação, como é o caso de Holanda, Bélgica, Dinamarca e Itália, ou da exportação, com destaque para o Canadá, que exporta 90% da sua produção.

Quadro 6, a seguir, apresenta uma panorâmica do mercado global de pellets de madeira no ano de 2008:

Quadro 6: Mercado global de pellets de madeira em 2008 (em toneladas).

Países	Produtores	Capacidade instalada	Utilização da capacidade	Produção	Ranking de produção mundial	Consumo	Ranking de consumo mundial	Saldo comercial líquido
Europa								
Alemanha	50	2.400.000	60,8%	1.460.000	2	900.000	6	560.000
Áustria	25	1.006.000	62,2%	626.000	6	509.000	8	117.000
Bélgica	10	450.000	72,2%	325.000	12	920.000	4	(595.000)
Bulgária	17	62.000	43,9%	27.200	29	3.000	35	24.200
Dinamarca	12	313.000	42,8%	134.000	15	1.060.000	3	(926.000)
Eslováquia	14	142.000	82,4%	117.000	19	18.000	27	99.000
Eslovênia	4	185.000	83,2%	154.000	14	112.000	14	42.000
Espanha	17	250.000	40,0%	100.000	21	10.000	29	90.000
Estônia	6	485.000	69,7%	338.000	11	0	38	338.000
Finlândia	19	680.000	54,9%	373.000	9	149.200	12	223.800
França	54	350.000	68,6%	240.000	13	200.000	9	40.000
Grécia	5	87.000	32,2%	28.000	28	11.100	28	16.900
Holanda	2	130.000	92,3%	120.000	17	913.500	5	(793.500)
Hungria	7	5.000	100,0%	5.000	37	1.000	37	4.000
Irlanda	2	78.000	21,8%	17.000	34	30.000	21	(13.000)
Itália	75	750.000	86,7%	650.000	5	850.000	7	(200.000)
Letônia	15	744.000	50,9%	379.000	8	39.000	20	340.000
Lituânia	6	153.000	78,4%	120.000	17	20.000	24	100.000
Luxemburgo	0	0	n.a.	0	n.a.	5.000	34	(5.000)
Noruega	8	164.000	21,3%	35.000	27	40.000	19	(5.000)
Polónia	21	665.000	52,6%	350.000	10	120.000	13	230.000
Portugal	6	400.000	25,0%	100.000	21	10.000	29	90.000
Reino Unido	15	218.000	57,3%	125.000	16	176.000	11	(51.000)
República Tcheca	17	760.000	10,4%	77.000	10	1.000	38	74.000
América do Norte								
Canadá	33	1.750.000	80,0%	1.400.000	4	200.000	9	1.200.000
Estados Unidos	97	2.932.000	61,4%	1.800.000	1	2.096.150	1	(296.150)
	130	4.682.000	68,3%	3.200.000		2.296.150		903.850
Ásia e América Latina								
Argentina	1	n.d.	n.d.	7.000	36	7.000	33	0
Brasil	4	50.000	50,0%	25.000	31	25.000	22	0
Chile	1	n.d.	n.d.	20.000	32	20.000	24	0
China	1	n.d.	n.d.	50.000	26	50.000	18	0
Coreia	1	n.d.	n.d.	10.000	35	10.000	29	0
Japão	55	n.d.	n.d.	60.000	24	109.000	15	(49.000)
Nova Zelândia	5	n.d.	n.d.	20.000	32	20.000	24	0
	68	n.d.	n.d.	192.000		241.000		(49.000)
Mundo	821	n.d.	n.d.	11.441.200		10.711.950		729.250

Fonte: Elaboração BNDES, com base em dados de Wood Pellet Association of Canada, European Pellet Centre, USDA e Consufor.

Segundo as informações de Michele Rebiere, da Viridis Energy Inc., no congresso Pellet Supply Chain Summit International Biomass Conference, realizado em 2013 nos Estados Unidos, o mercado global de pellets deve chegar a US\$ 9 bilhões em 2020, sendo que o maior mercado de consumo, a União Européia, com mais de 20 milhões de toneladas em 2013, deverá crescer para 28 milhões de toneladas em 2015 e 42 milhões em 2020 (OLIVEIRA, 2016).

Garcia (2016) cita o relatório "Mercado Global de Pellets de Biomassa", da empresa Zion Research, o qual aponta que em 2014 o setor de pellets movimentou, no mundo, aproximadamente US\$ 4.520 bilhões, com previsão de chegar a US\$ 8,34 bilhões em 2020, crescendo em média de 10,9% entre 2015 e 2020. Seth Ginther, Diretor Presidente da U.S. Industrial Pellet Association, comenta que as estimativas de consumo internacional de pellets em 2020 variam entre 25 até 70 milhões de toneladas (OLIVEIRA, 2016).

Com previsões mais otimistas para o consumo mundial de pellets, a European Biomass Association avalia que devam ser consumidas 80 milhões de toneladas de pellets em 2020. Em tese, a demanda por pellets de madeira poderia chegar a até 150 milhões de toneladas até 2020, supondo que 50% de todas as caldeiras de aquecimento de óleo poderiam ser substituídas.

A União Européia projeta que até 2020 aproximadamente 20% de toda a energia produzida no bloco sejam provenientes de recursos renováveis (Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, 2013). Segundo o relatório anual de biocombustíveis The Outlook for WoodPellets, os 28 países que integram a União Européia consumiram, em 2015, 77% da produção global de pellets, o relatório revela também que a demanda na UE vai se expandir, impulsionada pelas diretivas do bloco e pela política de incentivos dos Estados membros. Conforme consta no relatório, o principal interesse comercial diz respeito ao consumo de woodpellets no setor elétrico e para a geração de calor.

Os principais usuários de pellet de madeira da União Européia são Reino Unido, Dinamarca, Holanda, Suécia, Alemanha e Bélgica; enquanto que Alemanha e Suécia destacam-se como os maiores produtores no continente. Mercados de consumo industrial como a Holanda, Bélgica e Reino Unido detém grandes usinas que utilizam pellets, Dinamarca e a Suécia são exemplos de mercados de consumo industrial e residencial, em que pellets são utilizados pelas usinas, pelas famílias e por consumidores de médio porte para aquecimento, na Alemanha, Áustria, Itália e França, os pellets são usados principalmente em caldeiras residenciais e industriais privadas de pequena escala, para o aquecimento (IBP, 2015).

Os Estados Unidos dominam o mercado mundial de pellets há muito tempo, contando hoje com 186 plantas industriais com capacidade para produzir mais de 21 milhões de t/ano. O gigantismo das indústrias dos EUA impressiona pelo tamanho e, sobretudo, pelos números expressivos de sua produção, a maior fábrica de todas, localizada no Estado da Geórgia, produz 825.000 t/ano, ou seja, quase 100 t/hora.

Em 2013, quase 26% de toda a produção mundial de pellets foi produzido nos EUA. E a produção norte-americana de pellets vem crescendo exponencialmente, ano a ano, visando atender, principalmente, à crescente demanda europeia e novos mercados que estão se abrindo na Ásia, tais como Coreia e Japão (BIOMASSA BR, 2016).

De acordo com IBP (2015), desde 2008 a demanda por pellets na Europa superou significativamente a produção doméstica, o que resultou no aumento das importações dos Estados Unidos, Canadá e Rússia. O Reino Unido, principal destino dos biocombustíveis sólidos produzidos nos EUA, importou, em 2013, quase 80% de tudo o que foi produzido lá (BIOMASSA BR, 2016).

A primeira exportação de pellets de longa distância ocorreu em 1998, do Canadá para a Suécia; desde então, o comércio internacional tem crescido de forma exponencial (VIDAL & HORTA, 2011).

No Quadro 7, a seguir, verificam-se os principais países exportadores de pellets no ano de 2014, com indicativos do crescimento anual dos volumes exportados, taxa de crescimento das exportações e preço médio da tonelada exportada (USD/t) (FAO, 2015):

Quadro 7: Principais países exportadores de pellets com volume (t), taxa de crescimento anual (%) e preço médio da tonelada (USD/t).

País	Volumes exportados (t)	Taxa de crescimento	Preço médio (USD/t)
Estados Unidos	4.005.057	39%	129,7
Canadá	1.637.393	0%	152,7
Letônia	1.277.087	21%	175,0
Federação Russa	879.028	18%	144,1
Portugal	749.602	-3%	179,9
Vietnã	746.000	365%	166,0
Estônia	640.838	5%	180,8
Alemanha	627.088	-13%	273,5
Áustria	480.754	0%	298,8
Romênia	412.915	-10%	222,7
Lituânia	300.066	-6%	228,9
Polônia	273.710	47%	219,6
Suécia	252.793	56%	252,6
Holanda	233.492	41%	218,8
Dinamarca	217.600	146%	234,8
Bósnia	172.000	2%	196,5
Croácia	170.925	0%	227,0
Malásia	168.559	108%	163,8
China	163.209	4856%	158,8
República tcheca	136.740	-9%	248,9
Ucrânia	132.273	-20%	143,3
França	123.735	-18%	267,7
Bielorrússia	115.716	15%	139,9
Eslovênia	111.096	60%	276,4
Eslováquia	97.926	88%	165,3
Bélgica	97.835	-75%	258,6
Servia	89.000	-12%	213,0
Indonésia	75.912	105%	128,5

Fonte: FAO, 2015.

O Brasil tem participação inexpressiva no mercado, apesar de o país desfrutar de fatores favoráveis para a produção do biocombustível, como as grandes áreas de reflorestamentos com espécies comerciais, contando com muitas indústrias madeireiras nas regiões sul/sudeste e com condições climáticas que proporcionam maior taxa de crescimento das florestas do que qualquer outro país do mundo (BIOMASSA BR, 2016). De acordo com Quéno (2015), o Brasil se destaca no uso da biomassa florestal em grande escala, graças a plantações energéticas de eucalipto selecionado, no entanto ainda é ausente no mercado internacional de pellets.

A ABIBEL relata, entretanto, que o mercado de pellets de madeira no país vem se movimentando cada vez mais rápido, e que empresários locais e até do exterior passaram a investir mais neste biocombustível, reforçando as previsões de que o Brasil venha a se tornar um forte player neste segmento. Ultimamente, os pellets energéticos começaram a ser consumidos com mais intensidade no país, principalmente em pizzarias, academias, hotéis, residências e em pequenas e médias indústrias.

3.2.8 Principais Atores do Mercado de Pellets

Atualmente, dentre os países com maior participação no mercado de pellets de madeira, destacam-se: Reino Unido, Dinamarca, Holanda, Suécia, Alemanha, Bélgica, Holanda, Áustria, Itália, França, Estados Unidos, Canadá, China, Japão e Coréia do Sul.

3.2.8.1 Estados Unidos

Maior produtor e exportador mundial de pellets, os Estados Unidos dispõem de desenvolvimento tecnológico, estrutura e logística para enviar seus produtos para qualquer lugar do mundo com qualidade e custo competitivos (BIOMASSA BR, 2016). O sucesso das suas indústrias pode ser explicado, em parte, pelos seguintes fatores:

- Eficiente modal logístico: a rede ferroviária, as hidrovias e as rodovias norte-americanas estão interligadas com as indústrias e os portos.
- Escala de produção: os norte-americanos utilizam-se da economia de escala (produzir em grandes quantidades) para produzir pellets com custos baixos (a produção em escala conduz à redução do custo médio de produção).
- Custo da energia elétrica: o preço da energia elétrica é um fator impactante nos custos de produção de qualquer indústria, principalmente das mais automatizadas; um estudo realizado pela FIRJAN em 2015 concluiu que o preço do MWh de energia nos EUA é cerca de 25% do preço aqui no Brasil.
- Incentivo dos governos de países consumidores (que importam dos EUA) às energias renováveis: o mercado europeu continua dominando o consumo mundial de pellets e diversos países oferecem incentivos (em dinheiro) para

quem preferir comprar equipamentos movidos à pellets do que a óleo ou gás, a fim de cumprir metas para redução das emissões, o que força a utilização de combustíveis de baixo carbono como os pellets.

As principais indústrias produtoras de pellets dos Estados Unidos estão nos estados da Geórgia, Carolina do Norte, Carolina do Sul, Alabama e Flórida, onde se encontram os grandes produtores de madeira para os setores de celulose, papel e de construção. Hoje a América do Norte é a única região com um superávit substancial de pellets de biomassa e uma boa infraestrutura para o transporte (ABIB, 2014).

No tocante ao mercado interno, apesar de os Estados Unidos serem o maior consumidor individual, a USDA assinala que apenas uma pequena fração das residências norte-americanas utiliza pellets de madeira como fonte de aquecimento (a energia elétrica ainda é a fonte primária de calor em mais de 30 milhões de lares americanos); assim, possuidores de lareiras e fornos convencionais, bem como as unidades centrais de aquecimento são potenciais demandantes do mercado para os pellets. Ainda segundo a USDA, um futuro aprimoramento do mercado de pellets seria a utilização de madeira torrificada, particularmente quando a utilização do pellet ocorrer em plantas de energia (VIDAL & HORTA, 2011).

3.2.8.2 Canadá

A capacidade total do mercado de produção industrial de pellets do Canadá é de 2,6 milhões de toneladas (MURRAY, 2011) envolvendo 34 fábricas, a matéria-prima é basicamente composta por resíduos da indústria de processamento da madeira. Cerca de 70% da capacidade canadense está localizada no oeste, principalmente em British Columbia (BC), com 16 plantas com uma capacidade média de 118.000 toneladas/ano; a maior produz 400.000 toneladas/ano, e a capacidade total é de 889.000 toneladas. A parte leste do Canadá é responsável por cerca de 30% da capacidade total de produção de pellets; suas 18 plantas têm uma média de 43.000 toneladas/ano e a maior produz 120.000 toneladas (MURRAY, 2011).

Quase toda a produção canadense é exportada, em 2013 foram enviadas cerca de 1,55 milhões de toneladas para a Europa, 600.000 toneladas para os EUA

e o restante para o Japão e a Coréia do Sul. Estima-se que a capacidade de produção no Canadá poderá em aumentar de 2,6 a 3,5 milhões de toneladas em 2015, para 5,5 milhões de toneladas/ano em 2018. Um potencial de exportação máxima estimada é de 4,7 milhões de toneladas, das quais 55% de British Columbia (oeste do Canadá) e o restante a partir de Canadá Oriental e Central (ABIB, 2014).

3.2.8.3 Reino Unido

O Reino Unido é o maior consumidor de pellet de madeira da União Européia, utilizando esse biocombustível basicamente para a geração de energia elétrica. De acordo com The National Energy Foundation e Hayes (2009) o Reino Unido, em 2008, produziu 125 mil toneladas e importou 51 mil toneladas, consumindo, portanto, 176 mil toneladas de pellets. Em 2014, o consumo foi em torno de 300 mil toneladas (AEBIOM. 2015). De um modo geral, o Reino Unido tem por meta aumentar em até 10 pontos percentuais a participação de energia renovável, ou seja, há de ter aumento na demanda em 9% a cada ano para atingir a meta estabelecida até 2020, segundo previsões da organização Bioenergy Trade.

Nesse contexto, o uso de pellets de madeira em usinas de energia é impulsionado pela interação de três políticas: o certificado de obrigação de consumo de energias renováveis, onde os produtores de energia devem gerar, até 2017, energia aos consumidores mediante o uso de uma fonte renovável de energia. A diretiva relativa às emissões industriais da União Européia, que criou uma norma vinculativa para diminuição das emissões de dióxido e enxofre até o ano de 2016; o carbono com um preço mínimo, onde se visa desestimular o uso de carvão em usinas de produção de energia. (ABIB, 2014).

3.2.8.4 Itália

A Itália tem o maior mercado doméstico de pellets de madeira do mundo. ETA Renewable Energies et al. (2009) confirmam que a Itália é um país que usa essencialmente os pellets para aquecimento doméstico; em 2011, por exemplo, dos 1,8 milhões de toneladas de pellets de madeira consumidos, 90% foi comprado por famílias.

Porém as suas instalações de produção são relativamente pequenas e dispersas e o país apresenta estagnação quer no consumo, quer na produção

interna, devido à dificuldade de obter matéria prima, o que resulta na necessidade de importação. Em 2014, a Itália consumiu 2.9 milhões de toneladas de pellets e produziu menos de 600 mil toneladas (AEBIOM, 2015).

Para a Itália, como para a maioria dos membros europeus, as principais atualizações de políticas e as importantes mudanças no marco regulatório que afetam os setores de biomassa e pellets no país são derivadas da transposição e aplicação dos princípios da EC Renewable Energy Directive 28/2009. A meta que a Itália pretende atingir para as energias renováveis no setor do aquecimento é de 17,09% até 2020. Para tanto, uma série de medidas de apoio estão sendo postas em prática, não só para mobilizar fontes de biomassa adicionais, mas também para estimular a demanda de energia de biomassa no setor do aquecimento e promover a instalação de novas unidades de produção de biomassa.

3.2.8.5 Suécia

A Suécia é uma das maiores consumidoras de pellets de madeira e também tem a mais longa tradição no uso dessa biomassa. Em 2010, consumiu 2,3 milhões de toneladas, dos quais um terço foi utilizado por famílias e por pequenas e médias empresas para a produção de calor. O estudo de Ranta et al. (2013) define o mercado sueco como um mercado de elevado consumo em termos europeus, com consumo de 1,96 milhões de toneladas, em 2009, contra uma produção de 1,58 milhões de toneladas.

Nunes et al. (2014) afirmam que em 2012 a Suécia se tornou o maior consumidor mundial, com 2,5 milhões de toneladas/ano, sendo 40% destinado a grandes instalações de aquecimento urbano. Em 2014, a Suécia consumiu 1,4 milhões de toneladas e produziu 1,6 milhões de toneladas de pellets, segundo (AEBIOM, 2015). De acordo com a ABIB (2014), estima-se que o consumo de pellets em 2020 permaneça em 1,4 milhões de toneladas.

3.2.8.6 Alemanha

Maior produtor de pellets de madeira da Europa, a Alemanha contava, ao final do ano 2009, com 61 produtores de pellets de madeira com o selo de certificação alemão DINplus, de um total de 102 produtores certificados em todo o mundo; aproximadamente 80% da produção de pellets de madeira possui certificação do sistema ENplus (Europa), que estabelece requisitos elevados de qualidade e sustentabilidade para os pellets de madeira.

Ranta et al. (2013) afirmam que o mercado alemão de pellets tem crescido tanto em termos de produção como de consumo, atualmente o uso de pellets de madeira por parte das pequenas e médias empresas do país está aumentando rapidamente.

Em 2009, a produção alemã de pellets foi de 1,6 milhões de toneladas, contra um consumo de 1,1 milhões de toneladas. De acordo com Nunes et al. (2014), em 2012 a Alemanha apresentava um preço médio de pellets de 175€/tonelada, sendo que o custo total de produção era de 150 € para as pequenas instalações e 158 € para as grandes instalações.

Em 2014, o país consumiu 2 milhões de toneladas de pellets e produziu 2,1 milhões de toneladas, segundo a AEBIOM (2015). De acordo com a ABIB (2014), estima-se que o consumo de pellets na Alemanha em 2020 totalize 3,5 milhões de toneladas. Para 2050, a Alemanha projeta que a energia renovável representará 80% do seu consumo de eletricidade e 60% do consumo total de energia no país (SHI, 2015).

3.2.8.7 Holanda

A Holanda é o quarto maior consumidor de pellets na Europa. A capacidade de produção de pellets holandesa é pequena, sendo composta por apenas duas usinas (Energia Pellets Moerdijk e Plo-Span Bio-energia) com uma capacidade combinada de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas/ano. Esta capacidade de produção tem sido constante nos últimos anos e não se vislumbra nenhum aumento da capacidade de produção doméstica para os próximos anos, devido à limitada disponibilidade da principal matéria-prima: serragem da indústria de processamento de madeira (ABIB, 2014).

Em outubro/2011, o Governo da Holanda e o setor de energia holandês assinaram um Green Deal, em que o setor estabeleceu como meta aumentar em 10% o uso de biomassa entre 2012 e 2015, e em novembro/2012, o Gabinete do novo governo holandês estabeleceu um Objetivo internacional de um abastecimento de energia totalmente sustentável para 2050, e aumentou o objetivo nacional de 14% para 16%, em 2020, atingindo 2,65 milhões de toneladas/ano (USDA FAS GAIN, 2013).

De acordo com a USDA FAS GAIN (2013), com base nos planos de ação de energia holandeses, realizaram-se previsões para a produção, oferta e demanda de pellets de madeira na Holanda para o ano de 2020, conforme Tabela 1; a tabela também inclui o consumo de pellets de madeira com base nos planos de investimento do setor privado para a conversão e construção de usinas de energia elétrica.

Tabela 1: Estimativas de produção e consumo de pellets na Holanda até 2020.

Países Baixos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Produção	110	110	110	110	110	110	110
<i>Importar</i>	1.025	1.055	1.800	2.179	2.412	2.558	2.751
<i>Importar EUA</i>	346	423	700	-	-	-	-
Exportar	135	66	200	200	200	200	200
Consumo setor privado							
-Forecast baseado em NREAP	913	1.285	1.709	2.079	2.312	2.458	2.651
<i>Baseado na informação do setor privado-</i>			<i>1.750</i>			<i>1.950</i>	<i>5.950</i>
Famílias de consumo	10	10	10	10	10	10	10

3.2.8.8 Bélgica

No início da década 2010, na Bélgica, o grupo Electrolabel (GDF-SUEZ) investiu 125 milhões de Euros na transformação da termoelétrica de Rodenhuize para substituir o carvão pelo pellet, o que representa, por ano, um consumo de 220.000 toneladas de pellets importados, em grande parte, do Canadá, bem como a geração de 180 MW; projetando-se elevado incremento no consumo de pellets para os próximos anos. Com base nos planos de ação de energia belgas, realizaram-se previsões para a produção, oferta e demanda de pellets de madeira na Bélgica, para o ano 2020, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Estimativas de produção e consumo de pellets na Bélgica até 2020.

Bélgica	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Produção	544	550	550	550	550	550	550
Importar	316	514	800	818	1.073	1.254	2.704
Importar EUA	85	203	550	-	-	-	-
Exportar	38	71	30	50	50	50	50
Consumo setor privado							
-Forecast baseado em NREAP	854	982	1.040	1.160	1.406	1.585	3.007
Baseado na informação do setor privado-		-	1.320	-	-	2.970	3.720
Famílias de consumo	98	149	158	159	167	169	198

3.2.8.9 Dinamarca

A Dinamarca é um país que importa a maior parte do seu consumo (FORCE Technology e Hansen, 2009). Em 2008 o país produziu 130 mil toneladas de pellets e consumiu 1.1 milhões de toneladas; essa disparidade ocorre devido à falta de matéria-prima na Dinamarca.

O consumo é bastante elevado, o país conta com cerca de 5.5 milhões de habitantes, ou seja, uma média de 200 kg de pellets por pessoa. Em 2014, a Dinamarca consumiu perto de 1 milhão de toneladas e produzia menos de 100 mil toneladas (AEBIOM, 2015). De acordo com dados apresentados pela ABIB (2014), a estimativa de consumo da Dinamarca para o ano de 2020 é de 1,45 milhões de toneladas. A Dinamarca argumenta que estará independente dos combustíveis fósseis até 2050 (SHI, 2015).

3.2.8.10 Áustria

Em 2008, a Áustria produziu 600 mil toneladas pellets, para um consumo interno de 500 mil toneladas/ano (HOLZFORSCHUNG et al.,2009). Espera-se grande evolução no mercado austríaco de pellets, uma vez que se projeta que no ano de 2020, 34% da energia do país será renovável, havendo necessidade de substituição dos sistemas de aquecimento, tendo em vista a antiguidade dos equipamentos ora em uso. Em 2014, o consumo de pellets na Áustria foi de 800 mil toneladas, valores equivalentes à sua produção. De acordo com a AEBIOM (2015), o contínuo crescimento dos subsídios relacionados com a energia renovável é um fator que tem contribuído diretamente para a forte evolução do mercado. Para o ano

de 2020 estima-se um consumo de 3,5 milhões de toneladas de pellets (ABIB, 2015).

3.2.8.11 França

A França contava com uma produção de 240 mil toneladas e um consumo de 200 mil toneladas, em 2008. No ano seguinte registrou-se substancial aumento, com a produção passando para 345 mil toneladas e o consumo para 305 mil toneladas; a melhora foi ocasionada devido à melhor organização dos intervenientes, aumento de informações e incremento dos apoios do Estado (BAREL, 2009). Uma das estratégias do governo francês visando incentivar o uso de fontes de energia renováveis foi reduzir o imposto equivalente ao ICMS (VAT) de 19% para 5,5% para a compra de produtos relacionados a pellets, como aquecedores residenciais e comerciais, além de restituir metade dos custos de produção (SERRANO, 2009). Segundo a AEBIOM (2015), no ano de 2014 a França consumiu 900 mil toneladas de pellets e produziu 1 milhão de toneladas.

3.2.8.12 Rússia

A Federação Russa está se tornando um importante fornecedor de pellets de madeira. Segundo a ABIB (2014), a Rússia possui a maior fábrica de pellets do mundo, a Vyborgskaya, situada perto da fronteira com a Finlândia, nos arredores de São Petersburgo; referida planta tem uma capacidade produtiva de 900 milhões toneladas de pellets de madeira por ano. Sendo o país com a maior área florestal do mundo, a Rússia tem um potencial de mais de 20 milhões de toneladas/ano de biomassa a partir de resíduos florestais. A matéria-prima utilizada para a produção de pellets consiste principalmente de toras da Rússia e da Bielorrússia, que é, em parte, certificada pelo FSC.

O consumo doméstico de pellets está limitado a 30% da produção atual, a capacidade de produção foi estimada em 3 milhões de toneladas em 2010 e o volume de produção real em torno de 1 milhão de toneladas/ano, dos quais 600 mil toneladas foram exportados para a Europa. Segundo WRIGHT (2014), os principais importadores de pellets russos são a Suécia e a Dinamarca, onde a maioria é queimada em usinas de cogeração.

A Rússia tem condições de desempenhar um papel importante no mercado mundial de pellets, no entanto, ao contrário de os EUA, questões logísticas afetam a mobilização de matéria-prima, especialmente das áreas internas (ABIB, 2014).

3.2.8.13 China

Em crescente estágio de desenvolvimento da industrialização e da urbanização, recentemente a China passou a se preocupar com a segurança energética. Embora o país tenha se tornado o maior produtor e também o maior consumidor de energia do mundo, a tensão relativa aos recursos energéticos torna-se cada vez mais proeminente no país (SHI, 2015).

A principal fonte de energia da China é o carvão, que fornece 70% das suas necessidades energéticas; o país é o maior consumidor de carvão do mundo (ABIB, 2014), porém a constante mineração de carvão afeta seriamente os recursos da terra e da água das áreas das minas e das regiões circundantes (SHI, 2015). A fim de garantir energia suficiente para abastecer seu contínuo crescimento econômico, o país estabeleceu como prioridade o desenvolvimento de uma política de substituição de combustíveis fósseis por biomassa e pretende aumentar a sua percentagem de uso de energia renovável (ABIB, 2014).

O governo chinês tem incentivado e investido fortemente na produção e no uso de fontes de energias renováveis; determinou, por exemplo, que ao menos 15% de sua capacidade energética seja gerada a partir de fontes de energia renováveis a partir de 2015, bem como pretende substituir o uso do carvão por pellets. Atualmente pellets de biomassa são produzidos em grande escala para substituir a combustão do carvão no país (REMADE, 2016), e a maior parte do mercado chinês de pellets vai ser utilizada como co-incineração em usinas de carvão.

3.2.8.14 Japão

O Japão é um dos maiores mercados para os pellets do mundo. O país importou cerca de 49.000 toneladas de pellets em 2009, sendo a maioria proveniente do Canadá. Uma grande parte dos pellets de madeira do Japão é utilizada para geração de energia elétrica, como se verifica, por exemplo, com a empresa Kansai Electric Power Corporation, líder no segmento, que começou em

utilizar pellets no sistema co-firing com o carvão em sua usina, em Maizuru, em 2008; essa unidade de geração de energia forneceu, com o uso de pellets, cerca de 120 milhões de quilowatts-hora de eletricidade (ABIB, 2015).

Por contar com uma forte indústria de madeira, o Japão já produz um considerável volume de pellets, a partir dos resíduos, para o consumo interno. Mas, a expectativa de importação de pellets é de crescer com o desenvolvimento da co-combustão em plantas de carvão e, especialmente, porque o governo japonês decidiu acelerar a conversão da matriz energética do país, com mais fontes renováveis, após o dramático acidente nuclear que ocorreu na usina nuclear de Fukushima, em março de 2011. A estimativa é de que o Japão deverá importar entre dez e vinte milhões de toneladas de biomassa peletizada até o ano de 2030 (BRASIL, 2016).

3.2.8.15 Coréia do Sul

Segundo a ABIB (2014), a Coréia do Sul será um futuro pólo de negócios na área de pellets e biomassa na Ásia. De acordo com as metas do governo, a demanda de pellets na Coréia do Sul é projetada para crescer de 750 mil toneladas em 2013, para 5 milhões de toneladas em 2020. Essas projeções são baseadas no aumento do uso de energia renovável, biomassa e pellets, a fim de o país cumprir a exigência de uso de 11% até 2020, combinado com o crescimento econômico do país.

Em 2014, a Coreia do Sul importou 1.849.641 toneladas de pellets, multiplicando por 7 suas importações, em comparação ao ano de 2013. Esse país virou a quarta principal destinação de pellets no mundo. O Vietnã é o seu maior fornecedor, responsável por 52% do volume importado pela Coréia do Sul em 2015. O governo estima que até 2020, 75 a 80% dos pellets consumidos no país terão de ser importados.

Segundo a ABIB (2014), após a contabilização do aumento no consumo geral de energia e da crescente necessidade do uso de fontes renováveis, estima-se que, em 2020, a demanda por pellets poderia ultrapassar os 15 milhões de toneladas por ano, com o consumo direcionado para fins de geração de energia; e de acordo com

o Serviço Florestal da Coreia (KFS), o potencial máximo de produção nacional na Coreia do Sul poderia atingir cerca de 1 milhão de toneladas.

3.2.8.16 Brasil

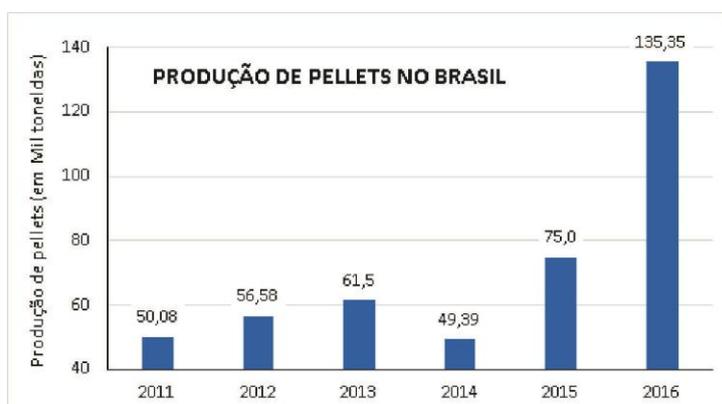
O Brasil é um ator muito importante no mercado mundial de papel e celulose e na produção de painéis aglomerados a base de madeira; possui uma cadeia produtiva já organizada para a exportação de produtos transformados e sofisticados, mas ainda é ausente no mercado internacional de pellets (QUÉNO, 2015). De acordo com a REMADE (2012), o Brasil reúne inúmeras vantagens comparativas que o tornam capaz de atuar como líder no mercado mundial de biomassa, em particular aqueles dedicados aos pellets, no entanto esse mercado ainda é inexpressivo no país. Nas estatísticas da FAO o Brasil aparece na 35^a colocação dos países produtores de pellets.

O processo de peletização surgiu no Brasil depois de 2001 e a utilização de pellets no mercado interno se restringe, até o momento, a pequenas indústrias e pontos comerciais (REMADE, 2012). Estima-se que o Brasil produza anualmente 14 milhões de toneladas de descartes madeiros (com 30% de umidade em base úmida); parte dessa biomassa poderia ser aproveitada e transformada em pellets para participar da matriz energética nacional e também ser exportada para o mercado internacional de biomassa sólida (GENTIL, 2008)

Apesar do enorme potencial para a produção de energia de biomassa, em 2014 o Brasil exportou 6.660 toneladas de pellets, o que equivale a 10% de sua produção (FAO, 2015). Segundo dados fornecidos pelo Serviço Nacional de Informações Florestais, o maior mercado para o Brasil é a Itália, para onde foram exportadas 6.159 toneladas no ano de 2014 (SNIF, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Pellet (ABIPEL), o Brasil contava com quinze indústrias de pellets de madeira, em 2015, que totalizavam uma produção anual em torno de 80 000 toneladas por ano, usando somente um terço das suas capacidades instaladas de 250.000 ton./ano. De acordo com Garcia e Carashi (2017), as treze indústrias peletizadoras em atividade no país produziram, em 2015, apenas 75.000 toneladas de pellets; o mercado interno consumiu 76,93%

dessa produção (57.698 toneladas) e as 17.302 toneladas restantes foram exportadas. Em 2016 a produção saltou para 135.350 toneladas (Figura 7).



Fonte: REMADE, 2017.

Figura 7: Produção de Pellets no Brasil até 2016.

O Brasil não possui programas de subsídios que estimulem a utilização da biomassa florestal como recurso energético renovável. Diferente da matriz global, o país já possui uma matriz energética bastante limpa (mais de 40% da energia consumida no país é renovável, enquanto que no resto do mundo a participação de fontes renováveis é de pouco mais de 10%). No entanto, essa matriz limpa e sustentável está fortemente atrelada às hidrelétricas, graças à privilegiada bacia hidrográfica do país, a qual é fundamental para a geração de energia elétrica (REMADE, 2012).

A maior parte das indústrias de pellets brasileiras está localizada na região centro-sul do país, onde há grandes áreas de reflorestamento e fatura de resíduos que podem ser aproveitados no processo de compactação. No entanto, o país ainda sofre com a falta de capacidade industrial, o que inviabiliza contratos de exportação de médio e longo prazo. Durante o pico do inverno europeu, por exemplo, aumenta a procura por pellets do Brasil, mas as empresas brasileiras não conseguem atender aos pedidos no tempo desejado (REMADE, 2012).

De acordo com a REMADE (2012), ultimamente essa fonte de energia renovável vem se incorporando ao processo industrial e comercial brasileiro; o uso de pellets vem crescendo em estufas de secagem, fornos de padarias e pizzarias, e a formação destes mercados consumidores contínuos é um bom sinal da evolução da utilização deste bicomcombustível no Brasil.

3.3 Briquete

3.3.1 Definição

De acordo com a EMBRAPA (2013), os Briquetes, também conhecido como lenha ecológica, são produtos agroenergéticos obtidos a partir da compactação de biomassa, que substituem a lenha tanto para aplicação em residências quanto em indústrias e estabelecimentos comerciais como olarias, padarias, pizzarias, indústrias químicas, têxteis e de cimento (Figura 8).



Fonte: Google imagens.

Figura 8: Briquete

Os briquetes podem ser produzidos com resíduos de madeira, arroz, milho, café, algodão e cana-de-açúcar, dentre outros, podendo ser preparados em diferentes formatos e tamanhos, de acordo com o tipo de compactadora utilizada, especialmente na área alimentícia, em que os formatos são bastante variados.

Na briquetagem (processo produtivo), a matéria-prima é despejada em um picador, onde é triturada; depois, o material triturado é direcionado a um secador para ser desidratado; após esse processo, o material segue para uma prensa briquetadeira, onde os briquetes são produzidos e embalados. Suarez (2003) comenta que a briquetagem (processo de fabricação) é uma forma eficaz de aproveitar os resíduos de biomassa, entretanto, constata que os briquetes de biomassa ainda não são amplamente comercializados no mercado brasileiro, principalmente para consumo doméstico.

3.3.2 Comparativo entre Pellet e Briquete

As tecnologias de briquetagem e de peletização são capazes de transformar a biomassa, na sua forma moída, em blocos compactos com diversas dimensões e prontos para a queima em fornos, caldeiras, lareiras e fogões. Além de gerarem produtos com poder calorífico maior do que o da lenha (briquetes e pellets possuem Poder Calorífico Superior / PCS na faixa de 16.92 a 17.64 MJ/kg e umidade entre 7 e 12%), a briquetagem e a peletização apresentam como vantagens a agregação de valor à biomassa, a uniformidade de tamanho e formato dos produtos, a facilidade de armazenamento e a segurança contra incêndios.

A peletização é um processo de extrusão mais exigente que a briquetagem; na peletização as prensas são mais exigentes e processo mais seletivo com os resíduos. No entanto, a principal diferença entre briquetes e pellets fica por conta das dimensões dos produtos: os pellets normalmente têm diâmetro entre 6 e 16 mm e comprimento de 25 a 30 mm, enquanto que os briquetes têm diâmetro entre 50 e 100 mm e comprimento entre 250 a 400 mm (EMBRAPA, 2013).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos Dados Bibliográficos

Para o desenvolvimento do trabalho foram consultados livros, periódicos, artigos e publicações científicas, tanto obras originais como de revisão, incluindo-se estudos e dissertações acadêmicas relacionadas ao tema. As pesquisas por meio eletrônico foram realizadas a partir de dados disponibilizados nos sítios SciELO - Scientific Electronic Library (<http://www.scielo.org/php/index.php>) e Acadêmico (<http://www.academicoo.com/>), e nos sítios de empresas e periódicos que tratam do assunto. Foram utilizadas publicações em português e inglês, sendo que os principais termos usados nas pesquisas foram: pellets, pellets de madeira, biomassa, resíduos de madeira.

O processo de seleção das publicações e demais material bibliográfico foi realizado de acordo com a seguinte ordem: leitura do título, leitura do resumo e apreciação pormenorizada da obra. Após a leitura e análise do material selecionado, as informações foram compiladas e os resultados pertinentes apresentados na forma de texto de revisão bibliográfica.

4.2 Otimização de Custos

Com relação aos custos dos pellets, verifica-se que podem ser otimizados, por exemplo, por meio de uma melhor utilização da capacidade instalada da fábrica (escala de produção) e ajustes em fatores que contribuam para a redução dos custos operacionais, como é o caso do custo de transporte, que é diretamente impactado pela qualidade da estrutura logística (estradas, ferrovias, hidrovias e portos).

A instalação das fábricas em locais próximos à malha logística, reduzindo a distância percorrida até os fornecedores e portos (no caso de exportadores), também contribui para reduzir o custo de transporte. Quéno (2015) destaca que para um exportador de pellets, a logística e a distância entre a localização da fábrica e o porto podem ter a mesma importância estratégica como a proximidade de fontes de biomassa.

A fim de aferir o impacto dos custos de logística na composição do resultado da empresa, esse trabalho tomou por base o estudo de Quéno (2015), utilizando, particularmente, os dados e resultados referentes à situação em que a empresa hipotética exporta toda a sua produção. Tendo em vista que o custo de logística é um dos componentes que influenciam no custo total dos pellets, realizou-se, então, uma nova simulação do desempenho financeiro da referida empresa considerando, nesse exercício, ajuste em um único dado de entrada, qual seja: a redução da distância entre a fábrica e a estrutura portuária (fator que impacta diretamente o Custo de Transporte). Foram mantidos inalterados os demais parâmetros e condições do estudo original.

4.3 Cálculo do Custo de Transporte

A determinação do Custo com Transporte (CT) foi realizada mediante a aplicação de equação matemática, apresentada a seguir, a qual tem como parâmetros a Produção (P), a Distância Percorrida (D) e o Valor do Frete (F):

$$CT = P \times D \times F$$

No estudo de Quéno (2015), a fábrica hipotética está situada a uma distância de 195 km do porto; na nova simulação, considerou-se uma distância de 100 km entre a fábrica e o porto.

4.4 Fluxo de Caixa Descontado

O método de Fluxo de Caixa Descontado é reconhecido como o que mais apropriadamente traduz o valor econômico de um empreendimento, seja ele uma empresa ou um negócio integrante de uma estrutura maior, esteja ele em fase operacional ou de projeto. Neste método o desempenho da empresa é analisado sob o enfoque operacional, sendo que o resultado não operacional (incluindo financeiro) é avaliado à parte. Os fluxos de caixa são valores monetários que representam as entradas e saídas dos recursos em determinada unidade de tempo. NORONHA (1987) comenta que os fluxos de caixa são formados por fluxos de entrada (receitas efetivas) e fluxos de saída (dispêndios efetivos), cujo diferencial é denominado fluxo líquido.

As diferentes variáveis que foram utilizadas no Fluxo de Caixa do estudo encontram-se discriminadas a seguir.

Custos fixos operacionais

- Salários (8 funcionários)
- Manutenção Pelletizadora
- Manutenção outro maquinário
- Custo administrativo e financeiro

Custos variáveis operacionais

- Compra matéria prima (perda %): 5%
- Energia. Consumo p/ton. produzida (52até125kwh/t): 95 Kw/h
- Ensacamento (Embalagens e M.O.): R\$ 42,00/t

Custos variáveis adicionais para exportar

- Palete exportação tratada: R\$ 20,00/t
- Transporte por container da fábrica até porto (R\$/km): 0,28

Custos e taxas portuários: R\$ 50,00/t
Impostos diretos (PIS,COFINS,INSS,ICMS: venda merc. Interno): 24,10%
Despesas sobre vendas líquidas de impostos: 1,50%

Resultado Operacional

Custos Fixos NÃO operacionais (Deprec. corrigida pela inflação)
Despesas e receitas financeiras

Resultado tributável

Imposto de renda (IRPJ): 25%
Contribuição social (CSLL): 9%

Resultado líquido

Depreciação corrigida pela inflação
Investimentos (ano 06): R\$ 100.000
Desinvestimentos (ano 10): R\$ 1.083.368
Patrimônio Líquido (Capitalização): R\$ 3.300.207

Fluxo de caixa Líquido

Os itens foram calculados sucessivamente até o Fluxo de Caixa Líquido, sendo que cada saldo anual é descontado por meio do cálculo do Valor Presente Líquido sobre o horizonte de tempo considerado no projeto, que no caso foi de 10 anos.

4.5 Indicadores Financeiros

Para avaliar os fluxos e resultados financeiros obtidos na simulação, em comparação aos apresentados no projeto de Quéno (2015), foram escolhidos os dois métodos-chave considerados no projeto original - Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) – bem como os indicadores Payback, ROI e Lucratividade. No desenvolvimento dos fluxos de caixa foi considerado um investimento inicial de R\$ 3.300.207, mais um investimento complementar de R\$ 100.000 (ano 06), bem como o desinvestimento de R\$ 1.083.368 (ano 10). No cálculo dos indicadores considerou-se uma taxa de atratividade de 15,36%.

4.5.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é um indicador de viabilidade que expressa o valor presente do fluxo de caixa descontado, projetado no horizonte do empreendimento, incluindo o valor do investimento realizado ou a realizar.

A equação matemática do VPL, com a qual se determina o valor presente de pagamentos futuros, descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial, tem a seguinte composição:

$$VPL = FC_0 * \frac{FC_1}{(1+t)^1} + \frac{FC_2}{(1+t)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+t)^n}$$

Onde: FC_n = Saldo de caixa no ano n; t = Taxa de Desconto e n = duração do projeto.

4.5.2 Taxa Interna de Retorno

Define-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), ou Internal rate of return (IRR), como sendo a taxa de desconto que torna o VPL igual à zero (BREALEY et al, 2008). O empreendimento será considerado viável quando a sua taxa interna de retorno for igual ou superior à taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade de igual risco. A TIR (IRR) de um projeto que dure “n” anos pode ser determinada pela seguinte expressão matemática:

$$VPL = 0 = \text{Investimento inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}$$

onde: FC_t = Saldo de caixa o ano t; n = Duração do projeto

4.5.3 Payback

É o período de tempo necessário para que as entradas de caixa de um projeto se igualem ao valor investido; representa, pois, o tempo de recuperação do capital investido. De acordo com Braga (1998), trata-se de um método que mensura o tempo necessário para que sejam recuperados os recursos investidos em um projeto. No estudo foi calculado tanto o Payback Simples, que avalia o período de tempo necessário para a recuperação do investimento mediante a utilização dos fluxos nominais do projeto (sem considerar a taxa de desconto) e também o denominado Payback Descontado, método pelo qual o tempo necessário para a recuperação do investimento é determinado com base nos fluxos de caixa descontados do projeto, determinado pela seguinte fórmula:

PB (payback) = investimento inicial / resultado médio do fluxo de caixa

4.5.4 ROI

O Retorno sobre Investimento (ROI) representa o percentual de retorno em relação ao investimento inicial do projeto. Considerando-se o fluxo de caixa descontado de um projeto, o ROI pode ser calculado mediante a seguinte fórmula matemática:

$$\text{ROI} = (\text{VPL} / \text{Investimento}) \times 100$$

4.5.5 Lucratividade

Lucratividade (IL) é o método que avalia o retorno de um projeto em relação ao valor então investido. Quando o IL apresenta valor acima de 1, tem-se que o projeto é considerado viável, pois oferecerá retorno que supera a taxa mínima de atratividade esperada. Em termos matemáticos, o IL expressa a razão entre o valor presente líquido de um investimento (VPL) e o valor inicial da operação, para uma determinada taxa de desconto. O IL pode ser expresso das seguintes formas:

$$\text{IL}_t = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}}{I_0} \quad \text{ou} \quad \text{IL} = \text{VP} / \text{Investimento}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 O Mercado Mundial de Pellets

De acordo com a literatura pesquisada, o consumo mundial de pellets tem aumentado nos últimos anos, fato que determinou significativo crescimento do mercado nas duas últimas décadas. A indústria é responsável pela maior parte do consumo (aproximadamente 55%), porém o segmento comercial e residencial apresenta forte perspectiva de crescimento nos próximos anos.

Para atender à crescente demanda projetada, faz-se necessário que haja, também, proporcional incremento na produção industrial de pellets. Esse cenário cria oportunidade para alguns países africanos e para o Brasil, que se mostram como potenciais provedores da demanda de pellets, principalmente da Europa.

Na Europa, a geração de energia com a utilização de pellets é comum, viável economicamente e incentivada por diversas ações que contribuem para impulsionar os negócios do setor; além do que, diversos países possuem normatização própria que estabelece os preceitos e parâmetros para produção de pellets. De acordo com o *European Pellet Centre*, hoje o pellet de madeira para fins energéticos é a biomassa sólida mais negociada no mundo. A União Européia figura como o maior mercado consumidor, tendo o Reino Unido, Dinamarca, Holanda, Suécia, Alemanha e Bélgica como os principais usuários de pellet de madeira da região.

Canadá e Estados Unidos se destacam como grandes produtores e exportadores de pellets, abastecendo principalmente os países europeus. Os Estados Unidos dominam o mercado mundial desse biocombustível e sua produção vem crescendo exponencialmente, ano a ano, visando atender, principalmente, à crescente demanda européia e novos mercados que estão se desenvolvendo, como é o caso do Japão e da Coréia do Sul.

5.2 A Situação dos Pellets no Brasil

O Brasil se destaca no uso da biomassa florestal em grande escala, porém sua participação no mercado de pellets é incipiente, apesar de o país desfrutar de fatores naturais favoráveis para a produção desse biocombustível. O país possui um grande potencial para atuar no setor e firmar posição de destaque no mercado internacional, exportando, principalmente, para países da Ásia e Europa. No entanto, as indústrias nacionais não contam com o necessário apoio do governo, falta organização da cadeia da matéria prima e os produtores se deparam com entraves burocráticos e dificuldades no financiamento de máquinas e equipamentos para as plantas industriais.

As fábricas nacionais utilizam, como um todo, apenas 25% da capacidade instalada; as fábricas fazem uso, quase que exclusivamente, de biomassa residual, fato que inviabiliza a produção em escala e impede que o Brasil firme contratos de exportação, apesar das demandas crescentes de pellets no exterior.

Em 2013 o país contava com 14 fábricas, estando 11 em atividade; todas localizadas nas regiões Sul (PR, SC e RS) e Sudeste (MG e SP). Os produtores de pellets do Brasil destacam, dentre os principais problemas que afetam o mercado no país: a falta de uma política nacional de incentivo ao uso dos resíduos agroflorestais para geração de energia; e os altos custos do transporte da matéria-prima para a fábrica e desta para o mercado consumidor, seja ele interno ou externo. Além disso, ainda há pouco conhecimento do produto, e do seu potencial energético, por parte da população.

5.3 Análise dos Componentes Financeiros

5.3.1 Fluxo de Caixa Descontado

O Fluxo de Caixa representativo do projeto “original”, calculado considerando que a fábrica exporta 100% da sua produção e se encontra instalada a uma distância de 195 km do porto (Quadro 8).

Quadro 8: Fluxo de Caixa descontado em R\$ - fábrica exporta 100% da produção.

Referência	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 10	
Nível de Utilização	70%	80%	90%	95%	95%		95%	
Produção Projetada	16.800	19.200	21.600	22.800	22.800		22.800	
Receitas operacionais	8.166.982	9.333.694	10.500.406	11.083.762	11.083.762		11.083.762	
Custos fixos operacionais	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200		528.200	
- Salários - 8 funcionários	395.200	395.200	395.200	395.200	395.200		395.200	
- Manutenção Pelletizadora	128.000	128.000	128.000	128.000	128.000		128.000	
- Manutenção outro maquinário	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000		5.000	
- Custo administrativo e financeiro	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000		8.000	
Custos variáveis operacionais:	6.771.417	7.738.762	8.706.107	9.189.780	9.189.780		9.189.780	
- Compra matéria prima (perda %)	5%	3.094.737	3.536.842	3.978.947	4.200.000	4.200.000	4.200.000	
- Energia. Consumo p/ton. produzida (52até125kwh/t)	95 Kw/h	877.800	1003.200	128.600	1.191.300	1.191.300	1.191.300	
- Ensacamento (Embalagens e M.O.)	R\$ 42,00/t	705.600	806.400	907.200	957.600	957.600	957.600	
Custos variáveis adicionais para exportar								
- Paleta exportação tratada	R\$ 20,00/t	336.000	384.000	432.000	456.000	456.000	456.000	
- Transporte por container da fábrica até porto . R\$/km	0,28	917.280	1048.320	1179.360	1244.880	1244.880	1244.880	
- Custos e taxas portuários	R\$ 50,00/t	840.000	960.000	1080.000	1140.000	1140.000	1140.000	
Impostos diretos (PIS, COFINS, INSS, ICMS: venda merc. interno .	24,10%	-	-	-	-	-	-	
Despesas sobre vendas líquidas de impostos	150%	122.505	140.005	157.506	166.256	166.256	166.256	
Resultado Operacional	744.860	926.727	1.108.593	1.199.526	1.199.526		1.199.526	
Custos Fixos NÃO oper. (Deprec. corrigida pela inflação)	221684	207.595	194.401	182.046	170.476		122.766	
Despesas e receitas financeiras	-	-	-	-	-		-	
Resultado tributável	966.544	1.134.322	1.302.994	1.381.572	1.370.002		1.322.292	
Imposto de renda (IRPJ)	25%	241636	283.580	325.748	345.393	342.500	330.573	
Contribuição social (CSLL)	9%	86.989	102.089	117.269	124.341	123.300	119.006	
Resultado líquido	637.919	748.653	859.977	911.838	904.202		872.713	
Depreciação corrigida pela inflação	221684	207.595	194.401	182.046	170.476		122.766	
Investimentos								
Desinvestimentos							1083.368	
Patrimônio Líquido (Capitalização)	3.300.207							
Fluxo de caixa Líquido	3.300.207	859.603	956.248	1.054.378	1.093.884	1.074.678	2.078.847

O Quadro 9, a seguir, apresenta uma síntese dos principais indicadores da empresa (Fluxo de Caixa Líquido - acumulado, VPL e TIR), relativa ao projeto original.

Quadro 9 – Fluxo de Caixa Líquido (acumulado), VPL e TIR do projeto original.

Investimento Inicial		3.300.207
Prazo da Operação		10 anos
Taxa de Atratividade		15,36%
Investimento		(3.300.207)
Fluxo 1	Ano 1	859.603
Fluxo 2	Ano 2	956.248
Fluxo 3	Ano 3	1.054.378
Fluxo 4	Ano 4	1.093.884
Fluxo 5	Ano 5	1.074.678
Fluxo 6	Ano 6	956.693
Fluxo 7	Ano 7	1.039.851
Fluxo 8	Ano 8	1.024.079
Fluxo 9	Ano 9	1.009.310
Fluxo 10	Ano 10	2.078.847
Fluxo Líquido Acumulado		11.147.571
VPL		R\$ 1.886.925
TIR		28,08%

O Fluxo de Caixa representativo do projeto “simulado”, calculado considerando que a fábrica exporta 100% da sua produção e se encontra instalada a uma distância de **100 km** do porto (Tabela 10).

Quadro 10: Fluxo de Caixa descontado em R\$ - fábrica exporta 100% da produção.

	Referência	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Nível de Utilização		70%	80%	90%	95%	95%		95%
Produção Projetada		16.800	19.200	21600	22.800	22.800		22.800
Receitas operacionais		8.166.982	9.333.694	10.500.406	11.083.762	11.083.762		11.083.762
Custos fixos operacionais		528.200	528.200	528.200	528.200	528.200		528.200
- Salários - 8 funcionários		395.200	395.200	395.200	395.200	395.200		395.200
- Manutenção Pelletizadora		128.000	128.000	128.000	128.000	128.000		128.000
- Manutenção outro maquinário		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000		5.000
- Custo administrativo e financeiro		8.000	8.000	8.000	8.000	8.000		8.000
Custos variáveis operacionais:		6.324.537	7.228.042	8.131.547	8.583.300	8.583.300		8.583.300
- Compra matéria prima (perda %)	5%	3.094.737	3.536.842	3.978.947	4.200.000	4.200.000		4.200.000
- Energia. Consumo p/ton. produzida (52até 125kwh/t)	95 Kw/h	877.800	1003.200	1.128.600	1.191.300	1.191.300		1.191.300
- Ensacamento (Embalagens e M.O.)	R\$ 42,00/t	705.600	806.400	907.200	957.600	957.600		957.600
Custos variáveis adicionais para exportar								
- Paleta exportação tratada	R\$ 20,00/t	336.000	384.000	432.000	456.000	456.000		456.000
- Transporte por container da fábrica até porto. R\$/km	0,28	470.400	537.600	604.800	638.400	638.400		638.400
- Custos e taxas portuários	R\$ 50,00/t	840.000	960.000	1.080.000	1.140.000	1.140.000		1.140.000
Impostos diretos (PIS,COFINS,INSS,ICMS: venda merc. Interno)	24,10%	-	-	-	-	-		-
Despesas sobre vendas líquidas de impostos	150%	122.505	140.005	157.506	166.256	166.256		166.256
Resultado Operacional		1.191.740	1.437.447	1.683.153	1.806.006	1.806.006		1.806.006
Custos Fixos NÃO oper. (Deprec. corrigida pela inflação)		221684	207.595	194.401	182.046	170.476		159.642
Despesas e receitas financeiras		-	-	-	-	-		-
Resultado tributável		1.413.424	1.645.042	1.877.554	1.988.052	1.976.482		1.965.648
Imposto de renda (IRPJ)	25%	353.356	411.261	469.389	497.013	494.121		491.412
Contribuição social (CSLL)	9%	127.208	148.054	168.980	178.925	177.883		176.908
Resultado líquido		932.860	1.085.728	1.239.186	1.312.114	1.304.478		1.297.328
Depreciação corrigida pela inflação		221684	207.595	194.401	182.046	170.476		159.642
Investimentos (ano 06)								100.000
Desinvestimentos (ano 10)								
Patrimônio Líquido (Capitalização)	3.300.207							
Fluxo de caixa Líquido	3.300.207	1.154.544	1.293.323	1.433.587	1.494.160	1.474.954	1.356.970

O Quadro 11, a seguir, apresenta uma síntese dos principais indicadores da empresa (Fluxo de Caixa Líquido - acumulado, VPL e TIR), relativa ao projeto “simulado”.

Quadro 11 – Fluxo de Caixa Líquido (acumulado), VPL e TIR do projeto “simulado”.

Investimento Inicial		3.300.207
Prazo da Operação		10 anos
Taxa de Atratividade		15,36%
Investimento		(3.300.207)
Fluxo 1	Ano 1	1.154.544
Fluxo 2	Ano 2	1.293.323
Fluxo 3	Ano 3	1.433.587
Fluxo 4	Ano 4	1.494.160
Fluxo 5	Ano 5	1.474.954
Fluxo 6	Ano 6	1.356.970
Fluxo 7	Ano 7	1.440.127
Fluxo 8	Ano 8	1.424.356
Fluxo 9	Ano 9	1.409.587
Fluxo 10	Ano 10	2.479.124
Fluxo Líquido Acumulado		14.960.730
VPL		R\$ 3.716.398
TIR		39,21%

5.3.2 Fluxo de Caixa Líquido

No projeto original, o Fluxo de Caixa da fábrica apresenta um Resultado Acumulado (Fluxo de Caixa Líquido) no valor de R\$ 11.147.571 (referido indicador se encontra destacado na Tabela). No entanto, o Fluxo de Caixa projetado na simulação mostra elevação do Resultado Acumulado para R\$ R\$ 14.960.730, conforme pode ser observado na Tabela. O crescimento de 34,21% no valor acumulado do Caixa Líquido denota a relevância do Custo de Transporte no desempenho financeiro da empresa. A redução distância “Fábrica x Porto” e a consequente diminuição do Custo de Transporte também se traduziram em melhorias dos indicadores VPL e TIR, conforme demonstrado a seguir:

5.3.3 VPL

O projeto original apresenta VPL no valor de R\$ 1.886.926 (Tabela Z “A”), enquanto que na simulação o VPL passa para R\$ 3.716.398 (Tabela Z “B”), o que representa uma elevação de 96,96% no referido indicador.

A fim de determinar a distância limite, em relação ao porto, que fábrica em questão pode ser instalada com viabilidade para a operação, a partir da análise do VPL, foram realizados fluxos considerando as distâncias de 0, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 km, gerando, dentre outras, informações sobre Custo de Transporte, Fluxo Líquido acumulado e VPL, conforme o Quadro 12, abaixo:

Quadro 12 – Custo de Transporte, Fluxo Líquido acumulado e VPL em relação à distância “Fábrica e o Porto”.

Distância (km)	0	50	100	150	200	250	300
Custo Transporte (R\$)	7.568.563	7.872.643	8.176.723	8.480.803	8.784.883	9.088.963	9.393.043
Fluxo Líquido (R\$)	18.974.586	16.967.658	14.960.730	12.953.802	10.946.874	8.939.946	6.933.018
VPL (R\$)	5.642.161	4.679.279	3.716.398	2.753.516	1.790.635	827.754	- 135.128

De acordo com o VPL encontrado nesse exercício, verifica-se a distância limite que a fábrica possa ser instalada com viabilidade é próxima aos 300 km (Figura 9).

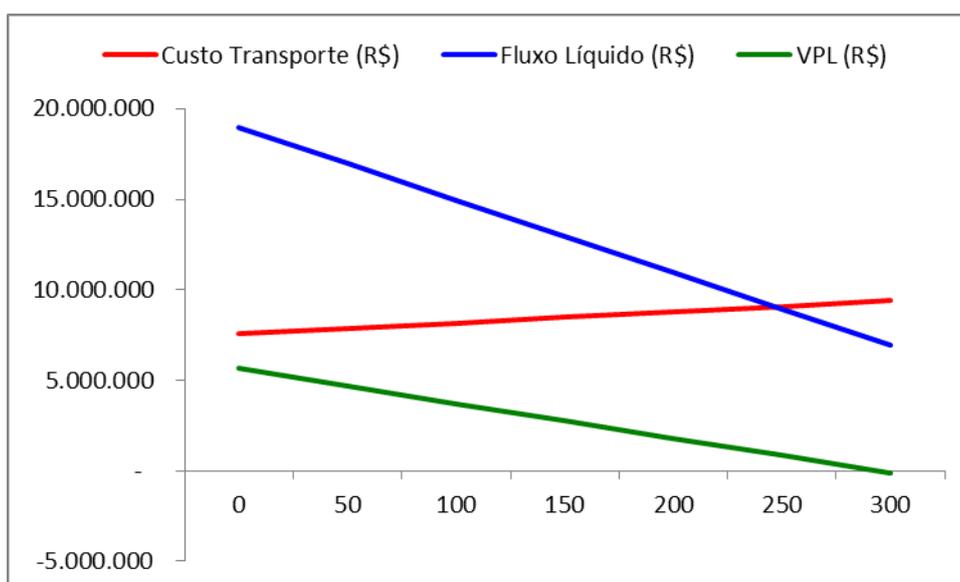


Figura 9 – Variação do Custo de Transporte, Fluxo Líquido acumulado e VPL em relação à distância “Fábrica e o Porto”.

5.3.4 TIR

Com relação à TIR, o percentual representativo desse indicador para o projeto original corresponde a 28,08%, na simulação esse indicativo passa a ser de 39,21%, conforme se observa na Tabela. No caso, o indicador teve um crescimento de 39,64%.

A Quadro 13, a seguir, apresenta o fluxo nominal e respectivos saldos, bem como o fluxo descontado e respectivos saldos, tanto para o Projeto Original, quanto para o Ensaio/simulado, no decorrer do período considerado no estudo (10 anos), e serviu de base para a determinação dos indicadores Payback, ROI e IL:

Quadro 13 – Fluxos de caixa e respectivos saldos, nominais e descontados, referentes ao projeto original e ao projeto simulado.

Período	Projeto Original				Simulação			
	Fluxo	Saldo	Fluxo Desc.	Saldo Desc.	Fluxo	Saldo	Fluxo Desc.	Saldo Desc.
0	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207	-3.300.207
1	859.603	-2.440.604	745.181	-2.555.026	1.154.544	-2.145.663	1.000.862	-2.299.345
2	956.248	-1.484.356	718.617	-1.836.409	1.293.323	-852.340	971.928	-1.327.418
3	1.054.378	-429.978	686.890	-1.149.519	1.433.587	581.246	933.931	-393.487
4	1.093.884	663.906	617.768	-531.751	1.494.160	2.075.407	843.823	450.337
5	1.074.678	1.738.584	526.134	-5.617	1.474.954	3.550.361	722.098	1.172.435
6	956.693	2.695.277	406.026	400.409	1.356.970	4.907.330	575.906	1.748.341
7	1.039.851	3.735.128	382.575	782.984	1.440.127	6.347.458	529.841	2.278.182
8	1.024.079	4.759.207	326.619	1.109.603	1.424.356	7.771.813	454.284	2.732.466
9	1.009.310	5.768.517	279.059	1.388.663	1.409.587	9.181.400	389.730	3.122.196
10	2.078.847	7.847.364	498.263	1.886.925	2.479.124	11.660.523	594.202	3.716.398

5.3.5 Payback

O tempo necessário para a recuperação do investimento do projeto também é significativamente influenciado pela distância entre a fábrica e o porto. Utilizando-se o método do Payback Simples, no projeto original a recuperação do investimento ocorre em 3,39 anos, contra 2,59 anos do projeto simulado. No tocante ao Payback Descontado, a recuperação ocorre em 5,99 anos no projeto original, ao passo que na simulação o prazo é de 2,47 anos.

5.3.5 ROI

O projeto original apresenta ROI de 57,18%, na simulação esse percentual salta para 112,61%.

5.3.5 Lucratividade

No projeto original IL é de 1,57, enquanto na simulação o índice sobe para 2,13, reforçando a importância da distância fábrica-porto na formação do resultado de uma empresa exportadora de pellets.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da revisão de literatura realizada e dos resultados obtidos no estudo, pode-se verificar, ainda que de forma superficial, o crescente interesse na utilização do pellet, a partir de biomassa florestal, como fonte de energia alternativa e sustentável, bem como o posicionamento e o comportamento dos principais atores do mercado internacional de pellets, no qual o Brasil participa, ainda, de forma muito discreta.

O Brasil conta com pouco mais de uma dezena de plantas industriais que produzem muito abaixo da capacidade instalada; a ociosidade operacional, aliada aos custos fixos da fábrica, são alguns dos fatores que se traduzem na elevação do custo da produção dos pellets, dificultando a concorrência com produtos de mercados mais desenvolvidos, como Estados Unidos, Canadá e alguns países da Europa. Nada obstante, o país possui elevado potencial para se destacar no mercado global, necessitando, porém, de maior atenção e apoio por parte dos agentes governamentais e determinação, por parte dos empresários do setor, no sentido de elaborar produtos que atendam às especificações requeridas pelo mercado internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa. **Biomassa e Energia Renováveis**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://pt.calameo.com/books/0008953904b2d751d9bd1>>. Acesso em: 15/05/2017.

ABIB - Associação Brasileira de Indústrias de Biomassa e Energia Renovável. **Guia Brasil Briquete**. Curitiba, 2012.

ABIB - Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa. Biomassa e Energia Renováveis. Woodpellets: **Mercado Internacional Produção e Consumo**. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://data.novo.gessulli.com.br/file/2014/08/27/E142912-F00001-X544.pdf>>. Acesso em: 15/05/2017

AEBIOM - European Biomass Association. **Manual ENplus, Sistema de Certificação de Qualidade para Pellets de Madeira European Pellet Council (EPC)**. Bruxelas, Bélgica. 2015. Disponível em: <http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2015/07/ENplusHandbook_part2_V3.0_CertificationProcedure_PT.pdf>. Acesso em 20/06/2017.

AEBIOM - European Biomass Association. **Relatório “Statistical Report**. 2013.

AEBIOM - European Biomass Association. **Relatório “Statistical Report**. 2015.

ALAKANGAS, E. European standards for solid biofuels. Fuel specification and classes, multipart standard Case – wood pellets & chips. VTT. **Convenor of the CEN/TC 335 working group 2**. 2009

ALAKANGAS, E. New European Pellet Standard. EN 14961-1. **EUBIONET**. 2010. Disponível em: <http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/download_presentations/Alakangas_paper_neu.pdf>. Acesso em 03/05/2017.

BAREL, C. **Country report France**. 2009. Disponível em: <http://pelletsatlas.info/wp-content/uploads/2015/09/France_CR.pdf>. Acesso em: 10/05/2017.

BIOMASSA BR - **Revista Brasileira de Biomassa e Energia**. vol.6, nr. 27, set/out 2016. Disponível em: <<https://www.rvistabiomassabr.com>>. Acesso em 01/06/2017.

BORIN, G. V. PelletBraz S.A. **Comunicação Pessoal com Diretor Comercial** em 5 de julho de 2012. 2012.

BORIN, G. V.. PelletBraz S.A. **Comunicação Pessoal com Diretor Industrial** em 12 de janeiro de 2013 e 15 de março de 2013. 2013.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/2441-anuario-estatistico-2016>>. Acesso em 28/05/2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos. **Japoneses querem aumentar exportação de biomassa produzida aqui para o Japão** (artigo publicado em 01/12/2016). 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/japoneses-querem-aumentar-exportacao-de-biomassa-produzida-aqui-para-o-japao>. Acesso em 03/06/2017.

CARVALHO, N. P. R.. **Implementação do Plano de Controlo, Inspeção e Ensaio na Produção de Pellets de Madeira**. Dissertação. Mestrado em Tecnologias Ambientais. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu / Instituto Politécnico de Viseu. Viseu, 2011.

COELHO, J.C. **Biomassa - Biocombustíveis - Bioenergia**. Brasília, Ministério das Minas e Energia. 1982.

COUTO, L. C.; ABRAHÃO, C. P.; FARIA E. R.; COUTO, L. M. F.. Utilizações Energéticas da Biomassa Vegetal. **Revista Biomassa & Energia**, Viçosa, Minas Gerais, v. 5, n. 1, 2012.

COUTO, L.C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L.F.; CÂMARA, D. Vias de valoração energética da biomassa. **Biomassa e Energia**, Viçosa, 2004. Disponível em: <http://www.renabio.org.br/arquivos/p_vias_biomassa_5919.pdf>. Acesso em: 19/05/2017.

COUTO, L.C.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. **CEMIG**. Belo Horizonte, 2000.

COUTO, L.C.; MULLER, M. D.; DA SILVA JÚNIOR, A. G.; CONDE, L. J. N. Produção de pellets de madeira – O caso da Bio-Energy no Espírito Santo. **Biomassa & Energia**, Viçosa, 2004a.

COYNER, B. Pres-to-Logs. A History Lesson in Industry Efficiency. **Timber West Magazine**, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Agroenergia**: documento sobre briquetes e pellets. 2013. Disponível em: <<https://www.biomassa.bioenergia.com.br/imprensa/embrapa-agroenergia-publica-documento-sobre-briquetes-e-pellets/20130417-084645-m333>>. Acesso em 15.05.2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Agroenergia**: Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília, DF. 2012.

EUROPEAN PELLET COUNCIL - EPC. **Handbook for Certification of Wood Pellets for Heating Purposes**. April, 2013.

FORCE Technology e Hansen, M.T. “**Country report Denmark**”. 2009.. Disponível em: <http://pelletsatlas.info/wp-content/uploads/2015/09/Denmark_CR.pdf> . Acesso em 20/04/2017.

FRANCISCO, W. C.. "**Carvão Mineral**"; Brasil Escola, 2017. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/carvao-mineral-combustivel.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

FRIED, J. **Do carbon offsets work? The role of forest management in greenhouse gas mitigation**. PNW Science Findings, USDA Forest Service, Portland, Oregon. 2013. Disponível em: <<http://www.pelletheat.org/assets/docs/industry-data/usfs-science-findings.pdf>>. Acesso em: 21/05/2017.

FUNDINGUNIVERSE. **Potlatch Corporation History**. Disponível em: <<https://www.fundinguniverse.com/company-histories/potlatch-corporation-history/>>. Acesso em: 18/05/2017.

GARCIA, D.P. **Caracterização Química, Física e Térmica de Pellets de Madeira Produzidos no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2010.

GARCIA, D.P.; CARASCHI, J.C.; VENTORIM, G.O. Setor de pellets de madeira no Brasil. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), 2017.

GARCIA, D.P. **Otimismo no mercado de Pellets de Madeira (wood pellets)**. 2016. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/otimismo-mercado-de-pellets-madeira-wood-dorival-pinheiro-garcia>>. Acesso em 25/05/2017.

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e Energia**. Química Nova, Vol. 32, No. 3. 2009.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e Desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ssp/v14n3/9776.pdf>> Acesso em: 19/05/2017.

GRAUER, A.; KAWANO, M. **Uso de Biomassa para Produção de Energia**. 2001.

GUARDABASSI, P.M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia. São Paulo – Universidade de São Paulo. 2006.

HALL, J.P. **Sustainable production of woody biomass for energy**. In: XII World Forestry Congress, 2003. Quebec City, Canada. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0077-A1.HTM#P10_167>. Acesso em: 15 Abr. 2017.

HANSEN, M.; Tony; JEIN, A.R. (FORCE Technology); HAYES, S.; BATEMAN, P. (National Energy Foundation). **English Handbook for Wood Pellet Combustion**. Pellets Atlas, 2010.

HOLZFORSCHUNG, A.; STEINER, M. e PICHLER, W. (2009). "**Country report Austria**". 2009. Disponível em: <http://pelletsatlas.info/wp-content/uploads/2015/09/Austria_CR.pdf> Acesso em: 14/05/2017.

HUGHES, N., SHAHI, C., PULKKI, R. A Review of the Wood Pellet Value Chain, Modern Value/Supply Chain Management Approaches, and Value/Supply Chain

Models. **Journal of Renewable Energy**. 2014, Article ID 654158. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/654158>. Acesso em: 12/06/2017.

IBP - Instituto Brasileiro das Indústrias de Pellets, Biomassa e Briquete. **Mercado Internacional de Pellets**. 2015. Disponível em: <<http://abibbrasil.wixsite.com/institutobr pellets/mercado-internacional>>. Acesso em: 27/05/2017.

KALIYAN, N., MOREY, V. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. **Biomass and Bioenergy**, v.33. 2009.

KAREKESI et al. Status of Biomass Energy in Developing Countries and Prospects for International Collaboration. In GFSE-5 Enhancing International Cooperation on Biomass. **Background Paper**. Áustria, maio, 2005.

LAMERS, P.; JUNGINGER, M.; HAMELINCK, C.; FAAIJ, A. “Developments in International Solid Biofuels Trade – An Analysis of Volumes, Policies, and Market Factors.” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2012.

LAURI, P., HAVLÍK, P., KINDERMANN, G., BÖTTCHER, H., OBERSTEINER, M. Woody biomass energy potential in 2050. **Energy Policy**. 2014.

LI, Y., LIU, H. High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. **Biomass and Bioenergy**, v.19. 2000.

MANZANO, A.F.; ALCAYDE, A.; MONTOYA, F.G.; ZAPATA, S.A.; GILL, C. Scientific production of renewable energies worldwide: **An overview**. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2013.

MELLO, M.G.. **Biomassa: Energia dos Trópicos em Minas Gerais**. Belo Horizonte: LabMídia/FAFICH. 2001.

MURRAY, G. Canadian Wood Pellet Industry. **European Pellet Conference**, March 3, 2011. 2011. Disponível em: <<https://www.pellet.org/linked/2011-03-03%20g%20murray%20epc.pdf>> Acesso em 02/06/2017.

NARODOSLAWSKY, M. Structural prospects and challenges for bio commodity processes. **Food Technology and Biotechnology**. 2010.

NOGUEIRA, L.A.H. **Bioenergias e Sustentabilidade: nexos e métodos**. São Paulo: jan. 2005.

NOGUEIRA, L.A.H e LORA, E.E.S. **Dendoenergia: fundamentos e aplicações – 2 ed.** Rio de Janeiro: Interciência. 2003.

NUNES, L., MATIAS, J. e CATALÃO, J. “Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal”, **Renewable Energy**, Vol. 85, Portugal. 2016.

OLIVEIRA, C.M. Porque produzir e utilizar pellets é um promissor e sustentável negócio do futuro (artigo). **Brasil Biomassa e Energia Renovável / ABIB**. 2016.

OLIVEIRA, C.M. Processo Industrial de Produção de Pellets (artigo). **Brasil Biomassa e Energia Renovável / ABIB**. 2015.

OLIVEIRA, C.M. Woodpellets Mercado Internacional - Produção e Consumo (Documento reservado). **Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável / ABIB**. 2014.

OPALCO. Whitfield. **J. BIO**. 2014. Disponível em: <<https://www.opalco.com/docs/jerry-whitfield-bio-2014/>> Acesso em: 26/06/2017

PELLETS@LAS (2009) Advancement of pellets-related European standards. **WIP Renewable Energies**. 2009. Disponível em: <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/pelletslas_pellet_standards.pdf>. Acesso em 21/05/2017.

PELLET FUEL INSTITUTE – PFI. **Pellet Fuels Institute Residential/Commercial Densified Fuel QA/QC Handbook**. June 2011. Disponível em: <<http://www.pelletheat.org/assets/docs/qa-qchandbook-november-2011.pdf>>. Acesso em: 10/04/2017.

PEREDA, C.F. O que acontece com o Acordo de Paris após o abandono dos EUA. **EL PAIS**. Maio/2017. Washington. Edição de 01/06/2017.

RAKOS, C.A.Q. et Al: European Pellet Council. In: **Argus Biomass Markets, weekly biomass market news and analysis**. 2015.

RANTA, T.; SCHWEINLE, J.; TROMBORG, E.; SOLBERG, B., SKJEVRAK, G. e TIFFANY, D. “Economic Sustainability for wood pellets production – A comparative study between Finland, Germany, Norway, Sweden and the US”. **Biomass and Bioenergy**, Vol. 57. 2013.

RASGA, R.O.S. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Economia de São Paulo. 2013.

REMADE - **revista da madeira** - edição nº133. dezembro de 2012.

REMADE - **revista da madeira** – edição 135 - 2013.

REMADE - **revista da madeira** - edição 137 - 2013.

REMADE - **revista da madeira** - edição 140 - 2016.

REMADE - **revista da madeira** - edição 143 - 2017.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Estudos Avançados**, 2005.

SERRANO, Diego M. C. **Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Polo Florestal da Região Sul do Brasil**. 2009. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SHI, E. (Customer Service at Zhengzhou Azeus Machinery Company). **Analysis on China Bio-fuel Pellets Market**. 2015. Disponível em: <<http://biopelletmachine.com/biopellets-making-guidance/analysis-on-China-biofuel-pellets-market.html>> Acesso em: 03/06/2017.

SOPHA, B.M., KLÖCKNER, C.A. Psychological factors in the diffusion of sustainable technology: A study of Norwegian households' adoption of wood pellet heating. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2011.

STOEGLEHNER, G., NARODOSLAWSKY, M. How sustainable are biofuels? Answers and further questions arising from an ecological footprint perspective. **Bioresource Technology**. 2009.

SUÁREZ J.A.; BEATÓN P.A.; LUENGO, C.A.; FELFLI, F.F. Coffee Husk Briquettes: A new Renewable Energy Source. **Energy Sources**. 2003.

The National Energy Foundation e Hayes, S. **Country report United Kingdom**. 2009. Disponível em: <http://pelletsatlas.info/wpcontent/uploads/2015/09/United-Kingdom_CR.pdf>. Acesso em: 15/05/2017.

TROSSERO, M.A. **Wood energy: the way ahead**. Unasyuva, 2002.

USDA Foreign Agricultural Service. USDA FAS GAIN. 2013. The Market for Wood Pellets in the Benelux. **GAIN Report Number: NL3001** (1-4-2013). Disponível em: <https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/The%20Market%20for%20Wood%20Pellets%20in%20the%20Benelux_The%20Hague_Netherlands_1-4-2013.pdf> Acesso em: 02/06/2017.

VIDAL, André C.F. e HORA, A.B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES, biblioteca digital, Setorial 33; papel e celulose**. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em 10/05/2017.

VERHOEST, C., RYCKMANS, Y. **Industrial Wood Pellets Report**. PELLCERT. 2012.

WRIGHT, H. Biomass and Wood Pellet Market Analysis. **Forest Energy Monitor**. V.37. 2014.