

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**PRODUÇÃO DE PELLETS DE MADEIRA NO BRASIL:
ESTRATÉGIA, CUSTO E RISCO DO INVESTIMENTO.**

LAURENT ROGER MARIE QUÉNO

ORIENTADOR: Prof. Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL. TD-059/2015

BRASÍLIA-DF, SETEMBRO /2015

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

**PRODUÇÃO DE PELLETS DE MADEIRA NO BRASIL: ESTRATÉGIA, CUSTO E
RISCO DO INVESTIMENTO.**

LAURENT ROGER MARIE QUENO

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO
GRAU DE DOUTOR.**

APROVADO POR:

Prof. Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA,
Professor Adjunto da Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Florestal – UnB,
(Orientador)

Prof. Dr. ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA,
Professor Adjunto da Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Florestal – UnB,
(Examinador Interno)

Prof. Dr. EDER PENEIRA MIGUEL,
Professor Adjunto da Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Florestal – UnB,
(Examinador Interno)

Prof. Dra. MAÍSA SANTOS JOAQUIM
Professora Adjunta da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV/UnB,
(Examinador Interno/Externo)

Prof. Dra. KEILA LIMA SANCHES
Professora Adjunta do Instituto Federal de Brasília – IFB,
(Examinador Externo)

Brasília/DF, 30 de Setembro de 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

QUENO, LAURENT ROGER MARIE
PRODUÇÃO DE PELLETS DE MADEIRA NO BRASIL: ESTRATÉGIA, CUSTO E
RISCO DO INVESTIMENTO/ LAURENT ROGER MARIE QUENO; Orientador
ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA [Distrito Federal]. 2015

xvii, 145p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Doutor, Tese de Doutorado – Universidade de
Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Pellets de madeira
3. Simulação de Monte Carlo

2. Biocombustíveis

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

QUÉNO, L. R. M. (2015). Produção de Pellets de Madeira no Brasil: Estratégia, Custo e Risco do Investimento. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Publicação PPG EFL. DM-132/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 145p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Laurent Roger Marie Quéno

TÍTULO: Produção de Pellets de Madeira no Brasil: Estratégia, Custo e Risco do Investimento.

GRAU: Doutor

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Laurent Roger Marie Quéno
laurentfloresta@gmail.com

Scio cui credidi

« Je sais en qui j'ai cru »

« Eu sei em quem acreditei »

Blaise Pascal

2 Tm 1, 12

RESUMO

PRODUÇÃO DE PELLETS DE MADEIRA NO BRASIL: ESTRATÉGIA, CUSTO E RISCO DO INVESTIMENTO.

Este trabalho trata da produção de pellets de madeira no Brasil: a estratégia das empresas produtoras, o custo de produção e o risco do investimento. Foram entrevistadas nove fábricas localizadas na Região Sul do país: 43 % dessa produção são exportadas, o que representa 23.000 toneladas por ano. As empresas brasileiras produtoras são geralmente de pequeno a médio porte (1200 a 25.000 toneladas por ano) e são focalizadas na transformação da maravalha de Pinus que é um resíduo da indústria madeireira com preço acessível e de fácil pelletização.

Dois fatores principais favorecem o crescimento recente da produção brasileira: no mercado interno, a competitividade comparada a outras fontes de energia, e no mercado de exportação, o câmbio favorável. O custo de produção foi estimado a 340 R\$/t sem a tributação. O custo da matéria-prima maravalha representa 50% desse custo e a energia 15%. O meio de baixar esse custo seria de pelletizar a serragem úmida que é uma matéria-prima abundante e mais barata. Também favorecer a venda do pellet a granel porque evitaria a etapa cara e não ecológica do ensacamento.

O risco financeiro foi estimado por meio da Simulação de Monte Carlo (MCS). Para uma fábrica vendendo metade da sua produção no mercado interno e a outra metade no mercado externo, o VPL tem 42,2% de chance de ser negativo e a TIR possui 36 % de chance de ser inferior à taxa mínima de atratividade que foi considerada de 14,15% a.a. As elasticidades em relação ao VPL e a TIR das variáveis formando o custo de produção foram estimadas.

Palavras chave: Pellets de madeira; Biocombustíveis, Simulação de Monte Carlo

ABSTRACT

WOOD PELLETS PRODUCTION IN BRAZIL: STRATEGY, COST AND INVESTMENT RISK.

This paper deals with the wood pellets production in Brazil: the strategy of the producers, the production costs and the investment risk. Nine plants were interviewed located in the southern region of the country: 43% of production is exported, representing 23,000 tons per year. Brazilian producers companies are generally small to medium sized (1200 to 25,000 tons per year) and are focused on the transformation of pine wood shavings which is a residue from the timber industry with affordable and easy pelletização.

Two main factors further the recent growth of Brazilian production: in the internal market, the competitiveness compared to other energy sources, and in the export market, the advantageous exchange. The cost of production was estimated at 340 R\$.t⁻¹ without taxation. The cost of the raw material shavings represents 50% of this cost and energy 15%. The way to lower this cost would be pelletize wet sawdust which is a raw material abundant and cheaper. Also promote the sale of the bulk pellet because it would avoid the expensive and not environmentally friendly step of bagging.

The financial risk was estimated using the Monte Carlo simulation (MCS). For a factory selling half of its production on the domestic market and the other half in foreign markets, the NAV has 42.2% chance of being negative and the IRR has 36% chance of being below the minimum rate of attractiveness that was considered of 14.15% pa. The elasticity in relation to the NPV and the IRR of the variables forming the cost of production were estimated.

Keywords: wood pellets; Biofuels, Monte Carlo simulation

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é o fruto da confiança que o Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília depositou em mim para realizar essa pesquisa que muito contribuiu para o meu engrandecimento profissional, intelectual e pessoal aqui no Brasil. Toda equipe do Departamento fez com que minha integração aqui no Brasil fosse bem mais fácil.

Eu quero agradecer, especialmente, meu professor orientador Dr. Álvaro Souza Nogueira que demonstrou paciência e competência para me dirigir ao longo desses anos. Quero agradecer outros professores da UNB, especialmente Humberto Ângelo, Ailton Teixeira do Valle, Eder Pereira Miguel, Joaquim Carlos Gonzalez e Luiz Vicente Gentil. E as professoras e amigas Keila Lima Sanches e Maísa Santos Joaquim pelas correções e recomendações.

Quero agradecer as empresas que me receberam e que não limitaram seus apoios, especialmente Luca Antonio Melidoro da Energia Futura, Marcelo Dalla Vecchia da Timber Creek Farms, Fabiane Piovesan da Piomade, Otávio Guimarães Decusati e Osmar Graff da Tanac, Rodrigo Costa da Araupel, Alexandre Cislghi de Chamape Energias Sustentáveis.

Um agradecimento especial a John W. Arsenault do *Quebec Wood Export Bureau* que me recebeu calorosamente no seu país gelado, o Canadá. E também ao professor Américo Mendes da Universidade Católica Portuguesa (Porto) pelos encorajamentos.

Não posso terminar essa lista sem enfatizar todo o apoio e o carinho que recebi de minha esposa, Maira. Ela aceitou muitas privações e limitações para eu pudesse realizar esse sonho.

Agradeço a meus pais e avós que me serviram de exemplo e me ensinaram sobre o temor a Deus, o amor ao trabalho e o respeito à natureza, assim como a cidadania.

Agradeço acima de tudo a Deus. Sem Ele nada teria sido possível.

SUMÁRIO

CESSÃO DE DIREITOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
AGRADECIMENTOS	vii
SUMÁRIO.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 HIPÓTESE.....	3
2 ESTADO DA ARTE	4
2.1 BIOMASSA FLORESTAL	4
2.1.1 Definição	4
2.1.2 Uso passado e atual	5
2.1.3 Uma energia renovável futura	6
2.1.4 A mudança da matriz energética dos países desenvolvidos	7
2.2 O PELLET, O BIOCOMBUSTÍVEL FLORESTAL	8
2.2.1 Definição	8
2.2.2 História.....	11
2.2.3 Vantagens dos pellets	14
2.2.4 Competitividade do pellet, comparado a outras fontes de energia.....	16
2.2.5 Competição do pellet e da biomassa florestal com outros usos da madeira	18
2.2.6 Possibilidades de evoluções futuras	18
2.3 EXIGÊNCIAS DO MERCADO INTERNACIONAL	21

2.3.1	Normas de fabricação dos pellets.....	21
2.3.2	As normas existentes no mercado internacional	22
1.1.1.1	A norma DINplus	23
1.1.1.2	A norma francesa	24
1.1.1.3	A norma europeia ENplus	25
1.1.1.4	As normas norte-americanas	27
2.3.3	A necessidade da qualidade na produção de pellets.....	28
2.3.4	A situação no Brasil	31
2.3.5	As exigências socioambientais.....	31
2.4	O MERCADO INTERNACIONAL.....	35
2.4.1	O pellet virou “commodity”	35
1.1.1.5	Funcionamento do mercado de futuro.....	35
1.1.1.6	Os Incoterms	37
1.1.1.7	Preços	39
2.4.2	Os volumes atuais de produção.....	43
1.1.1.8	A América do Norte	45
1.1.1.9	A Europa ocidental.....	47
1.1.1.10	A Federação Russa	49
1.1.1.11	O Sudeste Asiático	50
2.4.3	Países importadores.....	50
2.4.4	Brasil	54
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	56
3.1	ANÁLISE SWOT	56
3.1.1	Definição	56
3.1.2	Exemplos de Análises SWOT realizadas na aera florestal e de biomassa.....	57
3.2	CUSTO DE PRODUÇÃO DE PELLETS	60
3.3.1	Análise do custo de produção.....	61

3.2.1.1	Custo da matéria prima	61
3.2.1.2	Custo de operação da fábrica	61
3.2.1.3	O custo de transporte.....	63
3.3.2	Estudos realizados sobre custos de produção no mundo.....	63
3.3.3	Elementos de custo no Brasil	65
3.3	ANALISE FINANCEIRA E DO RISCO DE UM EMPREENDIMENTO	68
3.3.1	O Método de Fluxo de Caixa Descontado.	68
3.3.2	A Simulação de Monte Carlo	68
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	70
4.1	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	70
4.2	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	71
4.3	MATRIZE SWOT	72
4.4	MÉTODO DE CUSTO	74
4.4.1	Coleta de dados.	74
4.4.2	Cálculo do custo de produção	74
4.5	ANÁLISE FINANCEIRA	76
4.5.1	Construção do Fluxo de Caixa Descontado de uma fábrica de Pellets	76
4.5.2	As receitas operacionais.	78
4.5.3	Os custos fixos operacionais.	79
4.5.4	Os custos variáveis operacionais.....	79
4.5.4.1	A matéria-prima.	79
4.5.4.2	A energia.	80
4.5.4.3	Impostos diretos.	80
4.6	METODO DE MONTE CARLO DE ESTIMAÇÃO DE RISCO	83
4.6.1	Variáveis de entrada (Input) do modelo	83
4.6.1.1	As variáveis estocásticas	83
4.6.1.2	As series históricas	86

4.6.2	Variáveis de saída (Output) do modelo.....	88
4.6.3.1	VPL - Valor Presente Líquido do empreendimento.....	88
4.6.3.2	TIR – Taxa Interna de Retorno do empreendimento.....	90
5	RESULTADOS	91
5.1	A QUALIDADE DE PRODUÇÃO NO BRASIL.....	91
5.2	A ESTRATÉGIA DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE PELLETS.....	92
5.3	CUSTO DE PRODUÇÃO DO PELLET NO BRASIL.....	94
5.4	RESULTADO FINANCEIRO	96
5.5	ANÁLISE DO RISCO DO EMPREENDIMENTO	99
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
6.1	CONCLUSÕES	107
6.2	RECOMENDAÇÕES DE PESQUISAS FUTURAS	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	109
	ANEXOS	127
	ANEXO 1	128
	ANEXO 2	129
	ANEXO 3	130
	ANEXO 4 : SPECIFICAÇÕES PARA PELLETS INDUSTRIAIS DA NORMA EUROPEIA. 131	
	ANEXO 5	132
	ANEXO 6	133
	ANEXO 7	134
	A6 -1 Determinação da Densidade a Granel (Norma ABNT NBR 6922:1981 para carvão e Norma Europeia EN 15103 para pellet);	134
	A6-2 Determinação das dimensões dos pellets (EN 16127)	135
	A6-3 Determinação do teor de finos, (NM-ISO 3310-2:2010)	135
	A6-4 Determinação do teor de umidade (Norma EN 14774-2)	136

A6-5 Determinação da durabilidade mecânica (EM 15210-1).....	136
A6-6 Determinação do teor de cinza (Norma EN 14 775).....	137
A6 -7 Determinação dos materiais voláteis e carbono fixo (Norma EN 1514).....	137
A6-8 Poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) (Norma ABNT NBR 8633:1984).	138
ANEXO 8	140
ANEXO 9	141
ANEXO 10	144
ANEXO 11	145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uso energético da biomassa.....	6
Figura 2: Produção primária de energia, em petajoules, a partir de fontes renováveis na EU28.	6
Figura 3: Fluxograma da produção de pellets até a comercialização com quatro fontes possíveis de matérias-primas de origem florestal.....	10
Figura 4: Caldeira residencial de alto desempenho com abastecimento automático (Hoval, Ltd).	12
Figura 5: Sistema integrado de aquecimento central para uso doméstico da marca austríaca Okofen.	13
Figura 6: Emissão de CO ₂ de diferentes tipos de energias para calefação na Europa (gCO ₂ eq/kWh).	15
Figura 7: Evolução comparativa do custo de diferentes energias na França, em Euros/100 kWh PCI, para uso em aquecimento residencial.	16
Figura 8: Esquema geral das relações de normatização na cadeia produtiva para o uso dos biocombustíveis sólidos.....	26
Figura 9: Indicador do preço CIF (Eur./t) de futuro, dentro de 90 dias nos portos ARA (Amsterdam, Rotterdam e Antwerp), em USD/tonelada.....	40
Figura 10: Índices de preço CIF (Eur./MWh) do pellet industrial para a região báltica da Europa, publicado por FOEX.	41
Figura 11: Índice de preço (Eur./t) para o pellet EM Plus-A2, para a Europa continental, publicado por FOEX e Pro-pellets Áustria.....	42
Figura 12: Produção de subprodutos disponibilizados pelas indústrias madeireiras e consumo total pelas indústrias de papel, painéis e pellets na França, em milhões de m ³ /ano.	49
Figura 13: Fluxograma simplificado do processo de pelletização.	60
Figura 14: Cadeia de valor agregado no processo de produção de pellets	61
Figura 15: Custo da energia no Brasil comparado ao custo de outros países em R\$/MWh....	66
Figura 16: Distribuição do custo da maravalha ajustada pela função Log-Normal truncada...84	
Figura 17: Distribuição do preço da energia ajustada pela função triangular	85
Figura 18: Distribuição de probabilidade da taxa de Cambio USD/R\$ pela função Log- Normal.....	87
Figura 19: Distribuição de probabilidade da inflação-IPCA%	87

Figura 20: Evolução de risco de VPL negativo e da TIR inferior a 14,15% em função da proporção, de 10 a 100%, de exportação na produção.	99
Figura 21: Histograma de distribuição de probabilidade com curva cumulativa do VPL do empreendimento com vendas repartidas entre mercado interno (50%) e exportações (50%).	100
Figura 23: Histograma da distribuição de probabilidade do TIR para uma empresa voltada 50% para mercado externo e 50% para o mercado interno.	100
Figura 23: Coeficientes de regressão das variáveis de entrada que influenciam na formação do modelo de distribuição de probabilidade do VPL para uma empresa orientada 50 % exportações e 50% mercado interno.	102
Figura 25: Coeficiente de Regressão do modelo de distribuição de probabilidade do TIR para uma fábrica com 50% de suas vendas para o mercado interno e 50% para exportações.	104
Figura 26: Coeficientes de Regressão do modelo para uma empresa exclusivamente orientada para o mercado interno.	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características de diferentes biocombustíveis sólidos.....	14
Tabela 2. Orçamento anual para aquecimento de uma residência necessitando de 75.000 kWh, no Canadá	16
Tabela 3. Equivalências entre normas europeias EN 14961-2, NF (França) e DIN Plus (Alemanha).....	23
Tabela 4. Princípios de sustentabilidade estabelecidos pelo IWBP, em paralelo aos adotados pelo Reino Unido.....	34
Tabela 5. Produção (t) de pellets, em 2014 e crescimento anual (%) dos principais países produtores.	44
Tabela 6: Principais países exportadores de pellets com volume (t), taxa de crescimento anual (%) e preço médio da tonelada (USD/t).....	46
Tabela 7: Principais países importadores de pellets em 2014, com as quantidades importadas e a taxa de crescimento das importações comparadas ao ano anterior.....	51
Tabela 8: Procedência dos pellets importados por DRAX, em toneladas.	52
Tabela 9: Importações japonesas de pellets, volume, países de origem e preço, em 2009.	53
Tabela 10 : Países fornecedores de pellets para a Coreia do Sul, em toneladas e crescimento anual (%).....	53
Tabela 11: Matriz SWOT do mercado de pellets na Finlândia (Alakangas, 2002).....	58
Tabela 12: Custos e preços de cavacos (€/GJ) transportados de pólos madeireiros do Brasil para o Porto de Rotterdam (Adaptado de Walter e Dolzan, 2007).....	67
Tabela 13. Relação da produção de pellets e da matéria prima utilizada pelas empresas entrevistadas (2015).....	70
Tabela 14: Matriz dos fatores de cada quadrante da Análise SWOT.....	72
Tabela 15: Custo final apresentado por Mani para uma fábrica de 6t/h ou 45000t/ano (Mani, 2006).....	76
Tabela 16: Itens do Fluxo de Caixa Líquido de uma fábrica de pellets.	77
Tabela 17: Planilha de cálculo da depreciação e do patrimônio líquido do empreendimento (R\$).....	82
Tabela 18: Função de distribuição da Taxa de Cambio USD/R\$.....	87
Tabela 19: Função de distribuição de probabilidade da Taxa de Desconto/SELIC	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 20: Distribuição de probabilidade da Inflação.....	Erro! Indicador não definido.

Tabela 21: Função e Parâmetros de Distribuição das variáveis "Input" da MCS.	88
Tabela 22: Referências sobre qualidade da produção de pellets das empresas (2015).	91
Tabela 23: Resultado da Análise SWOT com as pontuações médias e Teste de Tukey.....	93
Tabela 24: Custo unitário do capital (R\$/t)	94
Tabela 25: Distribuição do custo total de produção por posto sem considerar os impostos	95
Tabela 26: Fluxo de caixa descontado em R\$ de uma fábrica destinada unicamente para o mercado interno.	97
Tabela 27: Fluxo de Caixa descontado em R\$ de uma fábrica com 80 % de sua produção exportada.	98
Tabela 28: Elasticidade das variáveis de saída em relação às variáveis de entrada para uma empresa com 50 % de venda no mercado interno e 50% no mercado externo.	104
Tabela 29: Exigências da norma francesa NF EN14961-2 (Adaptado a partir do Referencial de Certificação FCBA/AFNOR - MQ CERT 12-309).	128
Tabela 30: Normas estabelecidas pelo "Pellet Fuel Institute" - EUA (Adaptado de PFI, 2011)	129
Tabela 31: Correspondências entre unidades energéticas encontradas na comercialização dos pellets.....	129
Tabela 32: Parâmetros mais importantes da norma europeia EN <i>plus</i> com seus respectivos valores limites (Adaptado de European Pellet Council - ANPEB, 2012).	130
Tabela 33: Obrigações dos vendedores e dos Compradores num contrato de venda de uma commodity em função dos Incoterms.....	132
Tabela 34: Maiores países produtores de madeira serrada em m ³ (FAO, 2014).	133

ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES

CET:

CO₂: Dióxido de Carbono

EJ: Exajoule (=10¹⁸ joules)

EU27: União Europeia com 27 países membros

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.

FOB: sigla inglesa significando “*Free on board*”, ou em Português: “Livre a bordo

GEE: Gases de Efeito Estufa

MJ: Megajoule (=10⁶ joules)

PJ: Petajoule (=10¹⁵ joules)

SWOT: sigla oriunda do idioma inglês por *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).

WBGU: *Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen* – Conselho Consultivo Alemão sobre Mudança Global

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O consumo mundial de pellets tem aumentado nesses últimos anos passando de quantidades insignificantes no início dos anos 2000 para mais de 25 milhões de toneladas em 2014 (ARSENAULT, 2014). De um mercado limitado e regional na Escandinávia e Áustria de produtores locais que supriam as necessidades de consumidores em escala individual, o status deste biocombustível sólido mudou e se tornou “commodity”, negociada nos mercados internacionais para abastecer usinas termoeletricas das maiores empresas de fornecimento de energia elétrica da Europa (LAMERS et al., 2012). Um estudo de prospectiva realizado por PÖYRY em 2010 projetou o consumo mundial de pellets em 2020 de 46 milhões de toneladas por um valor de 8 bilhões de dólares (valores 2010). Outros estudos (WIHERSAARI et al., 2009, OBERNBERGER e THEK, 2010), estão diagnosticando com projeções de crescimento moderado (10% de aumento da demanda mundial ao ano), que 10 a 12 % de toda a madeira industrial colhida no mundo será transformada em pellets no horizonte de 2025.

Vários fatores têm permitido a expansão do mercado internacional de pellets:

- A política dos países desenvolvidos querendo reduzir a utilização de energias fósseis, que apresentam vários problemas, como (i) a dependência energética de países não democráticos e instáveis politicamente, (ii) as flutuações frequentes de preços, podendo chegar a patamares tão altos como ocorreu em 2008, provocando crises econômicas e, conseqüentemente, um alto custo da energia que compromete a volta do crescimento do PIB mundial, e finalmente (iii), a poluição com gases de efeito estufa que provocam mudanças climáticas irreversíveis prejudicando as condições de vida das gerações futuras (IPCC, 2013). O protocolo de Quioto, ratificado em 15 de março de 1999 pela maioria dos países do mundo, menos os Estados Unidos, foi o início de uma transição energética em direção a uma matriz mais sustentável incluindo a utilização da biomassa (MOISEYEV et al., 2011).

- As características técnicas e térmicas dos pellets permitem usá-los como qualquer combustível. Possui um baixo teor de umidade, uma densidade energética por volume relativamente elevada associada a um alto poder calorífico, cerca de 17 MJ kg⁻¹. O manuseio deste biocombustível sólido é relativamente fácil, graças a sua boa fluidez e sua boa resistência aos choques. O conjunto desses fatores facilita seu transporte, quer seja em

pequenas quantidades, quer seja a granel, por caminhão ou navio, sem que seu equilíbrio energético seja afetado. O seu armazenamento pode permanecer por longos períodos sem perda de matéria seca e sem alteração significativa de sua eficiência térmica (WU et al., 2011).

- 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 et al., 2013). A tecnologia se aperfeiçoou também nos sistemas de combustão, tanto residenciais como coletivas ou industriais, permitindo uma alta eficiência energética, superior a 90%, com uma gestão mais flexível no dia a dia e com uma produção limitada de cinzas e poluentes.

- A normalização da produção se concretizou com a adoção de normas internacionais. A certificação de qualidade deste biocombustível sólido foi então possível, dando garantia ao consumidor em nível de energia, conforto e praticidade (PELLETATLAS, 2009).

Embora os biocombustíveis sólidos, particularmente os pellets, não sejam ainda negociados no mercado internacional, no mesmo patamar que os biocombustíveis líquidos, espera-se que seja a próxima “commodity” global negociada com maior sucesso (WYNN, 2011; LAMERS et al. , 2012; HEINIMO E JUNGINGER, 2009). Hoje os volumes negociados vêm crescendo para satisfazer a demanda de combustível de usinas termoelétricas, que foram transformadas para gerar energia graças à co-combustão, que mistura os pellets ao carvão ou mesmo, exclusivamente a partir dos biocombustíveis sólidos.

Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Pellet (ABIPEL), o Brasil conta em 2015 com quinze indústrias de pellets de madeira, que totalizavam uma produção anual de apenas 80 000 toneladas por ano, usando somente um terço das suas capacidades instaladas de 250.000 ton./ano.

Gentil (2008) estima 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, desde que seja possível produzir um material de qualidade que respeite as exigências dos consumidores.

O Brasil, país importante na produção mundial de papel e celulose e na produção de painéis aglomerados a base de madeira, tem uma cadeia produtiva já organizada para a exportação de produtos transformados e sofisticados. Ele exportou pelo valor de 7,5 bilhões de dólares em 2012 (ABRAF, 2013). O Brasil se destaca também no uso da biomassa florestal em grande escala graças a plantações energéticas de eucalipto selecionado. A lenha é transformada quer seja diretamente em energia nos processos de várias usinas, especialmente de produtos alimentícios, quer seja em carvão vegetal para ser utilizado nos fornos das indústrias siderúrgicas para a produção de aço. Não entanto, o Brasil é ausente no mercado internacional de pellets.

1.2 OBJETIVOS

O Objetivo desse estudo é identificar os principais obstáculos que ainda não permitiram que o Brasil se tornasse um player importante no mercado internacional de pellets. Os dados necessários para a realização desse estudo foram colhidos por meio de contatos e entrevistas com os responsáveis das indústrias produtoras de pellets.

Os objetivos específicos são:

- Descrever a situação estratégica das empresas brasileiras produtoras frente ao mercado internacional trazendo informações sobre as dificuldades em produzir e comercializar pellets no contexto brasileiro.
- Investigar o custeio geral da produção de pellets no Brasil, a fim de determinar as condições econômicas necessárias para viabilizar uma cadeia produtiva, voltada ao mercado internacional;
- E avaliar o risco financeiro de um empreendimento de produção de pellets no Brasil pela simulação de Monte Carlo.

1.3 HIPÓTESE

A hipótese desse trabalho é que o Brasil pela sua extensão territorial, pela sua experiência florestal na produção em grande escala de fibra de madeira, pelo volume importante de resíduos de serrarias e indústrias moveleiras, pode se tornar um país de referência na produção de pellets, garantindo todas as exigências de qualidade que esperam os importadores e utilizadores europeus.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 BIOMASSA FLORESTAL

2.1.1 Definição

A busca de fontes alternativas às energias fósseis tornou-se uma questão crucial para o futuro do desenvolvimento econômico do mundo. As energias fósseis são consideradas não renováveis porque são consumidas rapidamente, enquanto foram formadas ao longo da escala do tempo geológico (BRAND, 2010). Além de sua escassez, elas apresentam os inconvenientes de uma grande oscilação de preço em função da conjuntura mundial e da emissão de CO₂ na atmosfera, que favorece o aquecimento global (IPCC, 2013).

No Brasil, entre as soluções possíveis para substituir as energias fósseis e diversificar a matriz energética, a biomassa se destaca como oportunidade a médio e a longo prazo porque o país dispõe de terras em quantidade suficiente e se beneficia de clima tropical favorável para alcançar uma produção significativa. A biomassa vegetal pode ser definida como toda produção oriunda de plantas e possível de ser transformada em fonte de energia (BRITO et al., 1979).

A biomassa é considerada uma energia renovável que aproveita indiretamente a energia solar. A energia solar é estocada pelas plantas na forma de carboidratos, por meio dos processos bioquímicos da fotossíntese (NARODOSLAWSKY, 2010). Estes carboidratos podem ser transformados em combustíveis sólidos, líquidos e gasosos que, por sua vez, serão queimados para produzir outros tipos de energia, entre elas a energia elétrica (GOLDEMBERG, 2009).

Segundo Brand (2010), os chamados biocombustíveis são os combustíveis derivados da biomassa que pode ser de origem florestal, agrícola, agroindustrial ou de resíduos urbanos. A biomassa florestal é não somente o material orgânico produzido pelas árvores em florestas nativas ou plantadas ou, mesmo, urbanas, mas também todos os subprodutos das indústrias madeireiras, assim como os resíduos madeireiros urbanos reciclados.

A biomassa florestal é considerada uma energia limpa porque o dióxido de carbono liberado na atmosfera durante a combustão foi capturado anteriormente pelas árvores no processo de fotossíntese. Assim, o saldo de carbono dessa energia é favorável, caso a floresta tenha uma gestão sustentável, protegendo o estoque de carbono no solo e utilizando o mínimo possível

de fertilizantes e de energia fóssil durante os tratamentos silviculturais e a exploração (FRIED, 2013; THE ECONOMIST, 2013).

Todas as biomassas não têm um saldo de carbono tão favorável, como é o caso de alguns biocombustíveis líquidos, como o etanol feito de milho, que é uma energia que não reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa por causa do petróleo usado para o cultivo e a produção dos fertilizantes (HINRICHS et al., 2010).

Stoeglehner e Narodoslowsky (2009) demonstraram que a pegada energética e ecológica deve ser estimada para poder afirmar se um biocombustível é ecologicamente sustentável e em qual proporção ele economiza emissões de GEE (, 2009).

2.1.2 Uso passado e atual

A biomassa sempre foi uma importante fonte de energia. Até poucas gerações atrás, a lenha foi, mesmo em países desenvolvidos, a principal fonte de energia na vida cotidiana, sendo utilizada para cozinhar e aquecer as residências (HALL, 2003).

Na verdade, a lenha ainda é um recurso imprescindível para muitas populações em regiões subdesenvolvidas ao redor do mundo. A FAO estima que 2 bilhões de pessoas dependem da madeira, na forma de lenha ou de carvão vegetal, para a sua sobrevivência (TROSSERO, 2002).

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, diretamente como fonte de energia para o cozimento dos alimentos ou aquecimento de residências, principalmente nos países em desenvolvimento. Infelizmente, a eficiência energética dessa forma de uso da biomassa é muito baixa e com muita perda de calor não aproveitado (Figura 1).

O consumo anual total mundial de biomassa foi estimado a 55 EJ, o que representa 10,2% de toda a energia primária consumida no mundo (EDENHOFER et al. 2011).

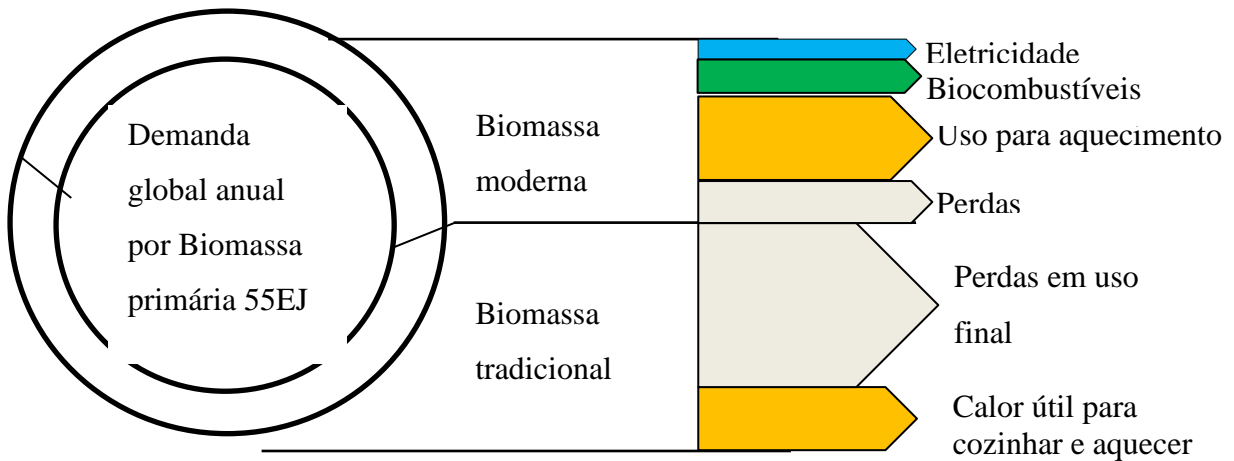


Figura 1: Uso energético da biomassa

Fonte: adaptado de REN 21, 2015.

2.1.3 Uma energia renovável futura

A biomassa é tão importante para o futuro energético das gerações futuras que se tornou objeto de estudo em intensos programas de pesquisas ao redor do planeta. Estima-se que 56% das pesquisas sobre energias renováveis no mundo se referem à biomassa (MANZANO-AGUGLIARO, 2013)

A biomassa sólida, composta, em grande parte, por produtos à base de madeira (lenha, pellets, briquetes, etc.) vem aumentando na matriz da Europa, ao lado de outras fontes renováveis de energia, como mostrado na Figura 2.

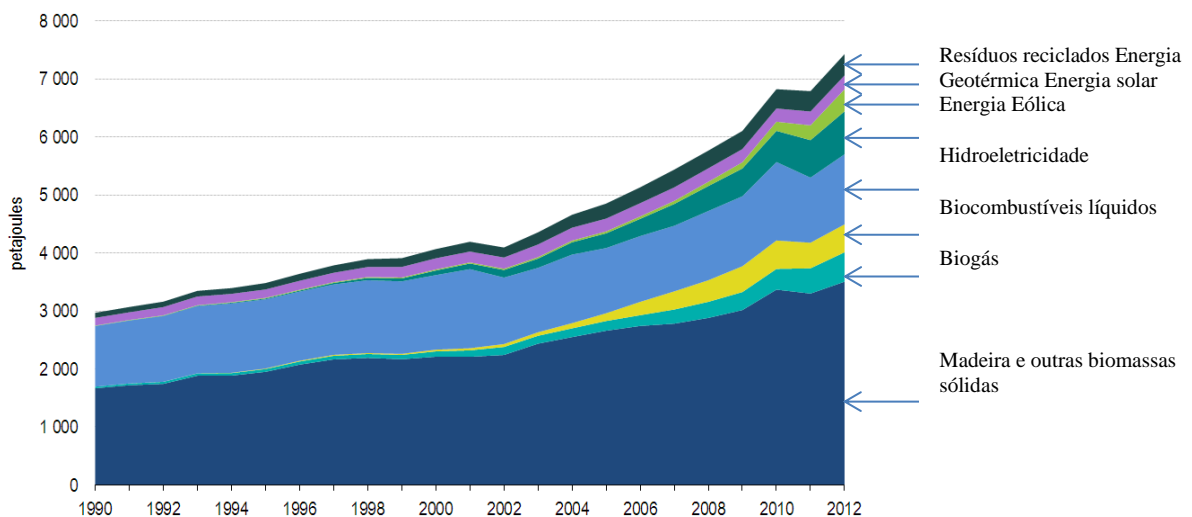


Figura 2: Produção primária de energia, em petajoules, a partir de fontes renováveis na EU28.

Fonte: adaptado de Eurostat, 2014.

Lauri e al. (2014) estimam que a biomassa florestal terá a capacidade de suprir até 18% das necessidades de energia primária no mundo em 2050. Este objetivo se tornará possível utilizando-se todas as fontes de madeira, sem tocar nos 14% de florestas primárias. Um dos problemas será diminuir ou controlar o custo de transporte dessa biomassa.

2.1.4 A mudança da matriz energética dos países desenvolvidos

Nos dias 23 e 24 de outubro de 2014, durante o Conselho Europeu reunido em Bruxelas (Bélgica), os dirigentes dos países europeus adotaram o “Quadro Energia-Clima 2030” que comporta três objetivos: reduzir em 40% as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em relação ao ano de 1990; colocar as energias renováveis no patamar de 27% do consumo da energia da União Europeia e melhorar a eficiência energética em 30%. Assim, este último Conselho Europeu confirmou a profunda mudança na matriz energética da Europa, que foi iniciada com o compromisso anterior dos 3x20, ou 20-20-20, ou seja, redução dos GEE de 20%, 20% de energias renováveis na matriz energética e 20% de melhoria na eficiência energética até 2020, compromisso que foi estabelecido pela Diretiva Europeia 2009/28/CE, no dia 23 de abril de 2009, chamada *Renewable Energy Directive* (RED) (GOETZL, 2015).

Atualmente, as energias renováveis representam apenas 10% do consumo total de energia da União Europeia. Nas estatísticas da EU27, a energia da madeira está contabilizada na categoria “biomassa e seus resíduos”, que faz parte das energias renováveis, ao lado da hidroeletricidade, da energia eólica, da energia solar e da geotermia. Segundo Urhausen (2012), a metade das energias renováveis utilizadas na União Europeia (EU27) tem origem na madeira (Figura 2). Com o objetivo de alcançar a porcentagem de 27% de energias renováveis na matriz energética da Europa até 2030, espera-se que a biomassa vegetal se torne um importante suprimento dessas necessidades.

O aumento significativo do uso da energia da biomassa florestal vai ser possível graças aos subsídios dos governos europeus, justificados pela vontade de reduzir o papel do carvão na matriz energética europeia, grande emissora de CO₂ nas usinas termoelétricas. Esses subsídios podem ser na forma de prêmios ao CO₂ não emitido.

No dia 10 de outubro de 2014, os Estados Unidos, junto com outros países, como a China, no fórum da Associação de Cooperação Econômica Ásia-Pacífico (APEC), assinaram o compromisso de reduzir as suas emissões em 26% a 28% até 2025, em relação aos valores de

2005. Isso só será possível com uma parte crescente das energias renováveis na matriz energética dos Estados Unidos.

Essas decisões dos dirigentes europeus e americanos irão modificar consideravelmente o mercado mundial da energia e a biomassa vai assumir um papel muito importante nesse cenário. A biomassa florestal será reconhecida como fonte confiável de energia, caso encontre quantidade disponível e suficiente para construir um mercado em longo prazo e com preço acessível e competitivo em relação a outras fontes renováveis de energia.

2.2 O PELLET, O BIOCOMBUSTÍVEL FLORESTAL

2.2.1 Definição

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 (LI e LIU, 2000, KALIYAN e MOREY, 2009)

Para produzir o pellet, diversos tipos de biomassa vegetal são utilizados, como cascas e podas de árvores, serragem e maravalhas e outros subprodutos das indústrias madeireiras e até resíduos da construção civil. Podem-se empregar também matérias de origem agrícola, como as palhas de cereais (NILSONN et al., 2011), as palhas lignocelulósicas de gramíneas de alta produtividade dos gêneros *Miscanthus* (LEHMANN et al., 2012) e *Panicum* (MANI et al., 2006), o bagaço da cana-de-açúcar (ALMEIDA et al., 2014) e o bambu (LIU et al., 2013). Vários subprodutos da atividade alimentícia podem ser aproveitados, como, por exemplo, os cachos de dendê (*Empty fruit bunches* - EFB) que, após extração do óleo, são transformados em pellets (RAHMAN et al., 2013). Mas, a principal fonte de matéria-prima para a fabricação de pellet vem da atividade florestal porque permite valorizar os subprodutos de baixo valor que até há pouco tempo eram desprezados, mas que produzem um biocombustível de excelente qualidade por ter baixo teor de cinza (WOLF et al., 2006).

Então, na atividade florestal, 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 et al., 2014).

O fluxograma da Figura 3 mostra as diferentes fontes de matéria-prima de origem florestal que são: (1) os subprodutos da indústria madeireira de segunda transformação: maravalha, serragem e pó da indústria moveleira e de piso; (2) os subprodutos da indústria madeireira de primeira transformação: serragem, costaneiras e desperdícios das serrarias; (3) os resíduos da exploração florestal habitualmente não extraídos da floresta, como pontas, galhos e até mesmo tocos e (4) a biomassa oriunda de plantações dedicadas com curta rotação e alta produtividade.

Depois de recolhidos, triturados e secos, esses materiais são transformados em pó que, posteriormente, é comprimido para se obter a forma final. De 6 a 8 m³ de serragem ou cavacos de madeira, depois de secos, processados e comprimidos, vão gerar 1 m³ de pellets de madeira. O resultado é um composto 100% natural e de elevado poder calorífico.

Alguns produtores utilizam um agente ligante (*binder*) de tipo lignosulfonato, amido de milho, farelo de canola ou outra matéria vegetal para melhorar o processo de pelletização, graças ao efeito de lubrificação dentro do molde, a fim de diminuir o consumo de energia e melhorar a durabilidade dos pellets (AHN et al., 2014). Os lignosulfonatos, que são subprodutos do processo de polpação sulfito da indústria de celulose, são os agentes ligantes mais utilizados pelos produtores de pellets, por terem poder aglomerante que aumenta a resistência mecânica do biocombustível, mas, em contrapartida, tem efeito negativo no seu valor calorífico e aumenta a emissão de monóxido de carbono. Contudo, as normas limitam o uso desses agentes ao máximo de 2% da massa total do produto (TARASOV et al, 2013).

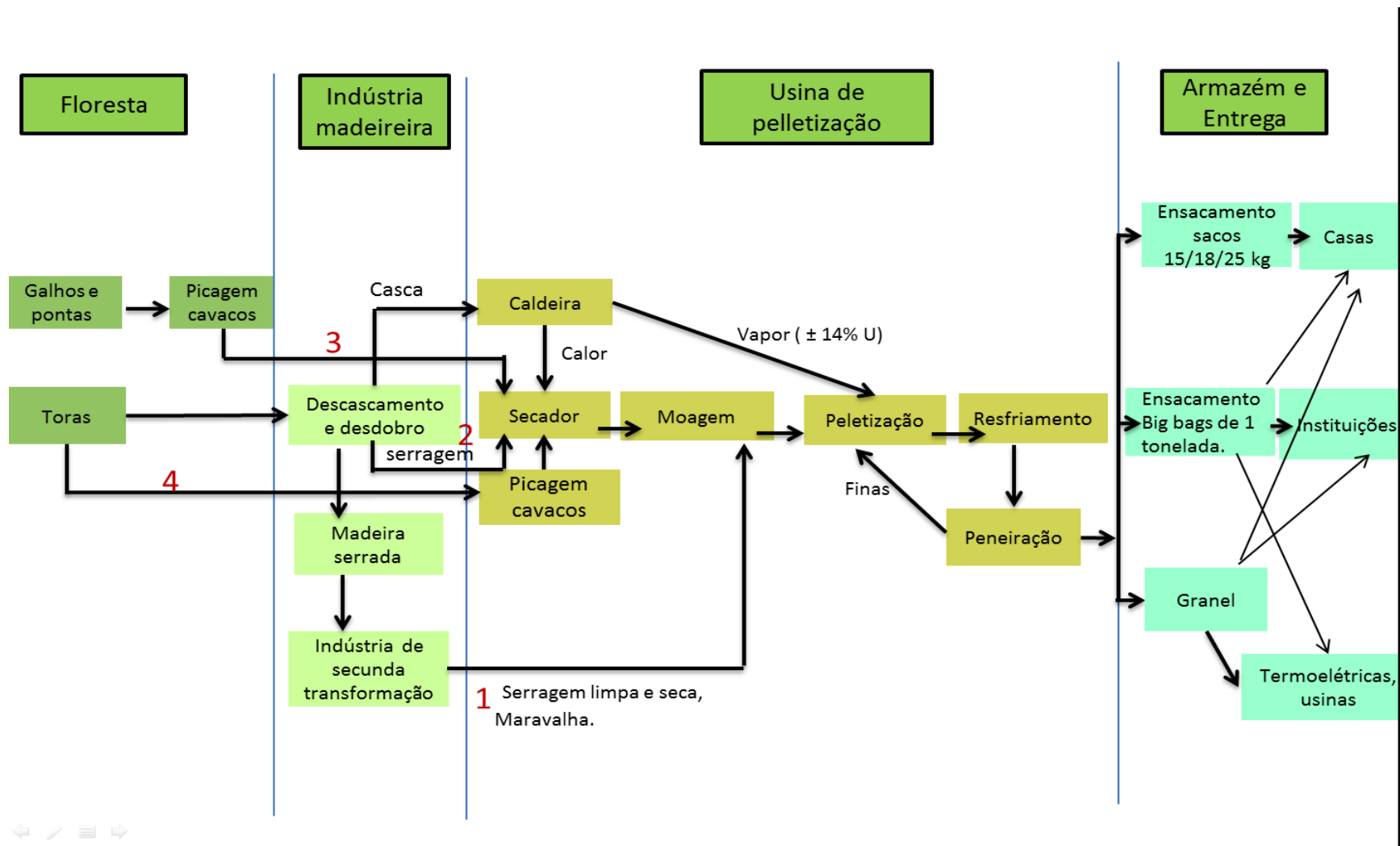


Figura 3: Fluxograma da produção de pellets até a comercialização com quatro fontes possíveis de matérias-primas de origem florestal

Fonte: Adaptado de Kofman, 2007.

2.2.2 História

A história do pellet começou nos Estados Unidos, após a grande depressão de 1929. Robert T. Bowling, um engenheiro da companhia madeireira Potlatch Forest Industries, desenvolveu, na usina de Weyerhaeuser's Clearwater, um combustível barato, feito a partir da prensagem das serragens, de aparas e de cavacos, capaz de substituir o carvão mineral (COYNER, 2004)

Nessa época, no estado de Idaho, a intensa atividade madeireira em torno da exploração das extensas florestas de pinheiro (*Pinus monticola*) dizimadas por uma ferrugem (*Cronartium ribicola*), introduzida acidentalmente pela Europa em 1906, produz uma grande quantidade de subprodutos não utilizados que estão disponíveis para ser aproveitados (KIM et al., 2003).

O novo 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 (FUNDINGUNIVERSE, 2015).

O pellet, na sua forma atual, apareceu mais tarde, no estado norte-americano de Washington, no momento da crise do petróleo, nos anos 1973-74. O objetivo foi o de substituir o óleo de petróleo por um biocombustível melhorado, caracterizado por sua alta qualidade energética. Em 1988, o Dr Jerry Whitfiel, um engenheiro aeronáutico da Companhia Boeing, inventou o sistema de abastecimento automático dos fogões. A partir de então, iniciou-se a expansão, no mundo inteiro, do uso do pellet na calefação residencial (OPALCO, 2014).

O crescimento atual da produção mundial de pellets é possível não apenas utilizando-se os subprodutos da indústria madeireira, mas também a madeira colhida diretamente em floresta para essa finalidade. No imenso maciço florestal do sudeste dos Estados Unidos, composto principalmente de plantações de *Pinus taeda*, várias fábricas de grande porte, com produção anual superior a 100.000 toneladas, foram instaladas nos últimos anos (MANDELL e LANG, 2013).

Os países escandinavos (Suécia e Finlândia) e germânicos (Áustria e Alemanha), com grandes extensões de florestas coníferas e uma sólida indústria madeireira, produzindo um volume importante de resíduos não valorizados, começaram a utilizar os pellets no aquecimento doméstico depois da crise de petróleo, na década de 1970. A partir do Protocolo de Quioto, ratificado em 15 de março de 1999, com o compromisso dos Estados participantes em baixar as emissões de gases de efeito estufa, os governos desses países adotaram uma política

voluntária para favorecer o uso de biomassa florestal para energia, especialmente para o aquecimento residencial (ABT et al., 2014).

Existem, atualmente, excelentes marcas que fabricam fogões e caldeiras de aquecimento central, específicos para aproveitar a energia dos biocombustíveis sólidos (Figura 4).



Figura 4: Caldeira residencial de alto desempenho com abastecimento automático (Hoval, Ltd).

Contudo, a indústria austríaca, com as marcas “Ökofen” (Figura 5), Guntamatic e “Hargassner”, é, incontestavelmente, a líder mundial, inovando na fabricação de fogões e caldeiras de alta eficiência energética (a energia contida nos pellets é aproveitada em mais de 95%). A indústria italiana fabrica sistemas de alto desempenho de aquecimento de ar insuflado para instalações industriais e agrícolas (HANSON, 2014).

O uso desses fogões e caldeiras com alimentação automática e ajustada de pellets e de ar durante a combustão permite abaixar a emissão de partículas finas (PM) e de poluentes, como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os compostos orgânicos gasosos (CxHy), comparado ao uso dos tradicionais fogões à lenha (KISTLER et al., 2012).

Assim, o consumidor tem à sua disposição sistemas de aquecimento usando energia dos pellets altamente aperfeiçoados e que são tão eficientes quanto os outros sistemas, quer seja a gás, a óleo de petróleo ou elétrico.



Figura 5: Sistema integrado de aquecimento central para uso doméstico da marca austríaca Okofen.

2.2.3 Vantagens dos pellets

A principal vantagem dos pellets, comparados a outros biocombustíveis sólidos, é a alta densidade energética, que os coloca em um nível comparável ao dos combustíveis fósseis. Os pellets têm teor de umidade em torno de 8%, com densidade a granel superior a 600 kg/m³, comparados ao cavaco, cujo teor de umidade oscila entre 40% e 50% de umidade e densidade a granel, na ordem de 220 a 250 kg/m³ (WU et al., 2011). Como mostrado na Tabela 1, a densidade energética dos pellets fica, conseqüentemente, mais que cinco vezes maior que a do cavaco, passando de 0,6 MWh/m³ para 3,12 MWh/m³. Isso mostra todo o interesse da pelletização da biomassa para o seu transporte porque um barco ou um caminhão vão transportar cinco vezes mais energia por volume (Tabela 1).

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, de forma que 3,5 m³ de pellets de madeira substituem 1 m³ de óleo combustível. Se fosse utilizada a madeira em sua forma bruta, com 50% de teor de umidade, seriam necessários 7 m³ (VIDAL e HORA, 2011)

Tabela 1. 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).

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). Esse aspecto é importante para a Europa, que impôs restrições sanitárias à importação dessa biomassa, especialmente da América do Norte.

Outra vantagem que coloca o pellet no centro da política de mudança de matriz energética nos países europeus é sua baixa emissão de CO₂ durante a combustão, comparado às energias fósseis.

O balanço energético global da cadeia do pellet industrial vindo do Canadá, incluindo a produção e o transporte até a usina consumidora final, mostra um saldo positivo que permite a realização de uma economia importante de emissão de GEE, comparado à produção de eletricidade a partir de carvão (DAMEN e FAIJ, 2003).

Como se observa na Figura 6, a quantidade de CO₂ por kWh produzida é até seis vezes inferior à de óleo combustível, no caso do aquecimento residencial.

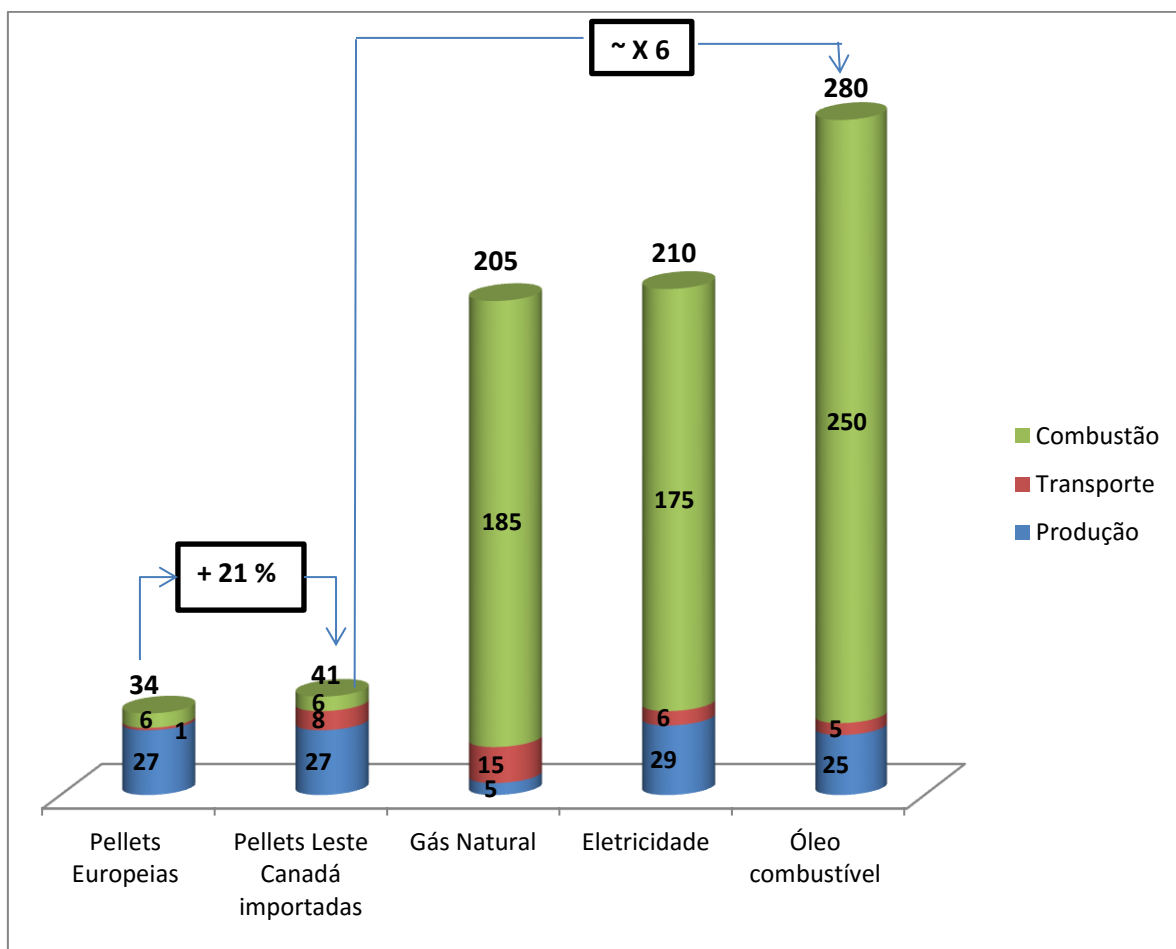


Figura 6: Emissão de CO₂ de diferentes tipos de energias para calefação na Europa (gCO₂eq/kWh).

Fonte: Pinel, 2013.

2.2.4 Competitividade do pellet, comparado a outras fontes de energia.

O aumento significativo da demanda por pellet não seria possível não fosse a sua boa competitividade frente às outras formas de energia disponíveis no mercado. Na Tabela 2 é possível observar a economia anual obtida em uma casa no Canadá, utilizando o pellet para o sistema de calefação. O uso do pellet pode, assim, gerar uma economia de mais de 55% do orçamento anual (RESOMASS, 2013)

Tabela 2. Orçamento anual para aquecimento de uma residência necessitando de 75.000 kWh, no Canadá

Combustível	Consumo equivalente para 75.000 kWh	Preço de referência (\$ Can.)	Custo anual (\$ Can.)
Óleo de petróleo (litro)	9.375	1,00	9375
Propano (litro)	12.960	0,61.	7741
Eletricidade (kWh)	75.000	0,85	6375
Pellets (tonelada métrica)	18	230	4140

Fonte: Adaptado de Reso Mass, 2013.

O gráfico da Figura 7 mostra a evolução estável no preço da energia dos pellets, de 2007 a 2015, na França, comparada às oscilações frequentes dos preços de outras energias.

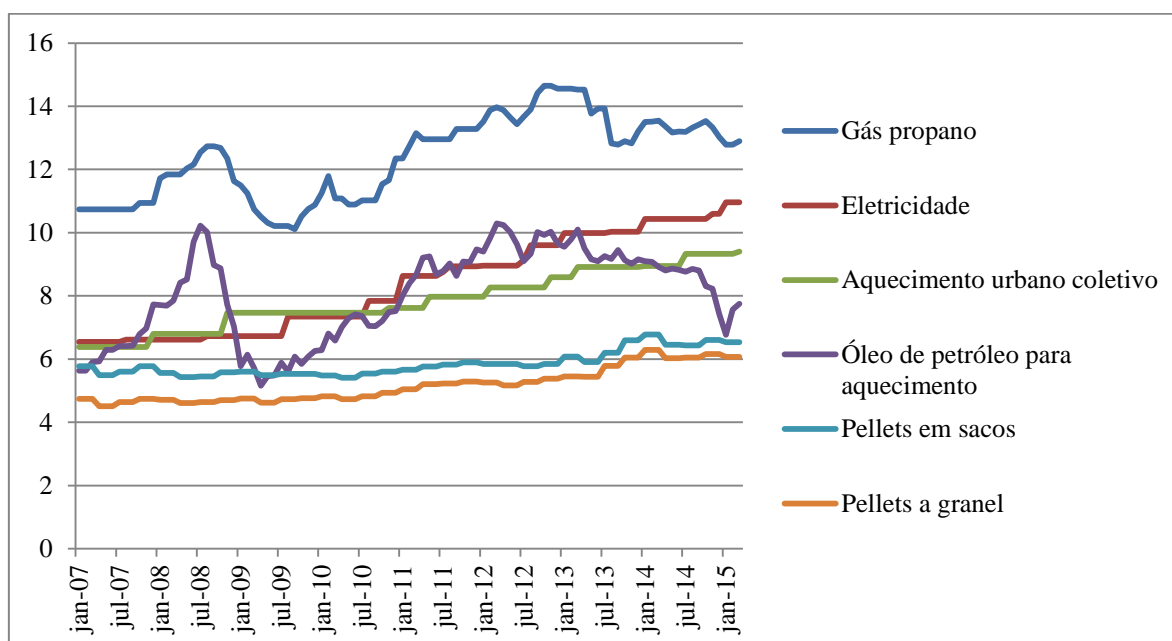


Figura 7: Evolução comparativa do custo de diferentes energias na França, em Euros/100 kWh PCI, para uso em aquecimento residencial.

Fonte: Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 2015.

A taxa de crescimento anual médio (TCAM) do preço dos pellets foi estimada, entre 2010 e 2015, em 3,7%, na França (2,6% na Bélgica), enquanto para o gás foi de 5%, para o gás propano líquido, de 4,6% e para o óleo combustível, de 6,9% (APERe, 2015; PINEL, 2013). A TCAM representa a evolução média do preço, calculada sobre os cinco últimos anos pelo método dos quadrados ordinários. Essa taxa de crescimento é calculada em porcentagem equivalente a um índice anual de tipo

$$X_n = X_o(1 + i)^n$$

A baixa volatilidade dos preços dos pellets e da biomassa de origem florestal em geral, comparada à das energias fósseis, foi demonstrada em estudos. Kranzl et al. (2009) demonstraram que os preços das commodities de bioenergia são menos voláteis do que os combustíveis fósseis e contribuem, assim, para uma maior segurança no custo da energia em longo prazo por um estado usando uma matriz energética diversificada.

Mas, o fato de o pellet ser um biocombustível com alta densidade energética e com características padronizadas e normatizadas, permitindo seu comércio internacional mais intenso, acaba dando mais volatilidade aos seus preços. Assim, percebe-se, ultimamente, uma volatilidade maior, comparada à dos produtos com mercado menos formal, como no caso da lenha em regiões rurais que se caracterizam por uma grande estabilidade do seu preço ao longo dos anos. Esse risco maior de volatilidade para os pellets pode ser amenizado para um comprador pela negociação de contratos de fornecimento em longo prazo de biomassa (KRANZL, 2009).

Kristöfel et al. (2014) demonstraram que, embora a volatilidade do preço de algumas biomassas lenhosas tenha aumentado na Áustria, ela fica, ainda, abaixo da volatilidade dos biocombustíveis de origem agrícola e dos combustíveis fósseis. Consequentemente, os donos de casa que precisam investir num sistema de aquecimento podem confiar numa melhor estabilidade dos preços, em longo prazo, da lenha e dos pellets que do óleo combustível. Os proprietários florestais podem também planejar com melhor segurança a extração de madeira nas suas florestas em longo prazo e, consequentemente, os investimentos, sabendo que a biomassa florestal contribui para gerar recursos estáveis.

2.2.5 Competição do pellet e da biomassa florestal com outros usos da madeira

O custo de produção do pellet é, normalmente, baixo porque sua produção é baseada no reaproveitamento de uma matéria-prima barata, feita de subprodutos que antes eram abandonados por serrarias e outras indústrias madeireiras. Mas, com o aumento contínuo dessa demanda, vê-se, hoje, em vários países, como Canadá e Itália, a dificuldade para encontrar matéria-prima suficiente para abastecer o mercado. Surge, então, a questão para utilizar outras fontes de matéria-prima, com custo mais elevado, o que afetará o preço final do pellet ao consumidor (TROMBORG et al., 2013).

Moiseyev et al. (2011) analisaram o risco de competição entre as necessidades de abastecimento das indústrias de painéis de madeira (compensado, OSB e MDF) e de celulose frente a uma demanda crescente da biomassa florestal para fins energéticos. Essas indústrias estavam acostumadas a comprar uma matéria-prima de baixo custo, geralmente subprodutos da indústria de serragem, ou diretamente das florestas, como pequenas árvores provindas dos desbastes das plantações de coníferas ou talhadas de folhosas, com pouca utilidade para usos nobres. O aumento da demanda de madeira para energia representa uma ameaça para essas indústrias cujo custo de abastecimento vai aumentar.

Em Santa Catarina e no Paraná, no sul do Brasil, Serrano (2009) reporta que essa competição já é percebida. Os donos das indústrias madeireiras entenderam que esses subprodutos não são mais descartáveis e, sim, coprodutos com seus próprios valores de mercado, e que esses subprodutos contribuem para a rentabilidade de seus negócios.

2.2.6 Possibilidades de evoluções futuras

Uma das evoluções na utilização de pellets poderá ser a torrefação (PIRRAGLIA et al., 2012). A torrefação é um processo termoquímico lento que dura de 30 a 90 minutos, em atmosfera inerte e temperatura variando entre 200 °C e 300 °C. A torrefação provoca a volatilização da hemicelulose e assim muda as propriedades da biomassa, tornando-a hidrofóbica e mais leve porque toda a umidade se evapora, o que é importante para o transporte. A fração incluindo as matérias voláteis e a hemicelulose é queimada para gerar o calor necessário durante o processo de torrefacção. A madeira torrificada é constituída da fração restante, composta de celulose e lignina. Dependendo do tempo de permanência no torrefador, o rendimento de madeira torrificada pode ser alto, variando de 66% até 75% (ZWART, 2006, SKLAR, 2009).

Assim, o pellet de biomassa torreficada sendo mais denso energeticamente, 1,3 vezes segundo Skar (2009), o custo de transporte da sua unidade energética diminui. Isso é importante visto que sua competitividade é sensível ao custo do transporte. Por exemplo, no caso do Canadá, o custo (em dados de 2004) do conjunto, englobando o transporte local, o armazenamento e a expedição por cargo até o porto de Rotterdam, foi de 3,2 € GJ⁻¹, enquanto o preço dos pellets pago ao produtor foi de 5,4 € GJ⁻¹ (JUNGINGER et al, 2008).

Além de uma maior densidade energética, próxima à daquela do carvão mineral, 20-23 GJ por tonelada, a torrefação produz um pellet hidrofóbico com maior densidade a granel e com nenhum risco de degradação biológica. Os pellets de madeira torreficada apresentam qualidades técnicas idênticas às do carvão no processo de trituração/pulverização, que fazem dele um substituto ideal na cocombustão em termoelétrica. Por isso, a produção de pellets de madeira torreficada se torna objeto de pesquisas e de investimentos importantes, na esperança de substituir o carvão na produção de energia elétrica (PIRRAGLIA et al., 2013, SOLVAY, 2015). Outra aplicação promissora foi identificada na possibilidade de utilizá-los com êxito no processo de gaseificação em plantas com alimentação à base de biomassa seca em leito fluidizado (DEUTMAYER, 2011).

A torrefação pode ser realizada antes ou depois da pelletização da biomassa (GHIASI et al, 2014). Quando realizada antes da pelletização, a biomassa resultante, que perdeu água e grande proporção dos seus produtos voláteis, torna-se seca, quebradiça e com cor mais escura. A biomassa assim torreficada é mais fácil para moer, o que reduz de 70% a 90% o consumo de energia durante essa fase no processo de pelletização (SHANG et al, 2012). Por outro lado, outros estudos parecem mostrar que a energia necessária no momento da prensagem das partículas de biomassa torreficada aumenta e a durabilidade dos pellets produzidos parece diminuir (LI et al., 2012).

Outra forma de torrefação, que é estudada ainda de maneira experimental, é realizá-la na fase final sobre o pellet já produzido, e não na fase inicial, antes que a biomassa seja introduzida na pelletizadora. Essa torrefação seria feita de uma maneira extremamente rápida, para não afetar sua durabilidade, permitindo aumentar sua densidade energética graças a um teor de umidade próximo a zero (MOBINI et al., 2014).

Outra possibilidade de valorização é transformar os pellets pela pirólise (WHITFIELD, 2012), um processo de decomposição térmica em um ambiente pobre em oxigênio que permite usar

até 80% da energia contida na biomassa, com perda de somente 50% do carbono que fica no resíduo, evitando, assim, a emissão de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. O resíduo produzido é um carvão conhecido por “biochar” (EPA, 2007). Além do “biochar” e do calor, a pirólise produz gases chamados “syngaz” que podem ser reaproveitados para produzir energia, e um líquido chamado bio-óleo, que tem múltiplas aplicações, semelhante aos produtos da petroquímica (BRIDGWATER, 2012).

O “biochar” pode ser reciclado como excelente fertilizante agrícola, graças ao seu alto teor de carbono que tem ação positiva nas qualidades estruturais dos solos. O processo de pirólise pode levar a um extenso uso energético das biomassas agrícolas, cuja queima direta ou na forma de pellets produz quantidade excessiva de cinzas. O saldo de carbono da pirólise das biomassas é considerado negativo porque o carbono fica preso no “biochar” e, quando é reciclado pela agricultura, pode ficar estocado por várias décadas no solo (ROBERTS et al., 2010).

2.3 EXIGÊNCIAS DO MERCADO INTERNACIONAL

2.3.1 Normas de fabricação dos pellets

O estabelecimento de normas de qualidade para os diferentes tipos de pellets foi um passo essencial para a consolidação de um mercado estruturado na Europa. As normas são uma ferramenta poderosa para apoiar a inovação e aumentar a produtividade. Uma padronização eficaz promove a concorrência forte entre empresas e aumenta a lucratividade dos investidores potenciais (PELLETATLAS, 2009).

As normas asseguram um padrão de qualidade deste biocombustível sólido 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 (VEROEST e RICMANS, 2012).

Para os consumidores desse biocombustível sólido, os certificados comprovam o cumprimento das normas que lhes possibilitam fazer a escolha mais adequada para os requisitos do sistema de aquecimento de sua residência, do seu comércio ou para as necessidades de sua indústria, garantindo-lhes uma energia com o custo controlado (SOPHA e KLÖCKNER, 2011).

Para as indústrias produtoras, a certificação é um meio eficaz de garantir a confiabilidade de seus produtos para atrair e manter novos clientes, melhorar sua qualidade de produção, graças aos controles regulatórios exigidos e, finalmente, estruturar sua oferta em função dos preços que o mercado oferece, conforme a classificação introduzida pelas normas. Graças à aplicação de uma rigorosa normalização de sua produção, uma empresa consegue demonstrar liderança de mercado e criar vantagem competitiva (HUGHES et al., 2014).

Finalmente, para os fabricantes de caldeiras, fogões e outros equipamentos destinados à conversão energética de pellets, as normas constituem uma ferramenta eficaz para proteger a durabilidade de suas instalações contra os agentes agressivos, que podem produzir um biocombustível de má qualidade e, conseqüentemente, orientar o consumidor na escolha das instalações mais adequadas às suas necessidades e, finalmente, fazer as recomendações na compra do biocombustível com características desejáveis.

As normas estabelecem uma série de exigências (valores mínimos e máximos de diferentes parâmetros que regem a qualidade de um pellet), de protocolos (métodos de determinações

desses respectivos valores bem como da própria organização da produção dos pellets) e de especificações técnicas (documentos que descrevem as exigências técnicas que um pellet deverá satisfazer para a geração de calor).

Os valores medidos e definidos pelas normas são, geralmente, aqueles diretamente ligados à qualidade da combustão dos pellets (ver Anexo 8). São regulamentados os seguintes pontos (ALAKANGAS, 2009 e 2010):

- 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/m^3);
- teores de enxofre (S), cloro (Cl) e nitrogênio (N) (% do produto seco);
- temperatura de deformação das cinzas ($^{\circ}\text{C}$);
- e, opcionalmente, os teores de metais pesados: arsênico (As), cobre (Cu), cromo (Cr), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) (mg/kg).

2.3.2 As normas existentes no mercado internacional

Vários países desenvolveram normas nacionais para garantir ao consumidor um padrão de qualidade e de segurança no uso de pellets para o aquecimento residencial, como, por exemplo, a Suécia (SS 187.1200), a Áustria (ÖNORM M 7135) desde 1990, e a Alemanha (DIN 51731) desde 1996. São países que já têm uma importante e tradicional cadeia industrial madeireira que valoriza a produção florestal nacional e que começaram a produzir pellets para atender às necessidades energéticas dos mercados locais. Mas, outros países, como Portugal, Holanda, Dinamarca ou Finlândia, preferiram esperar que uma norma europeia suplantasse todas as certificações nacionais para ter uma norma unificada ao nível europeu.

A certificação europeia chegou ao mercado em torno de 2012, obrigando as normas nacionais existentes a se adaptarem aos padrões exigidos com risco de desaparecerem. As marcas fortes, como, por exemplo, a norma Alemã DINplus e a norma austríaca “ONORM tested”, que garantem a conformidade com as exigências da certificação europeia ENplus, continuam no mercado e atendem aos consumidores mais exigentes.

Na Tabela 3 apresentam-se, lado a lado, as normas alemã, francesa e europeia, que serão comentadas a seguir.

Tabela 3. Equivalências entre normas europeias EN 14961-2, NF (França) e DIN Plus (Alemanha).

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%

1.1.1.1 A norma DINplus

A abreviação DIN refere-se a *Deutsche Industrie Norm*. O sistema de certificação DINplus representa um padrão de alta qualidade para as fábricas de pellets de madeira (Tabela 3). Ele foi desenvolvido, inicialmente, pela entidade reguladora alemã da certificação DIN CERTCO, em 2002, com base na certificação austríaca ÖNORM M 7135 e na antiga certificação alemã DIN 51731 e escolhendo os critérios mais exigentes de cada norma. Este esquema baseia-se

também numa gestão de qualidade interna e periódica nas fábricas de pellets, associada a alguns controles externos sem aviso prévio. A certificação DINplus contribuiu muito para a promoção do mercado de pellets residenciais na Alemanha e, hoje, é o rótulo mais importante de qualidade para pellets de madeira de alta qualidade em todo o mundo (EMBRAPA AGROENERGIA, 2012).

No final do ano 2009, no mundo inteiro, havia 102 produtores de pellets de madeira certificados DINplus e 61 destes estavam na Alemanha (PELLET@LAS, 2009a). Para os produtores da França, da Bélgica e da Suíça, o certificado DINplus é, certamente, um instrumento comercial para a venda de pellets em seus próprios países de origem e, ao mesmo tempo, permite aos produtores de Polônia, República Checa, Romênia ou Argentina o acesso ao mercado de aquecimento residencial da Europa Ocidental, extremamente exigente.

1.1.1.2 A norma francesa

A norma francesa - NF biocombustíveis sólidos (Tabela 3 e Anexo 1), como a norma italiana CTI - R 04/5, além das classes para os pellets madeireiros, tem duas classes específicas para os biocombustíveis sólidos à base de resíduos agrícolas e frutíferos. França e Itália são países de tradição agrícola que produzem grande quantidade de palhas e de resíduos de pomares e viníferas que, potencialmente, podem ser valorizados na forma de pellets. Diferentemente da norma DINplus, que dispõe de uma única classe, a norma NF tem cinco classes de pellets, sendo três para os produtos madeireiros e duas para os produtos agrícolas.

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 (FILBAKK et al., 2011), os países do sul da Europa, como a França, têm florestas em boa parte temperadas ricas e diversificadas em espécies folhosas, cujos subprodutos podem entrar na composição dos pellets e necessitam de uma adaptação das normas nórdicas. Em resumo, 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 aqueles que integram resíduos da indústria madeireira com bastante casca.

Os biocombustíveis sólidos derivados das biomassas de origem agrícola, quando queimados, produzem mais cinzas e, por consequência, trazem problemas na manutenção das instalações de combustão (NILSSON et al, 2011). Dessa forma, elas não podem ser utilizadas em

aquecimento residencial e estariam restritas às caldeiras industriais e, conseqüentemente, com menor valor aditivo no mercado. Por exemplo, na Ucrânia, que é um grande produtor de cereais e que poderia produzir grande quantidade de agropellets, o preço do pellet, em dezembro de 2013, foi de R\$ 311 a tonelada de pellets de madeira, R\$ 290,15 a tonelada de pellets à base de palha e R\$ 188 a tonelada de pellets à base de cascas agrícolas (IGNATENKO, 2014).

1.1.1.3 A norma europeia ENplus

Segundo Rakos (2015), os pellets certificados ENplus representam 65% do mercado europeu. Na Alemanha e na Áustria, o mercado mais exigente, essa porcentagem sobe para até 90% do mercado.

O objetivo do sistema de certificação ENplus é fornecer 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.

A Certificação Europeia inclui os seguintes pontos importantes:

- requisitos para a produção e o controle de qualidade de pellets de madeira;
- requisitos do produto (EN14961-2);
- requisitos para rotulagem, logística e armazenamento;
- requisitos para a entrega ao consumidor final.

As especificações para o controle interno de qualidade asseguram que os requisitos complexos do produto serão cumpridos. O sistema define os requisitos de meios técnicos, de procedimentos operacionais e documentação; tornando os fluxos de trabalho transparentes eleva-se a identificação e a resolução dos problemas ocorre de maneira mais rápida. A formulação dessas especificações foi realizada com base na norma ISO9001.

A normalização europeia promovida pelo *Comité Européen de Normalisation* (CEN) pretende atingir uma integração de todos os atores envolvidos na cadeia produtiva dos biocombustíveis sólidos, dos produtores florestais, até mesmo as empresas instaladoras de sistema de aquecimento residencial (Figura 8). O objetivo é construir uma cadeia 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).

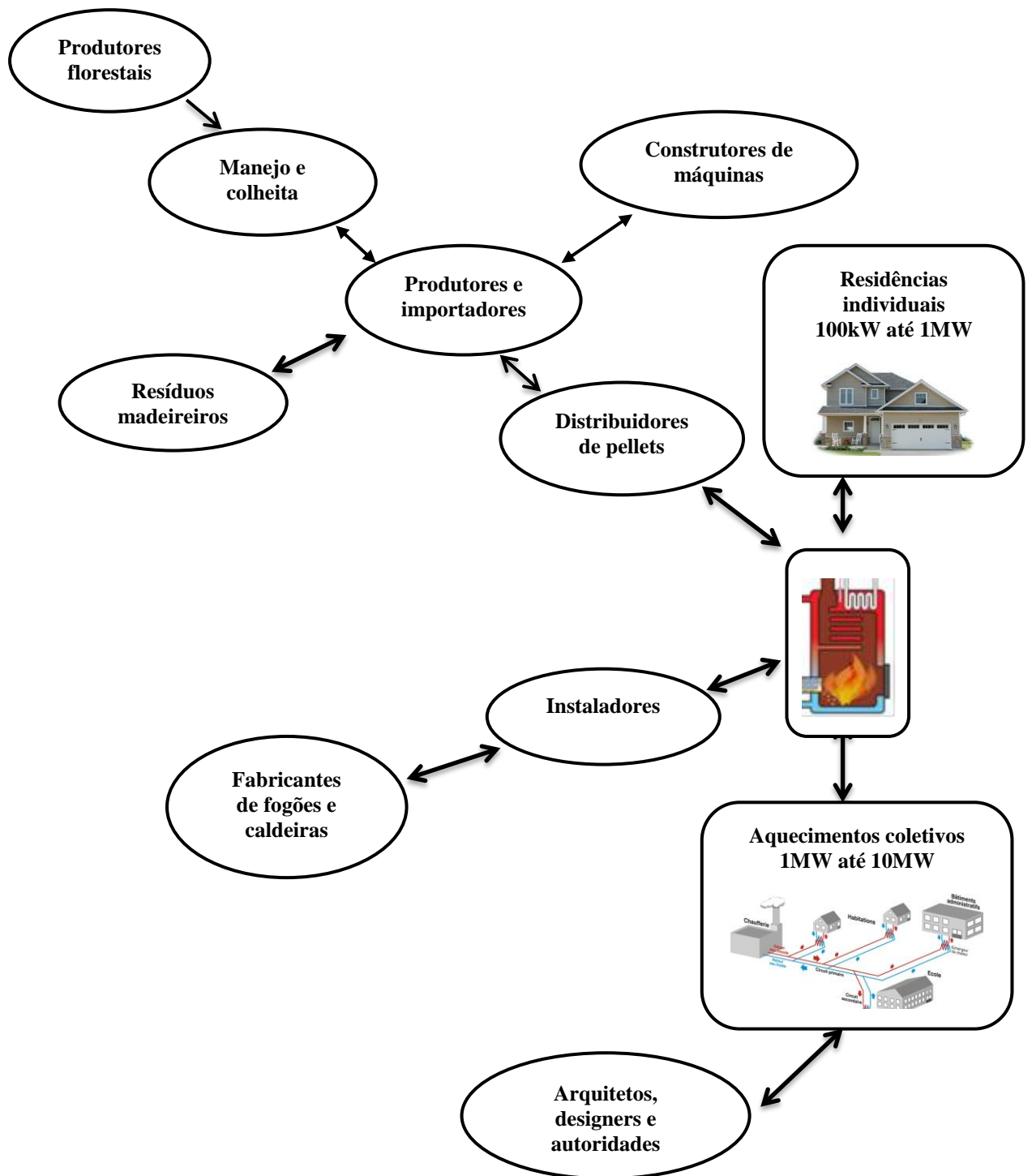


Figura 8: Esquema geral das relações de normatização na cadeia produtiva para o uso dos biocombustíveis sólidos.

Fonte: adaptado de C11, 2012.

Deve-se distinguir dois tipos de certificação na Europa para o pellet: uma norma para o uso não industrial, EN 14961-2 (Tabela 3 e Anexo 3) e outra para o uso em plantas energéticas de grande porte, EN 14961-1. A norma para uso não industrial se caracteriza por três níveis de exigências. O nível mais exigente, ou seja, os requisitos para o pellet de qualidade Premium EN Plus A1 são idênticos aos da norma alemã DIN Plus, e da qualidade Premium da norma francesa. Assim, a norma europeia é chamada para substituir, em meio prazo, as outras normas nacionais europeias existentes. E, com o aumento do comércio internacional e a importação de produtos de vários países que não pertencem à União Europeia, o benefício dessa norma EN Plus é sentido claramente, para garantir ao consumidor a qualidade do biocombustível que ele usa na calefação de sua própria habitação (RAKOS, 2015).

1.1.1.4 As normas norte-americanas

Os Estados Unidos são o maior produtor de pellets, com 184 fábricas em produção para um total de quase sete milhões de toneladas por ano (REN21, 2015). Mas, antes de tornar-se um grande exportador de pellets para a Europa, o país teve uma forte demanda no seu mercado interno (LAMERS et al., 2012).

Por poder garantir um biocombustível de qualidade para o consumidor norte-americano, o “Pellet Fuel Institute” tem estabelecido um conjunto de normas para o combustível pellet de madeira, que estão apresentadas na tabela no Anexo 2 (PFI, 2011).

Percebe-se que as exigências da norma americana são aparentemente menores que as europeias. Nela, não há referência aos teores de enxofre e nitrogênio, assim como não há a indicação do poder calorífico. Uma razão vem da grande variedade de espécies de madeira, especialmente folhosas, que são utilizadas para a produção de pellets. Como as espécies folhosas são heterogêneas, produzem levemente mais cinzas na queima que as coníferas.

Comparada à norma EN+, a norma PFI tem um programa robusto de monitoramento e supervisão dos produtores ao longo do ano, o que dá um maior nível de garantia de que um simples selo de conformidade. A norma ENplus é muito semelhante aos programas da norma PFI de muitas maneiras, mas requer apenas uma única auditoria por ano e uma amostra de auditoria para verificar o cumprimento das exigências. Por outro lado, ela 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).

2.3.3 A necessidade da qualidade na produção de pellets

Vários estudos mostraram a necessidade do estabelecimento de normas e de controles sobre a produção de pellets, pelo fato de a grande variedade de biomassa que potencialmente poderia ser utilizada na fabricação do biocombustível e, conseqüentemente, a grande heterogeneidade do material produzido (WIHERSAARI et al., 2012).

Nos Estados Unidos, Chandrasekaran et al (2012) analisaram as características energéticas e químicas de 132 amostras providas de fábricas diferentes de América do Norte. Esse estudo mostrou que algumas origens apresentam teor de cinza e de elementos pesados acima dos limites permitidos pelas normas em vigor na Europa. Esses elementos químicos encontrados nos pellets podem ser explicados pelo uso de matéria-prima contaminada provida de reciclagem.

Na Finlândia, um estudo comparou as propriedades químicas, mecânicas e caloríficas dos pellets de cinco fábricas (ALAKANGAS E PAJU, 2002). Este estudo mostrou que a quantidade de cinza está relacionada à composição química dos pellets. Foi demonstrado também que a quantidade de energia disponível depende da densidade a granel do combustível e do teor de umidade do material no momento de entrada no sistema de combustão. A densidade a granel está relacionada, essencialmente, à densidade da madeira de origem e não ao tamanho dos pellets.

Obernberger e Thek (2004) tentaram avaliar a qualidade de trinta amostras (proveniências) de pellets e de briquetes produzidos em seis países europeus. Vários parâmetros foram analisados, tais como as dimensões dos biocombustíveis sólidos, a densidade aparente, os teores de umidade e de cinzas, o poder calorífico superior e inferior, a abrasão, a presença de amido, a composição de diferentes elementos químicos e a presença de metais pesados. A abrasão, que está estritamente relacionada ao teor de finos, foi a característica que apresentou maior diferença entre os produtores, revelando a dificuldade de alguns no domínio do processo de produção. Essa pesquisa demonstrou também o alto teor de cinzas e concentrações mais elevadas de nitrogênio, cloro e potássio nos pellets à base de palhas agrícolas. Esses resíduos químicos são responsáveis pelos problemas de corrosão e de acúmulo nos dutos de eliminação dos gases de combustão. Por isso, esses resíduos impedem a utilização dos biocombustíveis de origem agrícola em fogões domésticos e justificam a existência de normas específicas para utilizá-los em caldeiras industriais.

Na Itália, uma pesquisa realizada sobre o mercado interno de pellets a partir de 88 amostras compradas aleatoriamente em diferentes pontos de vendas mostrou a grande heterogeneidade da qualidade dos biocombustíveis (TOSCANO et al., 2013). Nesse trabalho, 50% das amostras não alcançaram a qualidade Premium A1 da norma europeia e 10% não alcançaram os limiares mínimos de qualidade da norma B. O estudo demonstrou também a estreita correlação entre teor de cinza e teor de enxofre, potássio e cloro. Deduz-se que controlar os teores de cinza garante que os biocombustíveis tenham mínimos teores nesses poluentes.

A influência do teor de casca nas qualidades dos pellets da conífera *Pinus sylvestris* na formação de cinza e na emissão de gases de combustão foi testada na Noruega, por Filbakk et al. (2011). O objetivo foi avaliar que porcentagem de casca poderia entrar na composição dos pellets para manter as características da classe A1 da norma europeia ENplus. Amostras com teores de 5% a 30% de casca foram analisadas. Demonstrou-se que a combustão de pellets de coníferas com até 10% de casca não produz cinzas e poluentes tóxicos nos gases de combustão em quantidades acima dos critérios estipulados para a classe Premium A1 da norma europeia.

Estudos foram realizados para entender se haveria correlação entre a composição do material utilizado e o consumo de energia no processo de fabricação dos pellets e de suas qualidades (durabilidade). Foi demonstrada a importância do teor de extrativos e do teor de umidade. O teor de extrativos e as suas composições variam em função das espécies. As espécies folhosas são caracterizadas por terem um teor de extrativos mais baixo do que as coníferas. Nielsen et al (2010) demonstraram que os extrativos atuam como lubrificantes e “plastificantes” que diminuem a necessidade de energia durante o processo de pelletização. Por outro lado, produtos extrativos parecem evitar o contato estreito entre os sítios de ligação das partículas de lignocelulose, diminuindo, assim, a resistência do pellet. No final, as madeiras de folhosas, tendo menos extrativos, precisam de mais energia no processo de pelletização, mas, por outro lado, geram pellets com maior durabilidade.

O teor de umidade do material lignocelulósico na entrada do processo de pelletização influencia diretamente a quantidade de energia necessária para o funcionamento das máquinas. Um teor de umidade mais elevado reduz a energia necessária, mas produz um pellet menos denso e com menor durabilidade. Isto pode ser explicado pelo fato de que a umidade diminui o atrito que ocorre quando o material é compactado e pressionado através dos canais do molde e, conseqüentemente, também a pressão de retorno. Portanto, um maior

teor de umidade diminui a fricção e, conseqüentemente, a pressão de retorno é menor, o que resulta em uma baixa densidade a granel. Ao contrário, baixos teores de umidade aumentam a pressão de retorno, resultando em elevada densidade a granel e maior consumo de energia da prensa (SAMUELSSON et al., 2009). O teor de umidade ótimo para a matéria-prima foi determinado entre 10% e 15%, em função da espécie, assim como a quantidade de energia consumida durante o processo de pelletização não deve exceder 4% da energia contida na matéria-prima processada (MEIER, 2014, BULHER, 2015).

A temperatura da matéria-prima utilizada influencia também o processo de fabricação. Quanto maior a temperatura na entrada do processo, melhor a qualidade da prensagem, resultando em um biocombustível com maior densidade e durabilidade e com um consumo menor de energia (NIELSEN et al., 2009).

Alakangas e Paju (2002), analisando cinco amostras de pellets de fábricas na Finlândia, encontraram teor de cinza entre 0,24% e 0,38%, valores muito baixos porque são pellets produzidos a partir de toras de madeiras coníferas descascadas.

A madeira com casca de eucalipto gera um teor de cinza em torno de 0,85% (BRAND, 2007). As serragens de eucalipto utilizadas para a fabricação de briquete e analisadas por Chrisostomo (2011) tinham teor de cinza de 1,32%. Os pellets de eucalipto analisados por Garcia et al. (2012) encontravam-se com teor de cinza de 0,93%, enquanto as quatro amostras de pellets de pinus tinham teor de cinza variando entre 0,33% até 0,59%.

Isso mostra, em caso de plantações florestais futuras no Brasil visando uma produção de pellets para exportação, que o pinus deve ser privilegiado no objetivo de atender mais facilmente aos requisitos de qualidade Premium da norma europeia. O eucalipto poderá ser utilizado caso a madeira seja descascada e não colhida precocemente e proveniente de clones selecionados pelo baixo teor de cinzas (SOARES et al., 2014).

As exigências de teor de cinza baixo excluem todo pellet oriundo de cultura agroenergética, como o bagaço de cana, a menos que sejam criadas normas específicas regulamentadoras para a comercialização desses pellets para uso industrial. O teor de cinza encontrado nos pellets de bagaço de cana, por Almeida et al. (2014), foi de 8%.

2.3.4 A situação no Brasil

Segundo Garcia (2010), não existe uma norma brasileira para a padronização da produção e da comercialização de pellets no Brasil. Alguns produtores argumentam que produzem os biocombustíveis conforme as normas europeias. Mas, Garcia (2010), que analisou os pellets fabricados por quatro indústrias, demonstrou que os padrões não foram atingidos, especialmente no poder calorífico e na durabilidade mecânica.

A exemplo da Nova Zelândia (HENNESSY, 2010), o Brasil poderia se apoiar no trabalho importante realizado pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), que fez um extenso trabalho de especificações técnicas na última década. Na Europa, sendo o maior consumidor e importador de pellets do mundo, é natural que as normas vigentes tendam a virar padrões a serem exigidos para os outros países exportadores interessados em vender suas produções.

Na ausência de normas aqui no Brasil e de laboratório de certificação, algumas laboratórios universitários estão adaptando as normas existentes no país, especialmente aquelas empregadas para as análises do carvão vegetal. Esses procedimentos são relatados no Anexo 6.

2.3.5 As exigências socioambientais

O desenvolvimento desorganizado das bioenergias em âmbito mundial pode provocar uma competição para o uso de terras agrícolas (LUPP et al., 2015, MALTSOGLU et al., 2015), especialmente aquelas que são tradicionalmente utilizadas pelas comunidades rurais pobres (BAILEY, 2008).

Um exemplo da consequência do crescimento de produção de bioenergias agrícolas sobre a produção de alimentos foi demonstrado no custo do milho alimentício, no México. Nos anos anteriores à crise financeira de 2008, o preço do barril de petróleo atingiu o patamar de 110 dólares. A produção de etanol à base de milho começou a crescer nos Estados Unidos, graças aos incentivos do governo americano e à competitividade dos preços do etanol, comparados com os altos preços do petróleo. Rapidamente, a diminuição da disponibilidade de milho no mercado de commodity provocou aumento dos preços e, por consequência, os consumidores dos países mais pobres, tais como o México, tiveram dificuldades para comprar milho para fins alimentícios a um preço acessível (RUNGE e SENAUER, 2007).

Também, esse desenvolvimento dos biocombustíveis pode favorecer a transformação de ecossistemas de alto valor ecológico ou, ainda, ter um balanço limitado ou, mesmo, negativo na redução dos gases de efeito estufa (GEE) (RODER et al, 2015).

Em estudos recentes, várias preconizações foram feitas, especialmente sobre a necessidade de comprovação de que os processos de produção de bioenergias permitem realmente uma redução de GEE. Assim, o governo federal alemão, por meio do Conselho Consultivo Alemão sobre Mudança Global (WBGU), colocou uma exigência prévia ao uso de toda bioenergia. Essa exigência deve garantir uma redução de gases de efeito estufa no ciclo de vida de, pelo menos, 60 t de CO₂eq por TJ de biomassa bruta utilizada, em comparação com aos combustíveis fósseis (SCHUBERT et al., 2010).

O fato de que os biocombustíveis derivados de madeira não entram em competição com a demanda alimentar mundial é uma grande vantagem. Mas há, potencialmente, outros problemas socioambientais que as instâncias governamentais dos países importadores querem evitar e, por isso, colocaram uma série de exigências.

As exigências socioambientais do uso da biomassa madeireira envolvem três níveis de garantias que são:

- o balanço dos gases de efeito estufa;
- a garantia da produção florestal, respeitando critérios estritos de sustentabilidade;
- a proteção das populações rurais de onde é explorado o biocombustível.

Os Países Baixos, pelo fato de ser um país de pouca extensão geográfica e de forte densidade populacional, importam quantidades importantes de biocombustíveis sólidos. Eles editaram, em 2005, uma lista de exigências socioambientais que se apresentam como uma lista de nove princípios (MARCHAL et al., 2009) sob o nome de “Green Gold Label”, que são:

- o saldo de GEE da produção e da utilização de biomassa deve ser positivo; calculado sobre todo o setor, a utilização da biomassa deve gerar menos gases de efeito estufa do que uma cadeia convencional à base de combustíveis fósseis,

- a produção de biomassa (novas áreas dedicadas ao cultivo de biomassa para energia) não pode estar na origem de perdas significativas de carbono na vegetação e no solo (efeito inverso ao sequestro de carbono pelas florestas nativas);

- a produção de biomassa para energia não pode ameaçar suprimentos de alimentos das populações, nem usos locais de biomassa (fornecimento energia, medicamentos, materiais de construção);
- a produção de biomassa não pode afetar áreas de biodiversidade protegida ou vulnerável e deve reforçar da biodiversidade onde ainda é possível;
- durante a produção e a conversão da biomassa, a qualidade do solo deve ser mantida ou, mesmo, melhorada;
- durante a produção e a conversão da biomassa, as reservas de águas subterrâneas e de superfície não podem ser reduzidas e a qualidade da água deve ser mantida ou melhorada;
- durante a produção e a conversão da biomassa, a qualidade do ar deve ser mantida ou melhorada;
- a produção de biomassa deve contribuir para a prosperidade econômica local;
- a produção de biomassa deve contribuir para o bem-estar social dos trabalhadores e das populações nativas; esta atividade deve, pelo menos, ser conduzida de acordo com os princípios internacionais (como Organização Internacional do Trabalho, Declaração Universal dos Direitos Humanos, por exemplo).

Na Europa, a associação de compradores institucionais de biomassa florestal, chamada “Initiative Wood Pellets Buyers (IWPB)”, reunindo as principais indústrias de grande porte na geração de energia, tais como as empresas alemãs EON e RWE, a britânica DRAX, a firma dinamarquês DONG, a francesa GDF-SUEZ por meio de seu laboratório de R&D LABORELEC e a estatal sueca VATTENFALL, adotou uma série de princípios de sustentabilidade que devem reger o mercado de importação de biocombustíveis sólidos. Esses princípios estão detalhados na Tabela 4, em paralelo com aqueles exigidos pelo governo britânico para os produtos derivados da madeira que devem comprovar as suas origens legais e sustentáveis (RYCKMANS, 2012).

As importações de pellets de madeira certificadas “Green Gold Label” e “Laborelec Label”, nos Países Baixos, representavam já 77% do total das importações, em 2012 (GOH e JUNGINGER, 2013).

Tabela 4. Princípios de sustentabilidade estabelecidos pelo IWBP, em paralelo aos adotados pelo Reino Unido

UK CPET * cat B PRINCIPLES	IWPB** PRINCIPLES
<p>S1: Critérios claros de sustentabilidade</p> <p>S2: Critérios de desempenho</p> <p>S3: Princípios econômicos e socioambientais</p> <p>S4: Não dominado por interesse particular</p> <p>Poupança de GEE acima de 60%, comparado aos combustíveis fósseis.</p>	<p>Desenvolve uma certificação baseada sobre princípios, critérios e indicadores de sustentabilidade.</p> <p>Princípio 1: Balanço de GEE</p> <p>(Coletar dados de GEE para ferramenta nacional)</p>
<p>O manejo florestal deve priorizar:</p> <p>S5: Minimizar impactos sobre os ecossistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proteção da água e do solo - Minimizar os impactos com desperdícios e resíduos químicos <p>S6: Assegurar que a produtividade será mantida</p> <p>S7: Manter a saúde e a vitalidade do ecossistema</p> <p>S8: Manter a biodiversidade</p>	<p>Princípio 2: Estoque de carbono</p> <p>Princípio 3: Biodiversidade</p> <p>Princípio 4: Proteção da qualidade dos solos</p> <p>Princípio 5: Proteção da qualidade e da disponibilidade da água</p> <p>Princípio 6: Proteção da qualidade do ar</p>
<p>Respeito:</p> <p>S9: Direitos tradicionais de povos indígenas e comunidades locais</p> <p>S10: Direitos de uso</p>	<p>Princípio 7: Competição com uso tradicional local da biomassa</p> <p>Princípio 8: Respeito aos direitos de propriedade que contribui para o bem-estar local</p>
<p>Proteja:</p> <p>S11: Os direitos dos trabalhadores</p> <p>S12: A saúde e a segurança dos trabalhadores</p>	<p>Princípio 9: Saúde, segurança, direitos trabalhistas e ética.</p>

Fonte: Ryckmans, 2013.*Central Point of Expertise on Timber (CPET), **Initiative Wood Pellets Buyers (IWPB).

2.4 O MERCADO INTERNACIONAL

Bengt Hillring (2006) estudou os movimentos entre os países e mostrou que os maiores “spot” de comércio são a Europa, o sudeste asiático e a América do Norte. Alguns países se interessam mais e mais pela importação de biocombustíveis sólidos, principalmente de pellets, porque oferecem volumes com preços mais acessíveis, em grandes quantidades e, até mesmo, com qualidade superior à daquelas de fontes locais (ARSENAULT, 2015).

2.4.1 O pellet virou “commodity”

No último trimestre de 2011, um primeiro passo para transformar o pellet em uma commodity global foi realizado com o lançamento da primeira bolsa de commodity para biomassa sólida, pela companhia APX-ENDEX, agora chamada ICE-ENDEX, que é um fornecedor de serviços de bolsa de commodity para os mercados de energia e gás (SCHOUWENBERG, P.P., 2011). O objetivo dessa bolsa, em parceria com o porto de Rotterdam, foi o de favorecer o comércio internacional do biocombustível, garantindo uma melhoria na organização do mercado e uma estabilidade de preço em médio prazo.

Esse mercado futuro é focado no comércio dos pellets industriais, chamados “marrões”, cuja principal destinação é o abastecimento em grande quantidade das termelétricas. Os pellets domésticos de qualidade Premium são ainda comercializados diretamente dos produtores para negociantes ou, mesmo, os consumidores finais (LAMERS et al., 2012).

1.1.1.5 Funcionamento do mercado de futuro

A existência de um mercado de commodities para pellets industriais beneficia tanto os produtores, que podem proteger-se das variações imprevisíveis de preço, bem como os compradores, para garantir-lhes uma melhor estabilidade no seu custo de compra. O Porto de Rotterdam foi, então, o primeiro porto internacional a oferecer a infraestrutura para receber, estocar e transportar os pellets (MURRAY, 2011).

Um mercado de futuro para commodities atua como uma bolsa na qual seus membros podem comprar e vender commodities. A bolsa fornece os recursos e as regras básicas para os seus membros realizarem o comércio de futuro de pellets, considerados, então, como commodities. Para aqueles que não são membros da bolsa, existe a possibilidade de fazer o comércio graças à intermediação de um corretor (*broker*) membro da bolsa, mediante o pagamento de uma comissão (COMMERG, 2014).

O mercado de futuro é baseado em acordos contratuais padronizados, conhecidos como contratos de futuro, pelos quais um fornecedor se compromete a entregar uma quantidade determinada para um mês futuro e específico, sem que haja transferência imediata da propriedade do lote de pellets.

Negociar em bolsa de futuro das commodities permite:

- liquidez: a habilidade para comprar ou vender uma commodity a um preço preestabelecido;
- preço aberto: a capacidade de saber o preço de mercado instantâneo;
- preço transparente: a capacidade de saber se o preço instantâneo é justo, ao contrário de uma negociação bilateral.

Quanto maior for a liquidez de mercado, mais perto da realidade será o preço instantâneo, sem haver distorção de preço.

Nos mercados de futuros há produtores e compradores que precisam se proteger de futuras mudanças inesperadas de preço. Os especuladores têm um papel importante porque eles colocam liquidez no mercado e assumem os riscos que se encontram cobertos.

Cada um pode comprar ou vender no mercado de futuro, independentemente de quem seja o dono da mercadoria envolvida. Quando se trata de mercados futuros, não é necessário fazer ou receber a entrega da mercadoria, desde que o contrato futuro não seja comprado ou vendido durante o seu mês de vencimento. Uma compra ou uma venda anterior podem ser canceladas por uma respectiva venda ou compra compensatória igual. Os preços são determinados exclusivamente pela oferta e demanda.

Cada bolsa de futuros tem a sua própria câmara de compensação, por meio da qual os membros devem finalizar seus negócios. A existência de uma câmara de compensação simplifica a negociação de futuros, permitindo que as partes liquidem suas operações, sem fazê-lo diretamente com quem negociou.

As bolsas para pellets ajudam a definir padrões comuns de mercado concretamente, uma vez que uma série de requisitos de qualidade é especificada para os produtos comercializados. As bolsas para pellets foram possíveis graças à normalização das suas características técnicas e térmicas (SCHOUWENBERG, P.P., 2011).

A este respeito, além dos parâmetros de qualidade, um aspecto importante é representado pelo requisito obrigatório para a sustentabilidade da biomassa. Para serem incluídos no sistema de bolsa, todos os pellets entregues nos pontos de entrega especificados serão acompanhados dos documentos necessários para provar que o produto está em conformidade com as diretrizes descritas nos programas de sustentabilidade do *Industrial Wood Pellet Buyers Group* (IWPB), descrito no capítulo anterior (SCHOUWENBERG, P.P., 2011).

1.1.1.6 Os Incoterms

Os preços de oferta ou de compra que aparecem de ambos os lados no mercado são sempre em função dos Incoterms definidos para o comércio internacional. As regras Incoterms, ou *International Commercial Terms*, são uma série de condições comerciais pré-definidas publicadas pela Câmara de Comércio Internacional (ICC), que são amplamente utilizadas nas transações comerciais internacionais. Representadas por uma série de três letras relacionadas aos termos comerciais, detalhando as práticas comuns de vendas contratuais, as regras Incoterms são destinadas, principalmente, a comunicar claramente tarefas, custos e riscos associados com o transporte e a entrega de mercadorias (ICC, 2015).

A partir de início de 2011, a Câmara de Comércio Internacional definiu onze diferentes Incoterms, mas, no mercado de commodity de pellets, só quatro são os mais utilizados: EXW, FOB, CIF e DDP (CommErg, 2014).

- EXW – *ExWorks*: na fábrica (local designado).

O vendedor faz com que os produtos estejam disponíveis em suas instalações. Este termo coloca obrigações máximas sobre o comprador e obrigações mínimas sobre o vendedor. O termo *ExWorks* é, muitas vezes, utilizado para fazer uma citação inicial para a venda de bens sem quaisquer custos incluídos. EXW significa que um comprador incorre em riscos para levar as mercadorias ao seu destino final. O vendedor não carrega as mercadorias em veículos de coleta e não as limpa para exportação.

O comprador organiza o recolhimento do frete do local designado pelo fornecedor até navio, assume o transporte de mercadorias em trânsito e procede ao desalfandegamento das mercadorias. O comprador é responsável por completar toda a documentação de exportação e assume o custo da transferência dos produtos vendidos do vendedor para o comprador.

- FOB – *Free On Board*: franco a bordo (porto de embarque designado).

O preço FOB significa que o produtor/exportador assume o custo e o risco até colocar a mercadoria a bordo do barco no porto de exportação designado pelo importador. O vendedor deve pagar os impostos de governo no país de origem e se compromete a carregar as mercadorias a bordo do navio designado pelo comprador. Custos e riscos são divididos quando as mercadorias estão, na verdade, a bordo do navio. O vendedor deve desalfandegar as mercadorias para exportação. O termo é aplicável unicamente para o transporte marítimo e fluvial, e não para o transporte marítimo multimodal em contentores (ver Incoterms 2010, publicação ICC p.715).

O vendedor paga o transporte de mercadorias para o porto de embarque e o custo do carregamento. O comprador paga os custos de transporte marítimo, frete, seguro, descarregamento e os custos de transporte a partir do porto de chegada até destino final. A transferência do risco ocorre quando os bens estão na conta do comprador. O comprador organiza o próprio navio que vai realizar o transporte marítimo, mas o remetente tem que carregar a mercadoria no navio designado no porto de embarque designado com as datas previstas no contrato de venda, como informado pelo comprador.

- *CIF – Cost, Insurance and Freight*: custo, seguro e frete (porto de destino designado). O preço CIF significa que o fornecedor assume todos os custos do transporte da mercadoria, incluindo o frete marítimo e o seguro internacional, até o porto de entrega designado pelo comprador. No entanto, o risco é transferido para o comprador, uma vez que os produtos são carregados a bordo do navio.

- *DDP – Delivered Duty Paid*: entregue com direitos pagos (local de destino designado) Este termo significa que o vendedor entrega a mercadoria ao comprador até ao local de destino designado no contrato de venda. É uma transação no comércio internacional em que o vendedor é responsável por fazer uma entrega segura da mercadoria. Ele paga todos os custos para levá-la até o destino, incluindo direitos de importação e os impostos. O vendedor assume os riscos e os custos associados à entrega dos bens para o local de entrega e é responsável pelo pagamento do imposto e outras despesas de desalfandegamento. Contudo, o vendedor não é responsável pelo desembarque.

As obrigações dos vendedores e dos compradores em função dos Incoterms estão resumidas numa tabela apresentada em Anexo 4.

1.1.1.7 Preços

Os *brokers*, como CommErg (2014), têm identificado áreas geográficas onde acontecem os principais mercados de futuros para pellets e para os quais aparece uma formação de preço uniforme:

- ARA (Ams, Rott. Antwerp): os portos de Amsterdam e Rotterdam, na Holanda e de Antuérpia, na Bélgica;
- NWE (North West Europe): Reino Unido, Holanda, Bélgica, Alemanha, norte da França e Dinamarca;
- NYH (New York Harbour): porto de Nova York, Estados Unidos;
- NEE (North East Europe) ou Baltic: Estônia, Letônia, Lituânia, Polônia e Rússia;
- MED (Mediterranean): portos mediterrâneos do sul da Europa: Portugal, sul da França, Espanha e Itália;
- Sea Scandinavia: Noruega, Suécia, Finlândia, Islândia e Rússia;
- Pacific: Coreia do Sul, Japão e China.

Combinando os Incoterms com as áreas geográficas, os atores das bolsas de pellets estabelecem mercados-chave associados à sua moeda de transação, tal como, por exemplo,

- CIF ARA (EUR); CIF SOUTH HAMPTON (GBP); CIF GENOA (EURO);
- FOB NWE (EUR Equiv.); FOB NYH (USD); FOB NEWPORT (USD); FOB AARHUS (DKK); FOB Báltica (EUR)
- EXW NWE (EUR Equiv.); EXW St. PETERSBURG (EUR Equiv.); EXW MED (EUR Equiv.); EXW East Coast USA (USD Equiv.);
- DDP NWE (EUR Equiv.); DDP NORTH EAST EUROPE (EUR Equiv.); DDP MED (EUR Equiv.); DDP SCANDINAVIA (EUR Equiv.).

Existem algumas fontes importantes de informação sobre a evolução dos preços internacionais das commodities relacionadas à biomassa sólida (VINTERBÄCK et PORSÖ, 2011):

- ARGUS: Argus Media Ltd. é uma companhia britânica que fornece informações comerciais sobre energias desde 1970. Ela iniciou suas atividades sobre o mercado de petróleo, ela expendeu-se a partir de 1995, fornecendo análises sobre a evolução dos mercados do carvão, eletricidade e diretos de emissão (carbono), e agora vem diversificando-se no mercado da biomassa. O Reino Unido é, na verdade, o primeiro importador mundial de pellets industriais para abastecer suas termoelétricas (FAO, 2015). Os volumes estão chegando aos 5 milhões de toneladas anuais. Cada semana ARGUS publica um boletim “Argus Biomass Markets”, que analisa o estado do mercado da biomassa, principalmente de pellets de madeira. Ela publica

indicadores de preço dos pellets, baseados em levantamentos realizados com atores do mercado (Argus Media, 2015).

Na Figura 9 mostra-se o tipo de gráfico emitido, permitindo entender a evolução dos preços do pellet como commodity. Nesse caso apresentado, o gráfico mostra a evolução dos preços CIF futuros em 90 dias nos portos ARA.



Figura 9: Indicador do preço CIF (Eur./t) de futuro, dentro de 90 dias nos portos ARA (Amsterdã, Rotterdã e Antwerp), em USD/tonelada.

Fonte: Argus Media Ltd.

- FOEX: FOEX Indexes Ltd. é uma companhia finlandesa especializada em fornecer índices de preço para toda uma série de produtos associados à produção de celulose e papel. A partir do final de 2009, FOEX começou a publicar, mensalmente, um índice de preço para os pellets industriais para o mercado de Europa do Norte, chamado PIX Pellet-Baltic Industrial, como mostrado na Figura 10.

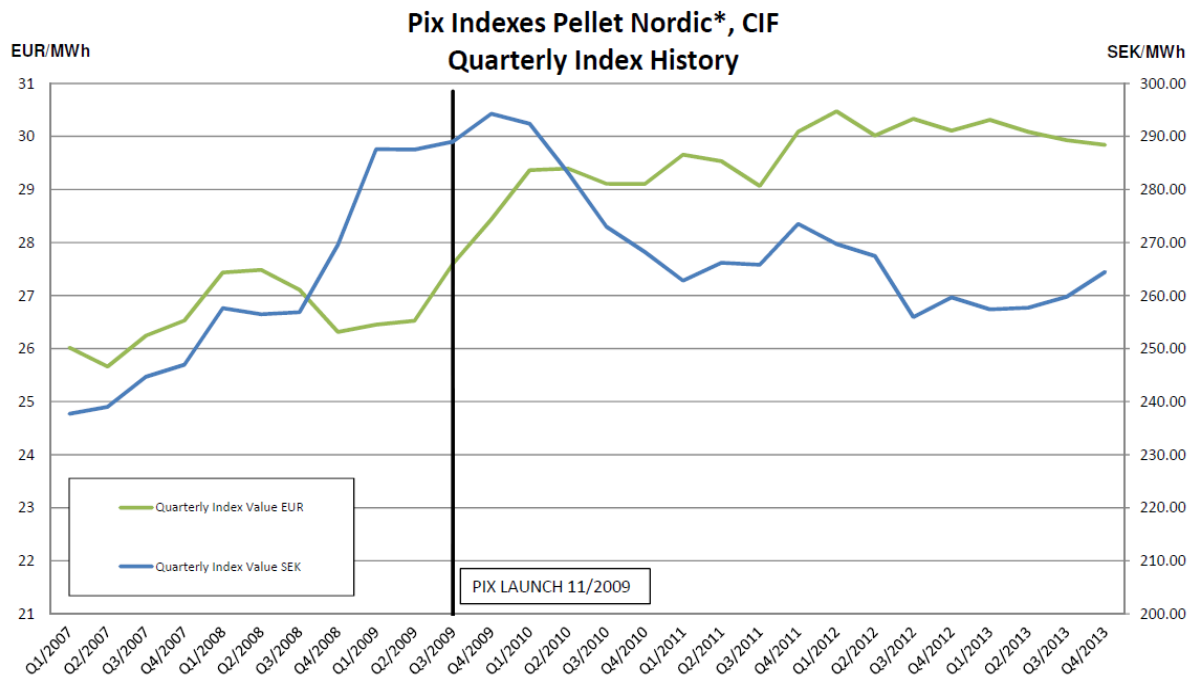


Figura 10: Índices de preço CIF (Eur./MWh) do pellet industrial para a região báltica da Europa, publicado por FOEX.

Fonte: FOEX Indexes Ltd.

A partir de 2011, em parceria com a associação austríaca proPellet, FOEX começou a publicar um índice de preços para a Europa continental, essencialmente Alemanha e Áustria, do pellet de qualidade intermediária que corresponde à norma Europeia ENPlus-A2 ou à norma Austríaca ÖNORM M 713. O condicionamento é previsto em lotes de, no mínimo, 15 toneladas, utilizados por consumidores de média escala, como hotéis e pequenas termoelétricas.

Publicado uma vez por mês, o índice PIX é calculado a partir dos preços de comércio real. Ambos, compradores e vendedores, são representados como provedores no índice de preços (Ver Figura 11).



FOEX Wood Pellets (AUT) Price Index min. 15 ton deliveries, EUR/ton, delivered at customer

pro>>pellets
Austria

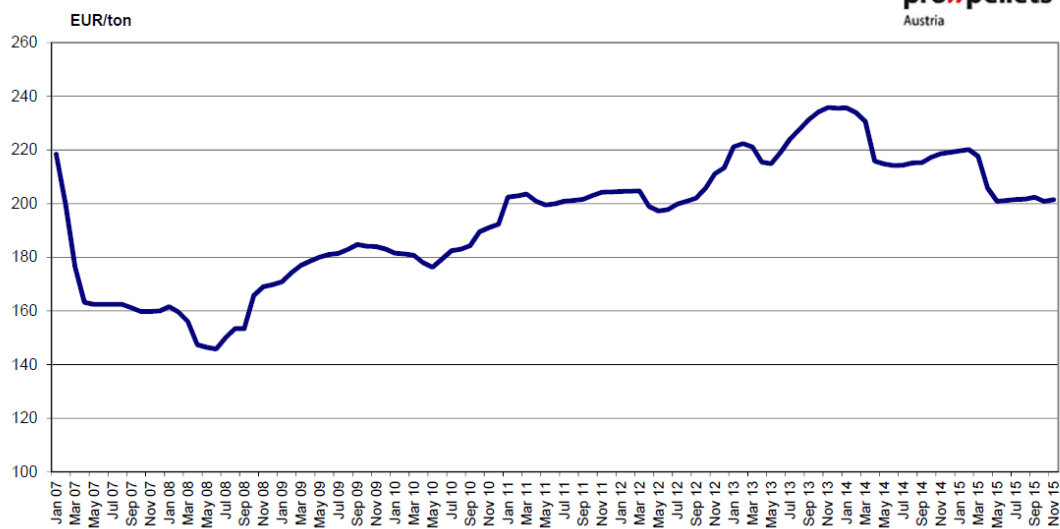


Figura 11: Índice de preço (Eur./t) para o pellet EM Plus-A2, para a Europa continental, publicado por FOEX e Pro-pellets Áustria.

Fonte: FOEX Indexes Ltd.

- PROPELLET Áustria

ProPellets Áustria é uma associação austríaca das indústrias de pellets de madeira. Os membros da associação são empresas envolvidas em questões do setor de pelletização, seja as que produzem pellets de madeira, que lidam com pellets de madeira ou que sejam fabricantes de caldeiras de calefação ou fogões a pellets de madeira. Deve-se lembrar de que o setor de produção de pellets é muito importante na Áustria porque é o segundo maior país consumidor de pellets per capita do mundo, depois da Estônia.

ProPellet edita dois índices mensais dos preços do pellet para uso doméstico de qualidade Premium ENPlus A1. É o preço para o consumidor final, com a VAT-Value Added Tax, que é o imposto sobre venda, que corresponde ao ICMS do Brasil. A VAT é de 10% na Áustria (VINTERBÄCK et PORSÖ, 2011). Na Itália, passou de 10% para 20%, em 2015.

2.4.2 Os volumes atuais de produção

Pelas estatísticas da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), é possível saber, com boa precisão, a evolução da produção mundial de pellets e dos fluxos entre países, assim como quais são os maiores produtores e aqueles que são os principais importadores, e estimar as tendências.

As estatísticas da FAO sobre pellets iniciaram-se somente a partir de 2012, enquanto para muitos outros produtos florestais e madeireiros os registros somam mais de 30 anos. Isso mostra que o interesse para a indústria de pellets é recente, ainda que esse mercado movimente no mundo inteiro por mais de US\$ 2,5 bilhões (FAO, 2015).

A produção global de pellet alcançou 26,2 milhões de toneladas, em 2014, um aumento de quase 15% em relação aos volumes de 2013. A União Europeia foi responsável por 60% da produção mundial, seguida pela América do Norte, com 33% (REN21, 2015; FAO, 2015).

O mercado sendo extremamente dinâmico e de rápido crescimento, os números dos volumes comercializados, disponíveis em estudos, são rapidamente desatualizados. Num artigo recente, Lamers (2012) distingue, nos volumes comercializados no mundo, os pellets marrons para o uso industrial e os pellets brancos para o uso doméstico. O comércio internacional dos pellets marrons se traduz, principalmente, por exportação da América do Norte, Canadá e Estados Unidos em direção à Europa, enquanto o comércio de pellets branco para uso doméstico se faz, principalmente, internamente na Europa.

Assim, a Europa aparece como o centro de mercado mundial de pellets, tanto produzindo a boa parte de seu pellet para uso doméstico como importando boa parte do pellet de uso industrial, principalmente dos Estados Unidos.

Na Tabela 5 mostram-se os principais países produtores, assim como a taxa de crescimento anual de sua produção. Podem-se distinguir quatro grupos de países: (i) a América do Norte, que domina o mercado mundial; (ii) a Europa Ocidental, que representa os principais países consumidores cuja produção é destinada para o mercado interno e que são limitados em capacidade de produzir; (iii) os países da Europa do Norte, da Escandinávia e a Rússia, com grande capacidade de produção e exportação, e, finalmente, (iv), os países do sudeste asiático, que começam a produzir com taxa alta de crescimento anual.

Tabela 5. 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.

1.1.1.8 A América do Norte

No Canadá e nos Estados Unidos, são 241 plantas existentes ou em construção por um potencial de produção futura total prevista de 27 milhões de toneladas, capaz 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, isso não vai afetar a disponibilidade de madeira para outros fins. Eles estimaram que os usos energéticos da produção florestal representarão de 4% a 9 % do consumo total anual de madeira nesse país em 2023, consumo que é estável em torno de 500 milhões de toneladas úmidas de madeira.

Esses autores ressaltam que 55% dos novos projetos de fábricas de pellets nos Estados Unidos são para atender aos mercados externos e, especificamente no sul do país, 93% dos projetos são para atender à demanda europeia.

Hoje, Estados Unidos e Canadá, com taxas de crescimento anual respectivas de 21% e 6%, produzem já 8,8 milhões de toneladas. Em 2014, as exportações norte-americanas subiram 39% em relação a 2013, quase o dobro de 2011, atingindo um valor de mais de USD 650 milhões.

Lemers (2012) relata que mais de 90% da produção de pellet do Canadá localizam-se na Província de Colúmbia Britânica, do lado da costa do Pacífico, encarecendo as exportações para Europa. Já as implantações industriais nos Estados Unidos estão se realizando na região sudeste, perto da costa do Golfo do México, com a vantagem de ser mais perto da Europa e, então, com custo de transporte mais competitivo, comparado ao da Colúmbia Britânica.

Uma série de novas usinas foi recentemente construída para processar diretamente toras de madeira, especialmente na região florestal do sudeste dos Estados Unidos. A sua independência da indústria de serraria tem permitido um foco na exportação de pellets e muitas das plantas mais novas têm capacidade superior a cem mil toneladas por ano. Uma combinação de fatores, tais como uma grande disponibilidade de matérias-primas a preços competitivos, bem como um sistema de gestão sustentável das florestas, uma logística relativamente fácil e os transportes baratos, atraiu rapidamente investimentos no sudeste dos EUA por parte de industriais americanos, bem como de empresas europeias (COCCHI, M, 2011).

Abt et al. (2014) indicam que 98% das exportações dos Estados Unidos são destinadas para a Europa, dominadas pelo Reino Unido (53%), a Bélgica (23 %) e a Holanda (14%).

Na Tabela 6 apresentam-se os principais países exportadores, com o crescimento anual dos volumes, assim como o preço médio da tonelada exportada. Percebe-se que o Canadá foi ultrapassado pelos Estados Unidos e perdeu sua liderança no mercado europeu, pois seus volumes de exportação não cresceram em 2014.

Tabela 6: 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
Republica 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.

Por enfrentar a concorrência americana, os canadenses têm duas estratégias: construir usinas na costa leste para estar mais perto da Europa e se posicionar no mercado asiático,

especialmente a Coreia do Sul e o Japão. Existem alguns projetos de construção de plantas de pellets nas províncias de leste, como a companhia Rentech, que tem a intenção de construir uma fábrica no porto de Botwood, na costa leste da ilha de Terra-Nova. Botwood, que é um porto já usado na exportação de papel jornal e tem uma vantagem logística óbvia: a distância de transporte para Rotterdam é de apenas 4.200 km (2.270 milhas náuticas) em comparação com, por exemplo, 6.500 km (3.510 milhas náuticas) de Norfolk-Virginia ou 8.850 km (4.780 milhas náuticas) de Mobile-Alabama. Como resultado, o tempo de transporte de Botwood para a Europa é de menos de 7 dias, em comparação aos 14 dias necessários a partir do porto de Mobile-Florida (HAWKINS WRIGHT, 2014)..

Esse projeto permitirá também compensar a queda de atividade das indústrias madeireiras e de celulose nessa região. A falta de demanda para toras de pequenas dimensões típicas dessa região fria provocou uma queda da atividade florestal que a produção de pellets pode parcialmente amenizar. No seu auge em 2000, na província de Terra Nova, foram colhidos 2,8 milhões de m³ de madeira em tora, mas, em 2012, apenas 1,1 milhões de m³ foram colhidos. A produção de madeira caiu de 40.000 m³, em 2003, para 191.000 m³, em 2011 (HAWKINS WRIGHT, 2014).

Outra possibilidade de expansão para os canadenses é o mercado coreano. Contudo, as exigências de qualidade dos coreanos são bastante estritas para garantir que a fabricação de pellets usa exclusivamente fibra pura de madeira e não matéria-prima agrícola com alto teor de cinza ou de reciclagem contaminada por produtos químicos (MURAY, 2015)

A indústria da celulose e papel está interessada em diversificar-se na produção de pellets. Por exemplo, o grupo português Portucel anunciou, no fim de 2014, o investimento de 110 milhões de dólares na construção de uma unidade de produção de pellets, nos Estados Unidos, na região de Greenwood, Carolina do Sul, para a produção de 460.000 toneladas por ano. O grupo Portucel, que produz anualmente 1,2 milhão de toneladas de celulose de eucaliptos, vem, assim, se diversificando na produção de pellets de coníferas.

1.1.1.9 A Europa ocidental

A Alemanha é o segundo maior produtor mundial, mas sem evolução dos volumes. Com outros países europeus pioneiros na produção de pellet, como Áustria ou Suécia, a indústria chegou a um ponto de equilíbrio entre disponibilidade de matéria-prima a preço acessível e

compatível para um custo de produção que permite colocar o pellet a preço competitivo no mercado.

A concorrência entre compradores de resíduos da indústria madeireira provoca uma tensão sobre o preço da matéria-prima. Para a aquisição da matéria-prima, os produtores de pellets são em competição com a indústria da celulose e papel e a indústria de painéis aglomerados produzindo *oriented strand board* (OSB), *medium density fiberboard* (MDF) e outros painéis de partículas. Nesses países, a demanda crescente será compensada, seja pela transformação direta de torras de madeiras, seja por importações vindas de países vizinhos ou, mesmo, de outros continentes, em função do preço oferecido com uma qualidade garantida.

Na Áustria, a maior serraria serra 1 milhão de m³ de madeira por ano e parte dos resíduos é transformada em pellets. Nesse país, há muitos pequenos produtores de pellets, mas alguns produzem de 50.000 até 90.000 toneladas de pellets. O maior produtor europeu produz 130.000 toneladas de pellets (KRISTÖFEL et al, 2014)

A tonelada de pellet vendida ao consumidor final, na Áustria e na Alemanha, custa em torno de 242 a 248 euros, a tonelada (PRIX PELLETS, setembro 2014).

Outros país europeus continuam crescendo firmemente, especialmente a França, onde a demanda local forte permite aos industriais investirem com segurança em novas plantas de produção. Está previsto que o consumo interno da França chega a 2 milhões de toneladas até 2020, o que corresponde ao fornecimento em energia para o aquecimento de 9 milhões de casa. Em 2013, entrou em produção a maior usina na França, com capacidade de 120.000 toneladas por ano e utilizando 20% de serragem e 80% de pequenas torras coníferas provenientes de desbaste de plantações (RAGU, 2014).

A França está já transformando torras diretamente em pellets porque os subprodutos da indústria são insuficientes para abastecer a demanda. Na Figura 12 mostra-se a evolução divergente entre a disponibilidade de subprodutos pela indústria madeireira e a demanda pelas indústrias de pellets na França. A partir de 2009, a demanda por subprodutos de indústrias (maravalha, serragens e outros) supera a disponibilidade que estava caindo desde 2008, devido à diminuição da atividade das serrarias por causa da crise financeira internacional. A matéria-prima que estava, até 2009, em torno de 25 Euros por tonelada, está subindo para o limite de 80 Euros a tonelada, limite acima do qual é interessante transformar diretamente torras de madeiras em pellets (PINEL, 2013).

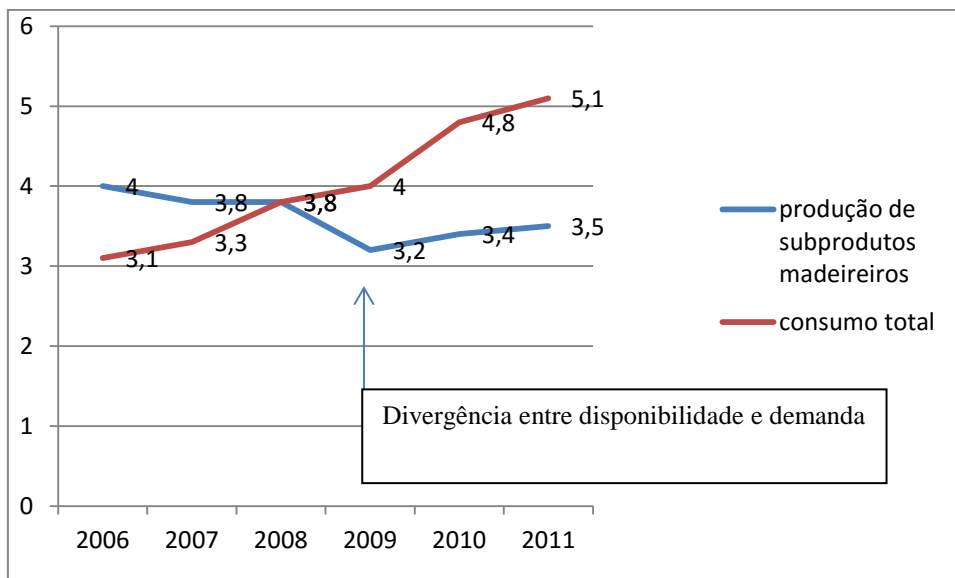


Figura 12: Produção de subprodutos disponibilizados pelas indústrias madeireiras e consumo total pelas indústrias de papel, painéis e pellets na França, em milhões de m³/ano.

Fonte: PINEL, 2013.

Na Áustria, a maior serraria serra 1 milhão de m³ de madeira por ano e parte dos resíduos é transformada em pellets. Nesse país, há muitos pequenos produtores de pellets, mas alguns produzem de 50.000 até 90.000 toneladas de pellets. O maior produtor europeu produz 130.000 toneladas de pellets

1.1.1.10 A Federação Russa

A Federação Russa também está se tornando um importante fornecedor de pellets de madeira. Sendo o país com a maior área de florestas do mundo, a Rússia tem um potencial de mais de 20 milhões de toneladas de biomassa a partir de resíduos florestais por ano. O consumo interno de pellets está limitado a 30% da produção atual, a capacidade de produção foi estimada em três milhões de toneladas, em 2010 e o volume de produção real, em torno de um milhão de toneladas, das quais 880 mil foram exportadas para a Europa (COCCHI et al., 2011; FAO, 2015).

Os principais mercados para os pellets russos são a Suécia e a Dinamarca, onde a maioria é queimada em usinas de cogeração (HAWKINS WRIGHT, 2014).

A Rússia vai, portanto, desempenhar um papel mais importante no mercado global de pellets. No entanto, ao contrário os EUA, problemas logísticos afetam a mobilização de matéria-prima, especialmente a partir das áreas situadas no interior, especialmente a região da Karélie.

O grupo Sueco RUSFOREST, que possui, na Rússia, serrarias com grande capacidade instalada, iniciou-se, no 1º trimestre de 2014, a produção de uma fábrica de pellets de 100.000 t/ano, acoplada a uma serraria na região de Arkhangelskt. Como acontece com muitas plantas russas, pellets são uma maneira de dar um valor às serragens e aparas da serraria adjacente. RusForest descreve o usina de pellet como um ponto de viragem para a operação de Arkhangelsk, fornecendo-lhe uma oportunidade para alcançar um EBITDA positivo na unidade de negócio (HAWKINS WRIGHT, 2014).

A maior fábrica do mundo, localizada perto de São Petersburgo e pertencente à Vyborg Timber Corporation (VLK), com capacidade de produção anual de 900.000 toneladas, está parada desde final de 2014. Várias são as razões apontadas, como dificuldade de aprovisionamento, problemas de qualidade de pellets que não correspondem às exigências do mercado internacional e também problemas políticos ligados à situação da Rússia na cena internacional, que impedem a assinatura de contratos em longo prazo pelos compradores potenciais (WHATWOOD, 2015).

1.1.1.11 O Sudeste Asiático

Os países do sudeste asiático, formado pelo Vietnã, a Malásia e a Indonésia, constituem um outro bloco de países caracterizado por uma alta taxa de crescimento anual da produção. Esses países estão respondendo à alta demanda da Coreia do Sul, que virou o quarto importador mundial, enquanto estava na nona posição em 2012 (Tabela 7).

2.4.3 Países importadores

Em resposta ao aumento do comércio internacional de biomassa sólida, vários portos de embarque começaram a atualizar suas instalações de manuseio para se manterem competitivas. Por exemplo, o Porto de Amsterdã tinha investido cerca de US \$ 138 milhões (100 milhões de euros) no manuseio e no armazenamento de biomassa a partir do início de 2014. O porto movimentou a importação de 100 mil toneladas de pellets e cavacos de madeira em 2013, e espera-se que a quantidade deve subir rapidamente. Além disso, estão previstos investimentos para aumento de capacidade de armazenamento dedicado à biomassa, com os importadores, como a Cargill (Estados Unidos) e CWT Europa (Holanda), assistindo a evolução de vários portos antes de realizar seus negócios futuros. Em 2013, a empresa coreana “Southern Power” e outras empresas de energia e comércio desse país, incluindo GS, LG e Samsung, estavam explorando oportunidades de pelletização e de importação com os

fornecedores de Austrália, Canadá, Indonésia, Malásia, Estados Unidos, Tailândia, Vietnã e em outros lugares (REN21, 2014).

Segundo os números publicados pela FAO (Tabela 7), o principal país importador de pellets, em 2014, foi o Reino Unido. Por causa do programa governamental britânico chamado “Renewables Obligations”, operadores de grandes usinas movidas a carvão têm adaptado as plantas existentes para a cocombustão de pellets de madeira com carvão, ou convertê-las a 100% de biomassa. Por exemplo, a maior usina de energia a carvão no Reino Unido, com cerca de 4.000 megawatts gerados, está em processo de conversão de metade de suas seis unidades geradoras para utilizar apenas os pellets de madeira. Assim, o Reino Unido está importando quantidade considerável de pellets, passando de um volume quase inexistente, em 2009, para quase 5 milhões de toneladas em 2014 (WONG e BREDEHOEFT, 2014; FAO, 2015).

Tabela 7: Principais países importadores de pellets em 2014, com as quantidades importadas e a taxa de crescimento das importações comparadas ao ano anterior.

Países importadores	Volumes importados (t)	Taxa de crescimento anual (%)
Reino Unido	4.757.135	110,0%
Dinamarca	2.120.800	2,6%
Itália	1.935.962	30,9%
República da Coreia	1.849.641	705,3%
Bélgica	657.377	-16,1%
Suécia	521.630	2,9%
Holanda	383.247	-31,4%
Alemanha	370.207	3,3%
Áustria	341.583	12,8%
Estados Unidos	219.987	77,9%
Eslovênia	158.879	82,0%
França	138.126	219,4%
Japão	96.745	17,2%

Fonte: FAO, 2015

O conglomerado britânico Drax (Drax Power Limited), que é o maior produtor de energia na Grã-Bretanha e especializado em termoelétricas de carvão, está convertendo todas as suas termoelétricas para poder usar exclusivamente ou em cocombustão o pellet de madeira. Quando todo o processo de conversão de suas seis usinas estiver terminado, Drax vai produzir 2.000 MW de energia elétrica a partir de 7 milhões de toneladas de pellets (DRAX, 2015).

Para poder responder a seu plano de conversão, Drax está buscando parceiros comerciais e diversificando suas fontes de fornecimento de pellets (Tabela 8).

Tabela 8: Procedência dos pellets importados por DRAX, em toneladas.

	Estados Unidos	Canadá	Letônia	Portugal	Estônia	Alemanha	África do sul	Grã-Bretanha	Polônia	TOTAL
2013	619.045	813.305	47.621	83.838				36.156		1.599.965
2014	2.380.347	882.758	307.114	234.287	151.196	17.376	5.304	113.345	914	4.092.643

Fonte: Drax Group plc, 2015

O conglomerado está construindo um complexo de produção e de exportação de pellets na região florestal americana na fronteira entre os estados de Louisiana e Mississipi. Esse complexo se baseia em duas usinas de produção de pellets para um total de 900.000 toneladas anuais e a construção de instalações portuárias capazes de escoar a produção para o Reino Unido (PORTZ, 2014).

O grupo brasileiro Tanac, baseado no rio Grande do Sul, após assinar um convênio com a companhia Drax, está construindo uma unidade de produção por um custo total de 150 milhões de reais. Essa usina será capaz de produzir, anualmente, 350.000 toneladas de pellets à base de *Acacia Mearnsii* que vão, assim, entrar na matriz energética britânica (TANAC, 2014).

Outros produtores de energia europeus estão fazendo reformas semelhantes para poder usar o pellet em cocombustão nas termelétricas. Os próximos quatro maiores importadores europeus de pellets de madeira são a Dinamarca (principalmente da Rússia e os Balcãs), a Itália (proveniente sobretudo da Áustria e Alemanha), a Bélgica (dos Estados Unidos e Canadá), e a Suécia (também principalmente da Rússia e os Balcãs).

Na Bélgica, no início da década 2010, o grupo Electrolabel (GDF-SUEZ) investiu 125 milhões de Euros na transformação da termelétrica 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 e a geração de 180 MW (HAWKINS WRIGHT, 2014).

Roos e Rackley (2012) mostraram as perspectivas de crescimento do mercado asiático, especialmente o japonês. O Japão, por ter uma forte indústria de madeira, já produz um volume importante de pellets a partir dos resíduos para o consumo interno. São 110 usinas de pellets de pequeno a médio porte, transformando os resíduos e vendendo, principalmente, para o mercado doméstico (COCCHI, 2011). Mas, a expectativa de importação de pellets é de crescer com o desenvolvimento da cocombustão em plantas de carvão e, especialmente, pela vontade do governo japonês de 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 (GOETLZ, 2015).

O Japão importa os pellets de vários países, como mostrado na Tabela 9.

Tabela 9: Importações japonesas de pellets, volume, países de origem e preço, em 2009.

Países de importação	Volume (tonelada métrica)	Preço (Euro/tonelada)
Canadá	49.498	129
China	4.369	142
New Zelândia	1.919	155
Vietnã	1.019	91
Holanda	914	161
Estados Unidos	731	146
Sri Lanka	158	171
Malásia	146	147
Indonésia	80	142
Tailândia	78	163
Total	59.143	131,4 (Preço médio)

(Fonte: Kojima, 2009).

HAN (2009) avalia a demanda de pellet para a Coreia do Sul em até 5 milhões de toneladas em 2020, dos quais 80% serão importados. A Coreia do Sul assinou, em 2009, dois acordos de projetos de criação de florestas energéticas de 200.000 hectares cada, um na Indonésia e o outro do Camboja. Esses projetos são investimentos de longo prazo que necessitaram de assinatura com os governos desses países, dando garantia de uso do solo durante 99 anos. Em contrapartida, a Coreia se compromete em implantar projetos socioambientais que permitirão o desenvolvimento rural das populações afetadas por essas plantações e usinas associadas.

Em 2014, a Coreia do Sul importou 1.849.641 toneladas de pellets (Tabela 7), multiplicando por 7 suas importações, comparadas a 2013 (Tabela 10). Esse país virou a quarta principal destinação de pellets no mundo. O Vietnã é o maior fornecedor, com 52% do volume importado em 2015

Tabela 10 : Países fornecedores de pellets para a Coreia do Sul, em toneladas e crescimento anual (%)

	Vietnã	Canadá	Malásia	Rússia	Indonésia	E.U.	China	Tailândia	Japão	Outros	TOTAL
2012 (t)	30.296	2.346	30.698	41.731	8.933	184	3.648	314	3.546	451	122.447
2013 (t)	157.226	79.795	78.420	76.941	33.534	32.018	10.220	9.315	4.628	2.571	484.668
Crescimento %	419%	2915%	155%	84%	275%	17325%	180%	2865%	31%	470%	296%

Fonte: Hawkins Wright, 2014.

2.4.4 Brasil

Nas estatísticas da FAO, o Brasil aparece na 35^a colocação dos países produtores de pellets. Por outro lado, é um dos maiores produtores mundiais de madeira serrada (Ver Anexos 3 e 4).

A produção foi estimada pela FAO em 62.000 toneladas, em 2014, crescendo 18%, comparada a 2013. Guardando essa taxa de crescimento, a produção chegaria a 75.000 toneladas em 2015. Mas, como a situação é extremamente favorável para o desenvolvimento das exportações, pelo fato de a taxa de câmbio permitir ao pellet brasileiro ser competitivo, espera-se, para o ano 2015, que a produção supera 80.000 toneladas. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Pellets, são 14 fábricas em produção no Brasil, essencialmente no sul do País.

Segundo a FAO, o Brasil exportou 6.660 toneladas de pellets em 2014, ou seja, 10% de sua produção. Isso representa um número insignificante na escala das quantidades comercializadas mundialmente. O maior mercado para o Brasil é a Itália, para onde foram exportadas 6.159 toneladas em 2014, segundo os dados fornecidos pelo Serviço Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2015).

Contudo, o Brasil é um produtor madeireiro de importância mundial. No Anexo 4 mostra-se que o Brasil ocupa a sétima posição, com um total de mais de 15 milhões de toneladas de madeira serrada por ano (FAO, 2014), o que gera uma quantidade considerável de resíduos.

Segundo Brand (2009), são 60 milhões de resíduos de madeira que são gerados por ano e a maior parte descartada sem valorização. Uma parte vem das indústrias que processam a madeira de florestas plantadas de pinus e eucalipto e outra parte vem de florestas nativas, majoritariamente da região amazônica.

A transformação em pellet dos resíduos de madeiras coníferas é o mais fácil e acessível, tecnologicamente. No Brasil, são 1,6 milhão de hectares plantados de pinus. As indústrias madeireiras que não são do ramo da produção de celulose e papel e de painéis reconstituídos consomem, anualmente, aproximadamente 27.500.000 m³ de madeira de pinus em tora (SNIF, 2015; ABRAF, 2013).

Estima-se que de cada 5 m³ de toras que entram numa usina, somente 1 m³ seja transformado em produtos acabados (portas, molduras, painéis, lambris, etc.) e os outros 4 m³ (80%) são descartados como casca, cavacos, maravalha, serragens, micropó (informações dadas pela

ARAUPEL, recolhidas pelo autor, 2015). Calcula-se que sejam necessários 5,5 m³ de maravalha ou serragem a 45% de umidade, para produzir uma tonelada de pellets a 8% de umidade. Então, dos 27,5 milhões de m³ de toras colhidos anualmente pela indústria, são produzidos 22 milhões de m³ de subprodutos. E se 40% são serragem e maravalha de qualidade suficiente para ser transformado em pellets, isso representa um potencial anual de produção de 1,6 milhões de toneladas de pellets de coníferas no Brasil ($27,5 \times 80\% = 22$ milhões de t de subprodutos; $22 \times 40\% = 8,8$ milhões de toneladas de serragem e maravalha de qualidade; $8,8 / 5,5 = 1,6$ milhão de toneladas de pellets anual). Isso representa um potencial energético total de 8 GWh (1kg de pellets = 4,7 a 5,3 kWh).

Os outros resíduos gerados pela indústria madeireira brasileira provêm de madeiras duras folhosas mais difíceis de serem transformadas em pellets. Isso necessita, para cada espécie ou clone, no caso do eucalipto, de uma adaptação específica do processo e das máquinas de pelletização, como, por exemplo, o uso de um agente ligante e matrizes mais resistentes (KOFMAN, 2007, DÖRING, 2013).

Nos capítulos a seguir, analisa-se por que o Brasil é tão pouco presente nesse mercado promissor e estabelecem-se as condições da viabilidade econômica de um empreendimento baseado nas exportações.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ANÁLISE SWOT

3.1.1 Definição

A análise (ou matriz) SWOT, acrônimo para (Forças [Strengths], Fraquezas [Weaknesses], Oportunidades [Opportunities] e Ameaças [Threats]), é uma ferramenta de análise estratégica. Ela combina o estudo dos pontos fortes e fracos de uma organização, território, setor, com as oportunidades e ameaças do seu ambiente, para auxiliar na definição de uma estratégia de desenvolvimento (COMISSÃO EUROPEIA, 2006, KANGAS et al., 2003).

Conduzir uma análise SWOT consiste em realizar dois diagnósticos:

- 1- Um diagnóstico externo que identifica as oportunidades e as ameaças no ambiente;
- 2- Um diagnóstico interno que identifica os pontos fortes e fracos da área estratégica do negócio.

O resultado esperado é apresentado sob a forma de uma grade com 4 quadrantes dispostos na forma seguinte:

Verticalmente: duas colunas. A da esquerda recolhe a lista de elementos que têm um impacto positivo ou favorável sobre a área de negócio estratégico estudado. A da direita recolhe a lista de itens que adversamente ou negativamente afetam a área de negócio estratégico estudado.

Horizontalmente: duas linhas. A de cima recolhe a lista de elementos cuja existência se deve a causas internas, área de negócio estratégico específico estudado. Esses elementos - incluindo a causa ou causas são internas - espera-se que sejam administráveis ou reformáveis pelos líderes da organização. A de baixo recolhe a lista de elementos cuja existência se deve a causas externas, em geral, comuns a todos os concorrentes no mercado. Esses elementos se impõem aos líderes de organizações que não podem ter influência sobre eles.

A lista contida em cada quadrante não deve ter um número excessivo de itens, sob risco de não ser realmente a «síntese» esperada.

Na realização da matriz SWOT deve-se priorizar os itens listados em cada quadrante:

No quadrante "Forças", os itens são classificados por intensidade decrescente: Os mais fortes no topo da lista. Na lista das "fraquezas", os itens com as deficiências mais significativas aparecem no início da lista. Da mesma forma, nos quadrantes "Oportunidades" e "Ameaças" (RAUCH, 2007).

3.1.2 Exemplos de Análises SWOT realizadas na área florestal e de biomassa.

O método de análise SWOT é bastante usado nos setores de gestão estratégica das empresas, de análise econômica de mercado.

Anjelo et al. usaram o método SWOT para realizar uma análise estratégica da produção de madeira sustentada na Amazônia Brasileira. Uma análise de frequência simples foi realizada permitindo ordenar em termos percentuais os itens com maior pontuação. A análise SWOT permitiu realçar os benefícios do manejo sustentável das florestas pela manutenção em longo prazo da cobertura florestal. Os entrevistados identificaram a falta de prioridade do governo para resolver os problemas que impedem a generalização do manejo das florestas para que as companhias florestais acreditadas consigam superar as dificuldades do setor.

Alakangas (2002) realizou uma Análise SWOT do mercado de pellets na Finlândia (Tabela 11). A análise mostrou que sobre os pontos fortes não há muita coisa que possa ser feita para melhorá-los, no entanto os pontos fracos podem ser corrigidos mais facilmente. Especialmente sobre o marketing e as garantias de qualidade, pela adoção de normas a fim de permitir mais confiança para o consumidor. Sobre o ambiente de negócio, existem alguns itens que são difíceis de interferir. No entanto, é possível informar aos responsáveis políticos sobre a importância do mercado de pellets para o meio ambiente, a economia nacional e a geração de empregos, para que eles possam estabelecer uma política favorável às bioenergias locais. Redes de consumidores podem também receber informações comparativas sobre as emissões resultantes da combustão de pellets e do uso de combustíveis fósseis.

Para avaliar a oportunidade de construir e colocar em operação uma usina de pelletização em uma comunidade local da Província de Colômbia Britânica, a análise SWOT foi uma das ferramentas utilizadas que permitiu designar fatores que poderiam afetar a indústria no futuro caso não fossem corrigidos (URBANOSWSKI, 2005).

Tabela 11: Matriz SWOT do mercado de pellets na Finlândia (Alakangas, 2002).

<p>PONTOS FORTES DO NEGÓCIO DE PELLETS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustível local renovável - Combustível compacto e homogêneo - Energia ambientalmente correta especialmente por ser CO2 neutra - Fácil de manusear, utilizar e transportar. - Queima limpa com baixo teor de cinza - Não congela ou mofa - Pouco espaço necessário para estocagem - Alto teor energético - Boa disponibilidade e baixo preço da matéria prima - Preço mais estável que outros combustíveis - Diversidade de uso que vai do fogão até às usinas de grande porte. 	<p>PONTOS FRACOS DO NEGÓCIO DE PELLET:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pouco conhecido do consumidor - Mercado recente - Preço do equipamento maior que outros - Até agora, serviço insuficiente. - Alto custo de transporte e distribuição e falta de veículo específico para transporte - Falta de normas para pellet (em 2002); - Falta de certificação de qualidade para os equipamentos - Produto ainda imaturo - Poluição por emissão de partículas
<p>OPORTUNIDADES DO AMBIENTE DE NEGÓCIO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instabilidade do preço das energias importadas principalmente o petróleo - Encarecimento da eletricidade - Aumento da produtividade das máquinas de processamento da madeira, baixando o preço da matéria prima. - Potencial de alto crescimento - Aumento da pressão ambiental 	<p>AMEAÇAS DO AMBIENTE DE NEGÓCIO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Política desfavorável para pellets; - Paralisação das exportações para Suécia e Dinamarca; - Escassez de matéria prima caso os subprodutos madeireiros sejam usados para outros fins ou baixa de atividade nas indústrias que geram esse subproduto; - Baixa do preço dos combustíveis importados; - competição com alternativas energéticas locais como cavaco e geotermia.

Gentil (2008) estudou o mercado brasileiro de briquete utilizando três ferramentas de investigação. Na primeira foi feito um questionário com perguntas abertas. Nas duas outras foram realizadas análises SWOT, uma integrada a uma hierarquização das respostas pelo Modo de Valoração, e a outra integrada ao processamento estatístico do Modo de Análise de Correspondência. O resultado das análises SWOT demonstrou que para o mercado de briquete os pontos fortes da oferta são a qualidade e a quantidade de energia contida no briquete. Os pontos fracos foram o custo elevado do transporte até o cliente e a vulnerabilidade à umidade. A maior oportunidade do mercado de briquete são os seus múltiplos e possíveis usos, enquanto a principal ameaça do mercado reside na falta de um moderno sistema de distribuição.

Liu et al (2011) fizeram uma análise SWOT sobre a produção das bioenergias nas terras marginais nos países que formam o bloco de Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico - APEC. Após definir as terras marginais, eles aplicaram a análise SWOT para diagnosticar e

identificar os impactos econômicos, ambientais e sociais da produção de bioenergia nas terras marginais.

Os resultados mostraram os pontos fortes como a disponibilidade de terra, a capacidade de adaptação das culturas energéticas e o desenvolvimento da economia local, enquanto os pontos fracos foram a viabilidade econômica, os impactos ambientais, e as preocupações de equidade em relação às populações locais.

As metas adotadas por vários países para favorecer o crescimento do uso das energias renováveis, as políticas de desenvolvimento dos biocombustíveis e o surgimento de tecnologias novas criaram um ambiente externo de oportunidades favoráveis à produção de bioenergia em terras marginais. Mas a elevação do preço do combustível e o maior custo de mão de obra, os riscos naturais, bem como a crise no mercado financeiro foram as ameaças identificadas.

É possível associar uma análise SWOT com uma análise hierárquica AHP (Analytic Hierarchy Process). A integração desses dois métodos permite colocar em prioridade os fatores incluídos na análise SWOT, e torná-los mensuráveis um em comparação ao outro. Kurttila et al. (2000) testaram essa metodologia para avaliar a viabilidade de fazer a transição da produção de madeira através de um regime de manejo florestal certificado na Finlândia. Eles concluíram que a técnica SWOT-AHP é útil para os tomadores de decisão porque as comparações de pares lhes permite fazer uma hierarquização dos fatores estudados.

O método associando a análise SWOT com uma análise hierárquica (AHP) foi utilizado para estudar as percepções dos profissionais e outras pessoas interessadas (ONGs) no desenvolvimento das bioenergias à base de biomassa florestal no Sul dos Estados Unidos (DWIVEDI e ALAVALAPATI, 2009). Os resultados mostraram que para os representantes das ONGs a maior oportunidade é o desenvolvimento rural. Para o pessoal das administrações governamentais, o desenvolvimento das bioenergias florestais tem como principais forças a não competição com a produção alimentar e a segurança energética. Os representantes das indústrias colocaram as dificuldades tecnológicas da conversão como a principal fraqueza. E o mundo acadêmico colocou a competição com outras fontes de energias renováveis como a maior ameaça para o desenvolvimento da bioenergia baseada na biomassa florestal.

3.2 CUSTO DE PRODUÇÃO DE PELLETS

A operação típica de pelletização da biomassa florestal consiste, esquematicamente, em três grandes operações que são a redução de tamanho (moagem), a secagem e a densificação. Essas operações podem ser inseridas em um fluxograma como está representado na Figura 13.

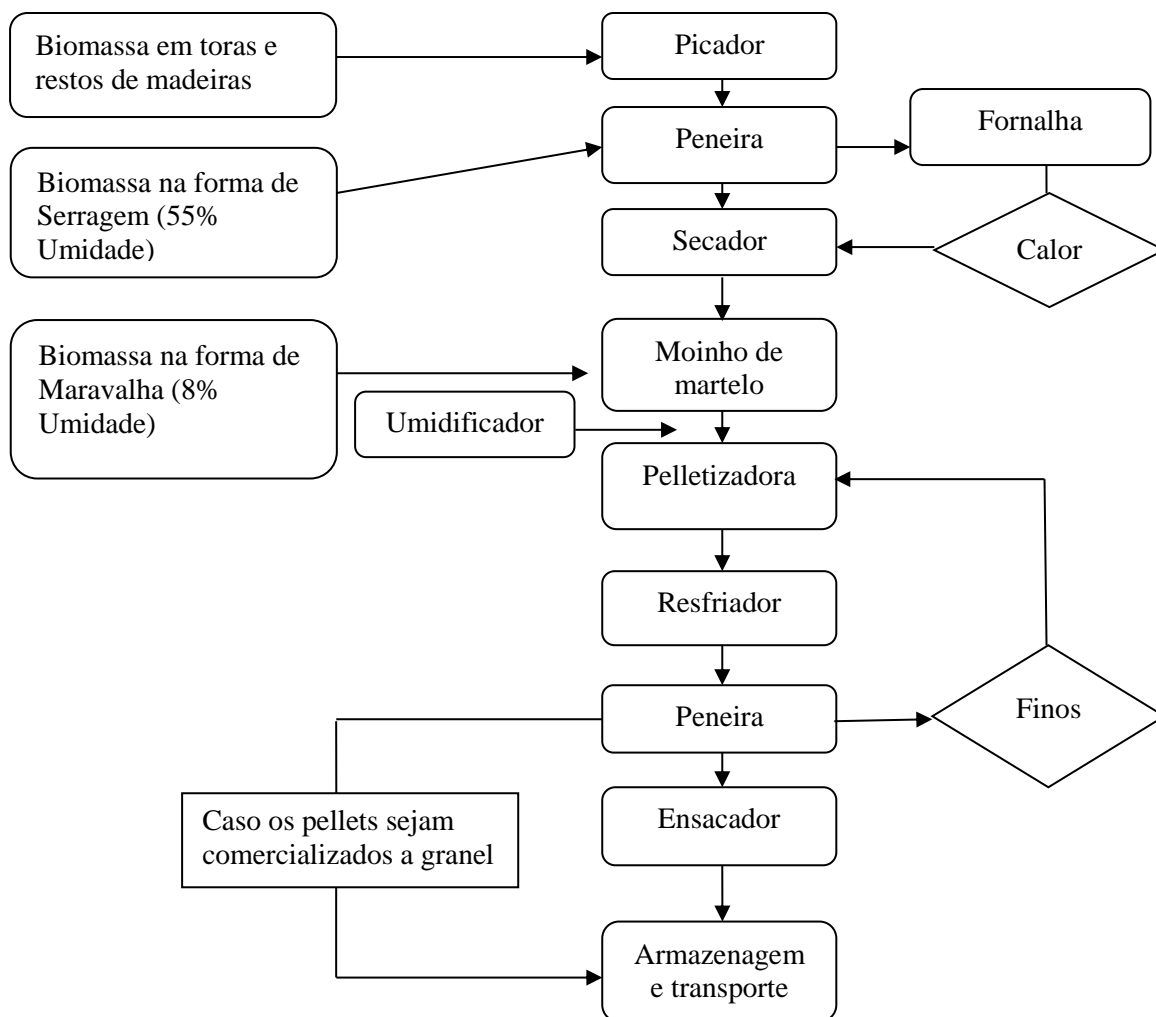


Figura 13: Fluxograma simplificado do processo de pelletização.

Como para todo processo de produção industrial, o controle do custo de produção do pellet é de uma extrema importância para a competitividade do biocombustível tanto no mercado interno frente aos concorrentes e as outras energias, como no mercado externo (JEFFERS et al, 2013).

3.3.1 Análise do custo de produção

O processo de agregação de valor numa cadeia de produção de pellets de madeira começa com a aquisição de matéria-prima, e termina com a entrega do biocombustível para compradores ou comerciantes, como mostrado na Figura 14. Esta seção discute cada porção de custo em detalhes.

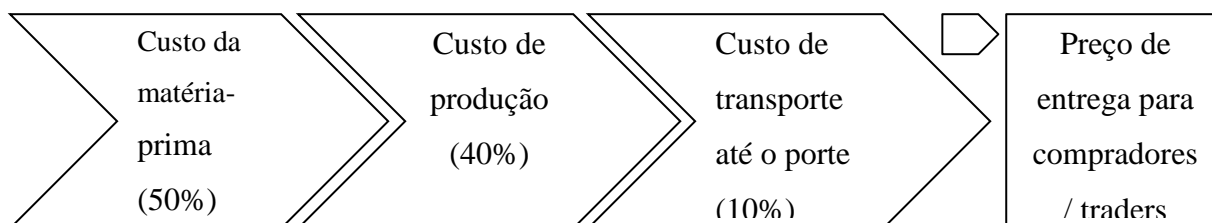


Figura 14: Cadeia de valor agregado no processo de produção de pellets

Fonte: Adaptado de Qian e Mc Dow, 2013

3.2.1.1 Custo da matéria prima

O custo de matéria-prima é determinado pelos preços de fornecimento de diferentes tipos de biomassa lenhosa e os seus volumes. Como mostrado na Figura 13, uma fábrica de pellets pode usar vários tipos de biomassa florestal em função dos volumes que lhe são disponíveis e com custo acessível. Mais a matéria-prima inicial é bruta, mais seu custo de compra será barato, mas, mais o investimento inicial para transforma-la será alto.

Para calcular o custo de matéria-prima em uma tonelada por unidade de base de pellets, um fator de conversão é necessário porque a matéria-prima tem maior teor de umidade que os pellets e nem todas as matérias-primas são usados diretamente na produção. Uma parte é usada como combustível de secagem, e outra é perdida no armazenamento e manuseio. Um exame de projetos de pellets existentes nos estados Unidos mostra que, em média, uma tonelada de pellets de madeira é gerada a partir de duas toneladas de fibras verdes de madeira. (Qian e Mc Dow, 2013).

3.2.1.2 Custo de operação da fábrica

Os custos operacionais da planta incluem os custos fixos e os custos variáveis que se relacionam diretamente com a produção de pellets, mas não incluem os custos financeiros, comerciais ou as despesas de gestão.

Geralmente dois custos fixos são considerados: o custo anual de depreciação de ativos necessários para o funcionamento da fábrica, e os custos operacionais e de manutenção.

Os Custos fixos.

A depreciação é estimada pela amortização do custo de capital do projeto inicial sob uma taxa de desconto.

As despesas de capital para instalações e equipamentos variam conforme o tamanho da planta, o local e processo de produção. O investimento de capital é função do grau de processamento necessária da matéria-prima. Ele pode ser importante em um cenário de base que inclui um secador e um sistema de abastecimento com moinho de martelo, pelletizadora, esfriadora, espaço de armazenamento coberto, instalações de manutenção, maquinários periféricos de manuseio, edifícios de escritórios e equipamentos diversos.

Pirraglia et al. (2010) utilizando um modelo técnico-econômica para determinar o custo de produção de pellets, estimaram o custo de depreciação em torno de USD 22,41 / tonelada.

Os custos de manutenção incluem a substituição de peças, desligamentos, e revisões para prolongar a vida útil do equipamento principal. Os custos de manutenção para a maioria das instalações e equipamentos estão em torno de 2 a 3% dos custos de capital, exceto da pelletizadora e dos moinhos de martelos, que pode ser tão alta quanto 10%, devido ao maior uso e desgaste (Mani et al., 2006).

Os custos variáveis.

Além do custo da matéria-prima que é diretamente relacionada à quantidade produzida, aparecem aqui os custos de energia, de agente ligante se é utilizado e de embalagem.

A energia é um dos principais custos de operação da fábrica, devido à grande quantidade de calor e eletricidade necessária durante todo o processo de secagem, moagem com martelo, pelletização e esfriamento. A secagem consome quase 70% da energia total quando usa matéria-prima verde (PIRRAGLIA et al., 2010), e muitos produtores de pellets conseguem uma redução de custos na produção global por cogeração de energia a partir de subprodutos da própria biomassa, tais como cascas, partes superiores, galhos e resíduos.

3.2.1.3 O custo de transporte

Para um exportador de pellets, a logística e a distância entre a localização da fábrica e a infraestrutura portuária podem ter a mesma importância estratégica como a proximidade de fontes de biomassa. Uma combinação de disponibilidade de fontes de madeira e de infraestruturas existente de portos, ferrovias e rodovias é um fator principal para os produtores de aglomerados sul dos Estados Unidos para conseguir preços competitivos (NORRIS, 2011).

Existem três maneiras principais para entregar os pellets de madeira de uma fábrica para o porto de embarque: caminhão, trem e balsa. O transporte rodoviário é um método muito comum para entregar produtos de madeira. No entanto, considerando os maiores impactos do caminhão na emissão de gases de efeito estufa GEE e transtornos sobre comunidades locais, bem como seu custo em comparação com outras duas alternativas, os produtores de pellets nos Estados Unidos mudaram os modos de transporte para reduzir a pegada de carbono. Do ponto de vista econômico, o transporte de pellet pode tornar-se inviável quando superior a uma distância de 60 ~ 100 km. O custo de entrega por caminhão varia de USD 7,5 a US \$ 15 / tonelada quando a distância de transporte é de 80 a 160 km. (PELLETS @ LAS, 2009b).

Devido às preocupações com custos e impactos ambientais, vários produtores de grande porte nos Estados Unidos usam ferrovias e hidrovias. Por exemplo, a companhia Green-Circle usa trens para entregar pellet de fábrica (Cottondale, FL) até o porto de Panamá City - Florida pela taxa ferroviária contratada muito baixa de 7 USD/ tonelada (NORRIS, 2011)

Se a fábrica é localizada perto de uma das principais vias navegáveis interiores, o transporte por barcaça é fácil, eficiente e com impacto reduzido ao meio ambiente. Os pellets da companhia Enviva Amory são enviados por barcaças pelo Rio Tombigbee e armazenados nas barcaças até que eles sejam carregados em barcos de navegação marítima (ENVIVA, 2015).

3.3.2 Estudos realizados sobre custos de produção no mundo

Wolf et al (2006) mostraram que o investimento numa fábrica de pellets, acoplada a uma serraria ou a uma usina de celulose para aproveitar os subprodutos delas, tem um tempo de payback comparável à da indústria madeireira que situa-se entre 4,5 e 5,5 anos. Contudo o risco é maior por causa da flutuação da demanda em função das estações. Esse estudo demonstrou a importância para a indústria de pellets de diversificar os seus mercados de escoamentos da produção. O mercado de proximidade orientado para o aquecimento domiciliar dá um lucro maior, mas é mais ariscado e flutuante. Ele deve ser mitigado com o

mercado de grande escala com preço menos atrativo, mas mais seguro porque capaz de absorver a produção em longo prazo.

Wolf et al (2006) demonstraram também que a principal vantagem de acoplar uma fábrica de pellets à uma indústria madeireira é de reduzir o custo de energia necessária para a secagem da biomassa durante o processo de peletização. Eles identificaram também que o custo de produção, fora o custo da matéria prima, diminua em função da capacidade instalada graças à economia de escala, e estabiliza-se a partir de 70.000 toneladas por anos.

A capacidade de produção deve ser determinada em função de um compromisso entre o custo de transporte da matéria-prima até a usina e o custo do capital da instalação. Diferentemente das indústrias de energias fósseis onde a rentabilidade aumenta com a capacidade instalada, para as indústrias de processamento da biomassa para pellet, o custo de coleta da matéria-prima aumenta de forma desproporcional às economias de escala permitidas. O custo de transporte cresce conforme o aumento da área de recolhimento da matéria-prima. Enquanto o custo de capital por unidade de produção diminui à medida que o tamanho da instalação aumenta porque beneficia de economias de escala. Como resultado do compromisso entre esses dois fontes de encarecimento da produção, existe um tamanho de instalação no qual o custo de processamento de biomassa é mínimo. Este é o tamanho economicamente ótimo da instalação para o processamento da biomassa (KUMAR et al., 2003; SULTANA et al., 2010).

Thek e Obernberger (2009) estudaram o custo de produção de pellets na Austria em varios cenários mitigando a capacidade de produção (40.000 até 120.000 toneladas por anos), o tipo de matéria prima utilizada (maravalha seca, serragem úmida, torra bruta), e o custo de varios insumos como energia... O custo da materia prima é o custo que mais impacta o custo global de produção de pellets. No caso de uso de maravalha, que é seca que então pode entrar diretamente na pelletizadora sem necessitar secagem, seu custo representa 72 % do custo total. No caso da seragem úmida, que é 25 % mais barrata, mas precisa de secagem antes de entrar no processo de pelletização, seu custo represente 43% do total. Mas, tambem o custo da energia sobe. Assim, a secagem que é desnecessaria para a maravalha, represente no caso da serragem 35% do custo total.

Num estudo realizado na Argentina por Uasuf e Becker (2011), o custo da matéria prima varia entre 33 e 41 % do custo total, em função da capacidade instalada e então do custo do capital

inicial, mas também da proporção de maravalha comparada à serragem úmida na alimentação da pelletizadora. O custo da energia tem também uma grande influência no custo total.

3.3.3 Elementos de custo no Brasil

Gentil (2008) analisou o custeio de produção do briquete e determinou a importância do custo do transporte no custo final do briquete, quer seja no transporte da matéria prima para a indústria, quer seja do briquete da indústria até o consumidor; o frete representou 32 % do custo total. Depois, vêm o custo dos salários (10%), a energia elétrica (4%) e a sacaria (4%).

Garcia (2014) mostrou que o desafio maior do Brasil para alcançar o mercado internacional de pellet é o custo de produção que, no momento, não lhe permite ser competitivo. A indústria brasileira teria um custo de produção entre 280 e 350 reais a tonelada, enquanto é nessa faixa de preço que se negocia a tonelada de pellets na Europa. Segundo esse autor, o custo da energia é penalizante para a indústria brasileira de pellets.

A ABRAF (2013) ressalta que a competitividade da indústria madeireira brasileira vem se degradando frente às grandes concorrentes internacionais. Apesar da importância econômica e socioambiental do setor de florestas plantadas, as indústrias vêm sofrendo uma deterioração constante dos seus custos de produção durante a última década. O Brasil passou da posição privilegiada do menor custo de madeira na entrada das usinas à quarta posição, atrás da Rússia, da Indonésia e dos Estados-Unidos.

A Federação das Indústrias do Estado de Rio de Janeiro (FIRJAN) comparou o custo da energia elétrica para a indústria no Brasil com outros países, desenvolvidos e em desenvolvimento, e mostrou a situação dramática para a indústria brasileira. O custo médio da energia disponível no Brasil é de 544 R\$/MWh enquanto para muitos países esse custo oscila em torno de 260 R\$/MWh como apresentado na Figura 15 a seguir.

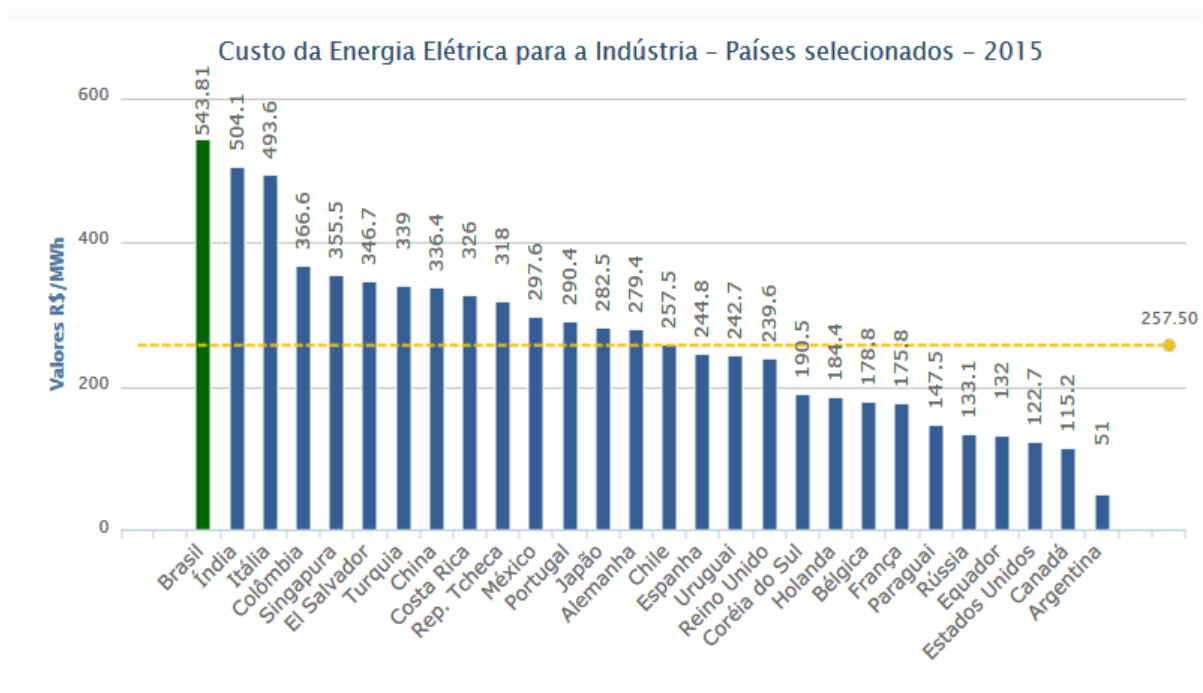


Figura 15: Custo da energia no Brasil comparado ao custo de outros países em R\$/MWh.

Fonte: FIRJAN, 2015.

Segundo Walter e Dolzan (2011), no Brasil, o principal obstáculo para a exportação de biomassa sólida (cavacos, lascas) é a logística. O custo elevado do transporte por caminhões gera um frete muito caro dos lugares onde estão implantados os principais pólos madeireiros até os portos de embarque da biomassa sólida para o exterior. Em algumas situações, o preço FOB pode ser acrescentado de até 150%. O preço FOB é o preço no qual o fornecedor assume o risco e os custos para colocar a mercadoria a bordo dos navios no porto de embarque designado pelo importador.

O adensamento da biomassa graças à pelletização permite diminuir esse custo de transporte por unidade energética. Considerando a alta disponibilidade de resíduos de madeira no sul do Brasil, especialmente no estado do Paraná, foi demonstrado que não é viável para o transporte de resíduos, em caso de distância superior a 200 km até às unidades de pelletização localizadas no porto de Paranaguá (SERENO, 2009). A escolha da localização da unidade de pelletização depende de uma análise de custo benefício adequada que contabiliza as economias de escala de produção, apenas possíveis com volume suficiente processado (DOLZAN & WALTER, 2007).

Segundo esses autores, a eficiência do transporte pode ser melhorada, aproveitando as conexões possíveis de transporte por caminhão com o transporte fluvial e ferroviário, por meio das plataformas multimodais. Constataram-se nesses últimos anos, investimentos gigantescos realizados pelo Brasil nesse sentido. Pode se esperar que a situação tenha melhorado desde o estudo realizado em 2006, por Dolzan e Walter, que estimaram que o custo de logística representava de 65 a 90% do custo de produção de cavacos de madeira (Tabela 12).

Tabela 12: Custos e preços de cavacos (€/GJ) transportados de pólos madeireiros do Brasil para o Porto de Rotterdam (Adaptado de Walter e Dolzan, 2007).

Estado/ Porto	Custo final estimado com o custo da logística (2007).	Preço no Porto de Rotterdam. (2007)
Santa Catarina / Lages	5,86 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ
Paraná / Rio Negro	5,70 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ
Espirito Santo / São Mateus	6,55 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ
Minas Gerais / Montes Claros	6,63 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ
Bahia / Teixeira de Freitas	6,71 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ
Amapá / Santana	5,43 Euros/GJ	6,50 Euros/GJ

Esses autores estimaram que o acréscimo do custo de transporte devido às condições inapropriadas de logísticas representava valores de 1,69 até 3,27 Euros por GJ. Foi também apontada a falta de infraestruturas adequadas nos portos brasileiros, apesar de algumas exceções, para ser possível exportar, eficientemente, e com baixo custo grandes volumes de biomassa sólida caracterizada pelo seu baixo valor agregado.

3.3 ANÁLISE FINANCEIRA E DO RISCO DE UM EMPREENDIMENTO

3.3.1 O Método de Fluxo de Caixa Descontado.

Para avaliar a oportunidade de um empreendimento, é de grande importância saber se a atividade será capaz de gerar um fluxo de entrada suficiente para pagar o custo do investimento inicial e o custo das despesas de funcionamento e dar um retorno desejado para os investidores.

O método mais difundido para calcular a viabilidade de um investimento é o Método de Fluxo de Caixa Descontado. Esse método permite avaliar a riqueza econômica da empresa graças ao cálculo do saldo de caixa ao longo dos anos futuros descontado pela taxa de juros que reflete a atratividade do investimento, ou seja, o custo de oportunidade do capital investido.

Segundo Joaquim (2013), é possível representar o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) pelo cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).

É frequente usar a técnica do Fluxo de Caixa Descontado associado ao VPL e o TIR para avaliar a oportunidade de investimento na produção de energia, especificamente na agroindústria. Assim, Dinardi et al (2010) estudaram a viabilidade econômica de transformar diferentes tipos de óleo em Biodiesel. Eles demonstraram que essa viabilidade depende estreitamente do custo da matéria-prima.

A construção de um Fluxo de Caixa se faz subtraindo às receitas operacionais os custos sucessivos até chegar ao resultado operacional.

No caso de uma fábrica de pellets, a fonte de receita origina-se da venda da produção que é função do preço de venda e das quantidades vendidas.

3.3.2 A Simulação de Monte Carlo

A Análise de Monte Carlo expressa a incerteza associada com as variáveis críticas de um modelo, tratando-os como variáveis aleatórias tiradas de distribuições conhecidas. Um processo de simulação é, então, usado para registrar o impacto dessa incerteza sobre os resultados projetados (WORD BANK, 2013)

De acordo com Pouliquen (1970), a simulação de Monte Carlo fornece valores extremos das variáveis relevantes estudadas e suas probabilidades relativas com uma estimativa ponderada

das relações entre resultados desfavoráveis e favoráveis. Além da análise de risco e de como isso afeta a viabilidade de um projeto, ele sugeriu que um modelo de simulação de viabilidade pode ser usado para analisar os diferentes planos de gestão alternativos se o investimento fosse realizado.

Segundo Richardson et al. (2007), o interesse para a Simulação de Monte Carlo (MCS) se difundiu a partir dos anos 90 no meio dos analistas de negócio quando ficou disponível a baixo custo os microcomputadores com ferramentas poderosas tal as planilhas de cálculo Microsoft[®] Excel.

A Simulação de Monte Carlo (MCS) é um método que permite quantificar o risco de um projeto por meio de construção de modelos de possíveis resultados. A MCS gera um conjunto de probabilidades de ocorrência desses resultados em função dos fatores de incerteza escolhidos (PALISADE, 2015).

Todos os fatores de incerteza que podem gerar um risco nos resultados do projeto são analisados e quantificados, por meio de um ajuste de distribuição de probabilidade. As distribuições de probabilidade permitem se aproximar de forma mais justa da incerteza das variáveis que interferem na formação dos resultados. Essas distribuições de probabilidade podem ser várias e dependem do tipo ou da natureza dos fatores. Por isso devem ser ajustadas antes de lançar a simulação.

A MCS é utilizada frequentemente para estimar o risco financeiro de empreendimentos. No caso florestal e, especificamente, de um empreendimento madeireiro, esse método é de grande interesse no Brasil cuja situação econômica e política traz grandes incertezas.

Por exemplo, Cordeiro et Silva (2010) analisaram o risco do investimento no cultivo da Pupunha pela MCS e estabeleceram a elasticidade das variáveis Preço, Produtividade e Taxa de juros em relação ao VPL. Eles demonstraram que no caso do cultivo da Pupunha, haverá um aumento do VPL na ordem de 7,78% quando houver um aumento de 10 % no preço de venda desse produto e uma diminuição de 0,8% do VPL quando houver um aumento da taxa de juros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estudo foi realizado visitando nove empresas produtoras de pellets, todas localizadas na Região Sul do país: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Esses três estados concentram boa parte da indústria associada à produção madeira de pinus que não seja de celulose e papel. Segundo o IBGE (2015), dos 20 milhões de m³ de toras de pinus colhidos anualmente no Brasil, 86 % são processados nesses três estados. Isso gera um volume de resíduos que, até pouco tempo, não tinha valorização fora dos aviários como cama de frango.

No sul do país com temperaturas mais baixas no inverno, os hotéis, prédios coletivos e habitações necessitam de sistemas de aquecimento. Isso potencializa a existência de um mercado para o pellet. Esse fator associado à disponibilidade de matéria prima incentivou algumas empresas a produzirem o biocombustível sólido.

Graça a tecnologia disponível, é possível, sem grande dificuldade, transformar esse resíduo em pellets. Maior parte das empresas visitadas (Tabela 13) é focada na transformação da maravalha. A maravalha é uma matéria prima seca subproduto de processamento da madeira com ferramentas principalmente plaina e desgrossadeiras utilizadas na indústria moveleira, nas marcenarias e carpintarias (MOULIN et al., 2011). Eventualmente é misturada a essa maravalha, em proporções menores, serragens e de micro pó.

Tabela 13. Relação da produção de pellets e da matéria prima utilizada pelas empresas entrevistadas (2015).

	Início produção	Produção atual (t/ano)	Exportação	Matéria Prima		Capacidade Instalada (t/ano)
Empresa 1	2012	3.000	27%	Maravalha pinus	Produzida	3.000
Empresa 2	2012	7.200	10%	Mista seca e Úmida	Comprada	84.000
Empresa 3	2015	7.200	No futuro	Maravalha pinus	Produzida	36.000
Empresa 4	2015	1.200	No futuro	Maravalha pinus	Comprada	5.500
Empresa 5	2007	20.000	90%	Maravalha pinus	Comprada	50.000
Empresa 6	2014	3.600	0%	Maravalha pinus	Produzida	3.600
Empresa 7	2007	4.800	80%	Maravalha pinus	Comprada	24.000
Empresa 8	2008	6.000	20%	Mista seca e Úmida	Mista	30.000
TOTAL		53.000				236.100
Empresa 9	2016		100%	Úmida Acácia	Produzida	400.000
TOTAL GERAL						636.100

As nove fábricas visitadas representam hoje, um total de produção anual de 53.000 toneladas. Considerando diversas fontes, (FAO, 2015, ABIPEL, 2015, ABIB, 2014,...), devem existir no Brasil em torno de 15 empresas produzindo um total anual aproximando de 80.000 toneladas em 2015. O estudo conseguiu então abranger 60% das empresas produtoras e 66% da produção nacional. Essas empresas têm projetos de expansão, e logo, se a condição do mercado externo se mantiver favorável, a produção total pode atender 236.000 toneladas de pellets brancos (uso doméstico) de pinus. Uma empresa entrevista, a TANAC, ainda não produz pellets, mas está montando uma fábrica no município de Rio Grande - RS com capacidade de 400.000 toneladas anuais de pellets marrons (industriais) oriundos de madeira d'Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) e destinadas para a exportação.

Três empresas não foram entrevistadas porque se recusaram a participar da pesquisa e duas outras por falta de disponibilidade do estudante.

4.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Um questionário sobre o mercado de pellets foi usado durante a entrevista das empresas produtoras de pellets. O questionário foi mandado também a uma lista de especialistas pela internet quando não foi possível um encontro pessoal. O objetivo foi permitir ao entrevistado emitir sua opinião sobre as oportunidades do mercado de pellet no Brasil e as dificuldades encontradas.

Informações foram levantadas sobre a existência de certificação internacional, ou se está em andamento, e sobre a realização interna de controles regulares de qualidade durante a fabricação.

Também foi utilizado um questionário com quatro grupos de sete perguntas fechadas conforme o método de análise SWOT e sobre a avaliação do mercado de pellet.

4.3 MATRIZE SWOT

A elaboração da lista de perguntas fechadas que serviu para a análise SWOT foi baseada na compilação de dados secundários a partir da revisão da literatura, de contatos com especialistas e entrevistas preliminares com profissionais do setor. A matriz de perguntas para a análise SWOT está apresentada na Tabela 14.

Tabela 14: Matriz dos fatores de cada quadrante da Análise SWOT.

<p>Fatores Internos do mercado de pellets</p>	<p>Pontos Fortes:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Abundância de matéria prima disponível com custo baixo; () Lucratividade do negócio; () Facilidade de escoamento da produção, mercado promissor; () Imagem de sustentabilidade, ecologicamente correto; () Qualidades energéticas do pellet (energia específica kWh/kg.) () Qualidades técnicas do pellet (fácil manuseio, transporte e estocagem) 	<p>Pontos Fracos:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Faltam normas de qualidade; () Falta matéria prima certificada FSC, PEFC () Custo do transporte; () Faltam estudos técnicos e científicos sobre produção de pellets no Brasil; () Falta de incentivos governamentais fiscais ou subsídios, linhas de crédito específico () Escala de produção insuficiente para conseguir baixar os custos fixos.
<p>Fatores externos do mercado de pellets</p>	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Abertura de mercados externos para exportação () Crescimento da demanda interna () Aumento do preço das energias concorrentes: óleo, eletricidade... () Política governamental obrigando a reciclagem dos resíduos industriais; () Aumento do número de fogões e caldeiras usando pellet no Brasil; () Produto ainda com pouca concorrência no Brasil (nicho de mercado) 	<p>Ameaças:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Incerteza sobre política governamental () Concorrência nacional, desleal por falta de normas e controles; () Concorrência de outros países com custos de produção mais baixos; () Aumentos dos custos: impostos, energia, salários... () Infraestruturas insuficientes de transporte (rodovias, ferrovias, portuárias...); () Falta transparência sobre o preço do mercado de pellets.

Quatorze pessoas responderam ao questionário, 9 responsáveis de empresas e 5 especialistas no assunto de biomassa e pellets. Deve ser ressaltado que no Brasil existem poucos especialistas conhecendo a realidade do mercado de pellets.

Os entrevistados hierarquizaram os fatores em cada quadrante, colocando uma nota de 1 a 6 por importância decrescente. O fator mais relevante recebeu a menor média e o mais inconsistente a nota mais elevada. Os resultados de doze questionários foram somados e foi

calculada a média de cada fator. Dois questionários foram descartados por não conformidade à metodologia de hierarquização dos fatores.

Sequencialmente, para cada quadrante, avaliou-se se os valores obtidos atendiam os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Assim o teste de Bartlett foi empregado. Ele permite determinar se há homogeneidade das variâncias.

Como os tamanhos n das amostras são iguais, a estatística “K” do teste é calculada assim:

$$K = X^2/C$$

$$X^2 = 2,3026 * gl * (a * \log \overline{S^2} - \sum \log S^2)$$

$$C = 1 + 1/3(n - 1) * (\sum 1/gl - 1/\sum gl)$$

Onde: S²: Variância; $\overline{S^2}$: média da Variância; gl: grau de liberdade.

A estatística “K” deve ser inferior ao “X² tabelado” para confirmar que as variâncias são homogêneas.

Exemplo para o quadrante “Oportunidades”:

$$X^2 = 6,94; C = 1,04321;$$

$$\text{e } X^2 \text{ tabelado} = 11,07$$

$$X^2/C = 6,652 < 11,07$$

Conclusão: As variâncias dos fatores do quadrante “Oportunidades” são homogêneas.

A seguir foi realizada a Análise de Variância ANOVA com uso de planilhas eletrônicas. Considerando o delineamento inteiramente casualizado, foi determinado se as diferenças entre as médias de cada fator são significativas ao nível de 5% de probabilidade (F calculado > F tabulado).

Sequencialmente, foi realizado o Teste de Tukey que permite determinar se há diferenças mínimas significativas entre médias, e conseqüentemente colocar em foco quais são os fatores que mais influenciam de forma positiva ou negativa na produção de pellets no Brasil.

O Teste de Tukey a 5% foi realizado assim:

$$W = q * \sqrt{QM\text{Erro}/r}$$

O Coeficiente “q” (5%, n, tratamentos) = 4,10 (valor tabelado).

4.4 MÉTODO DE CUSTO

4.4.1 Coleta de dados.

Foram levantados especificamente os elementos de custo de produção dessas indústrias com o objetivo de estabelecer uma grade do custo médio para o Brasil a fim de compará-lo com o custo de produção dos outros países produtores, e de construir uma planilha de fluxo de caixa descontada com o propósito de avaliar os fatores que afetam o risco do investimento.

O custo do pellet pode ser dividido em três grandes linhas:

- (i) O custo da matéria prima que é a adição do custo de aquisição da mesma e do custo de transporte até a usina de pelletização;
- (ii) O custo de pelletização (C_T) é composto pelos custos fixos e pelos custos variáveis operacionais (mão de obra, energia...). Os custos fixos se beneficiam das economias de escala, por exemplo, a expansão de capacidade de pelletização reduz os custos fixos por unidade produzida, sem ser proporcional a expansão;
- (iii) O custo de transporte até o comprador final.

4.4.2 Cálculo do custo de produção

Mani et al. (2006) analisando o custo de produção do pellet na América do Norte usaram a seguinte metodologia para calcular o custo fixo da indústria de pelletização:

O custo total fixo, (do capital), é representado pela equação:

$$C_c = eC_{eq}$$

Onde e é o fator de recuperação do capital (Capital Recovery Factor), e C_{eq} o custo do equipamento (R\$);

O fator de recuperação do capital é calculado utilizando a equação seguinte:

$$e = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

Onde i é a taxa de juros (decimal) e N é o tempo de amortecimento dos equipamentos.

O custo do equipamento, C_{eq} é expresso pela relação seguinte:

$$C_{eq} = \alpha_{eq} P^{n_{eq}}$$

Onde α_{eq} é o custo unitário do equipamento (R\$), n_{eq} o fator de escala do equipamento, e P o parâmetro que caracteriza o equipamento.

O custo em função da capacidade de produção foi calculado quando o equipamento estava subutilizado:

$$C_{eq1} = C_{eq2} * \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^g$$

Onde C_1 e C_2 são as respectivas capacidades dos equipamentos 1 e 2, e g o índice qualificando o processamento da máquina que vai de um intervalo de 0,4 a 0,8. Usa-se geralmente o valor de 0,6.

O custo total, C_T , assim corresponde a:

$$C_T = C_c + C_{op}$$

Onde C_{op} é o custo variável operacional (R\$/ano)

O custo de produção, C_p (R\$/kg), para qualquer produto é estimado pela equação:

$$C_p = \frac{C_T}{t_{op} G_p}$$

Onde t_{op} é o total de horas operacionais da usina por ano (h/ano) e G_p a taxa de produção.

O custo fixo de um equipamento leva em conta a sua compra e a sua instalação. Mani et al (2006) estimou que o custo de instalação de uma máquina pode representar de 40% a 75% de seu custo de compra. A Tabela 15 apresenta a distribuição das diferentes etapas de pelletização na formação do custo final encontrada por esses autores nos Estados Unidos.

Tabela 15: Custo final para uma fábrica de 6t/h ou 45000t/ano nos Estados Unidos (Mani, 2006).

Étapas do processo de pelletização	Custo total (\$/t)	Distribuição do Custo em %
Matéria prima	19,73	39,02
Secador	10,3	20,37
Moagem	0,95	1,88
Pelletizadora	3,31	6,55
Resfriador	0,34	0,67
Peneira	0,16	0,32
Ensacamento	1,93	3,82
Armazenagem	0,08	0,16
Material diverso	0,76	1,5
Funcionários	12,74	25,19
Terreno e construção	0,26	0,51
Custo total	50,57	100

O custo fixo total incorpora o custo da terra do local de instalação da fábrica, a compra, a instalação e a manutenção dos equipamentos (Moedor, secador, pelletizadora e outros) e das máquinas (caminhões, empilhadeiras ou carregadeiras).

O custo variável inclui o custo da matéria prima, da energia da secagem, da eletricidade e dos funcionários (produção, administração e venda).

4.5 ANÁLISE FINANCEIRA

A análise da viabilidade financeira foi realizada em duas etapas, a primeira delas consistindo na construção dos fluxos de caixa que, uma vez obtidos, possibilitaram o cálculo dos indicadores de rentabilidade do empreendimento.

Os fluxos de caixa são valores monetários que representam as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo, os quais compõem uma proposta ou um projeto de investimento. São formados por fluxos de entrada (receitas efetivas) e fluxos de saída (dispêndios efetivos), cujo diferencial é denominado fluxo líquido (NORONHA, 1987).

4.5.1 Construção do Fluxo de Caixa Descontado de uma fábrica de Pellets

Nesse estudo foi construída uma planilha de fluxo de caixa com os dados colhidos com as varias empresas entrevistadas. A seguir são apresentadas as diferentes variáveis que foram

usadas na planilha. Os números escolhidos foram conservadores, ou seja, não geram uma simulação demais otimista.

A Tabela 16 apresenta os itens calculados sucessivamente até o Fluxo de caixa líquido. Cada saldo anual é descontado a traves do calculo do Valor Presente Líquido sobre o dez anos do projeto.

Tabela 16: Itens do Fluxo de Caixa Líquido de uma fábrica de pellets.

Receitas operacionais
Custos fixos operacionais
- Salários - 8 funcionários
- Manutenção Pelletizadora
- Manutenção outro maquinário
- Custo administrativo e financeiro
Custos variáveis operacionais:
- Compra matéria prima (perda %)
- Energia. Consumo por tonelada produzida (52até125kwh/t)
- Ensacamento (Embalagens e M.O.)
Custos variáveis adicionais para exportar
- Palete exportação tratada
- Transporte por container da fábrica até porto. R\$/km
- Custos e taxas portuários
Impostos diretos (PIS, COFINS, INSS, ICMS) para venda no mercado interno.
Despesas sobre vendas líquidas de impostos
<hr/>
Resultado Operacional
Custos Fixos não operacionais (Depreciação corrigida pela inflação)
Despesas e receitas financeiras
<hr/>
Resultado tributável
Imposto de renda (IRPJ, 25%)
Contribuição social (CSLL, 9%)
<hr/>
Resultado líquido
Depreciação corrigida pela inflação
Investimentos
Desinvestimentos
Patrimônio Líquido (Capitalização)
<hr/>
Fluxo de caixa Líquido

4.5.2 As receitas operacionais.

A linha de receita representa as entradas do empreendimento e foi calculada para uma fábrica de porte médio no Brasil com capacidade de produção de 2000 t por mês, ou seja, 24000 t/ano.

Para ser representativo da realidade das empresas brasileiras, foi considerado nesse estudo um empreendimento que começa os primeiros anos com a produção abaixo da capacidade instalada. Efetivamente é muito difícil conseguir atingir uma plena capacidade o primeiro ano (RINKE, 2014). Duas razões por isso: Uma razão técnica associada à dificuldade em dominar o processo de produção e a segunda razão é comercial: o pellet sendo pouco difundido no Brasil, as empresas produtoras devem conquistar seus próprios espaços comerciais convencendo os consumidores potenciais como hotéis, fábricas em mudar de sistema de fornecimento de energia. O primeiro ano, ela trabalha a 70% de sua capacidade, e vai crescendo até o quarto ano, onde ela atinge 95 % de capacidade instalada até o final dos 10 anos da projeção prevista.

Nesse trabalho, considerou-se uma fábrica com capacidade para atender o mercado regional e o mercado externo e a análise de sensibilidade permitira avaliar o melhor escolha de mercado em função das variáveis que interferem no resultado final do fluxo de caixa.

Os preços de venda foram os preços para um pellet de qualidade ENplus A1 correspondente à norma europeia. O preço FOB desse produto no Brasil oscila em torno de 160 Euros (€) a tonelada ensacada em sacos de 15 kg. Esse preço corresponde aos preços publicados em artigos sobre o mercado internacional de pellets que dependem de cada país exportador, da qualidade e do modo de condicionamento e transporte (sacos de 15 kg, big bag de uma tonelada ou a granel). Por exemplo, Tromborg et al (2013), compartilharam o preço FOB a granel para pellets para exportação na Finlândia em torno de 127 € t⁻¹, o preço Ex-works na Europa Central de 130 € t⁻¹, o preço a granel na Suécia sendo em torno de 154 € t⁻¹. Nos Estados Unidos, os preços FOB a destinação de atacadistas de médio a grande porte é de 135 até 205 € t⁻¹.

O preço para o mercado regional do pellet de qualidade está em torno de 430 Reais a tonelada Ex-works, ou seja, preço de saída de fábrica. Os termos FOB e Ex-works são definidos no capítulo 2.4.1.

Na análise de sensibilidade será avaliado o interesse de manter uma proporção adequada da produção destinada para o mercado exterior. Na análise de Monte Carlo será avaliado o efeito de diferentes porcentagens da exportação sobre a produção total da fábrica sobre o risco do resultado financeiro em termo de VPL e TIR.

4.5.3 Os custos fixos operacionais.

Ao longo da vida útil do projeto, Noronha (1987) destaca que o conjunto de preços das variáveis do fluxo de caixa pode ser originado de duas maneiras. A primeira pela previsão futura dos preços, e a segunda pela repetição dos preços coletados na época da elaboração do projeto ao longo de sua vida útil, tendo como hipótese que, ao longo do tempo os preços relativos e o nível geral de preços sejam constantes.

Devido à dificuldade e imprecisão de uma estimativa de preços para um prazo tão longo, nos anos subsequentes foram mantidas as estimativas de 2015. Portanto, os valores não foram corrigidos (inflacionados ou deflacionados), o que possibilita verificar, se mantidas as condições de custos e volume produzido, a produção de pellets é rentável em relação à taxa básica de juros (Selic).

Nesse estudo foi considerado um custo de mão-de-obra de três turmas de funcionários se revezando para permitir que a fábrica trabalhe 24 horas por dia 7 dias por semana.

O custo de manutenção foi o custo normal anual de manutenção de uma fábrica de pellets que além do engraxamento, exige a troca das capas de rolos, dos rolamentos e das correias.

4.5.4 Os custos variáveis operacionais.

4.5.4.1 A matéria-prima.

Nesse estudo foi considerada uma fábrica que compra a matéria-prima e que vende o pellet ensacado. Isso é o caso das empresas que compram a maravalha na Região Sul do Brasil de vários fornecedores, com o objetivo de produzir um pellet de qualidade Premium ensacado que é mais valorizado pelo mercado especialmente o de exportação.

O preço da matéria-prima é um preço médio do mercado para a maravalha seca (10% de umidade) entregue na usina. Essa maravalha é tradicionalmente comprada das indústrias madeireiras por aviários para ser usada como cama de frango. A maravalha está sendo cada vez mais procurada pela avicultura no Brasil, e pela nova necessidade das indústrias de

pelletização que encontram na maravalha uma matéria prima fácil de ser transformada em pellet. Com isso, a tendência é subir o preço. O Preço Ex-works saindo da usina madeireira varia de R\$ 120 até 170 a tonelada, dependendo da quantidade comprada. O preço da maravalha utilizado para os cálculos nesse estudo foi de 185 Reais a tonelada entregue na fábrica, R\$ 140 de preço médio com R\$ 45 de transporte. Esse preço corresponde à média dos preços comunicados pelas empresas entrevistadas.

Nos cálculos de custos foi integrado um fator conservador de perda de 5% que corresponde à perda de transporte por caminhão (3%) e no processo de peletização (2%). Efetivamente, estima-se que uma tonelada de maravalha (10% Umidade) produz 0,98 tonelada de pellets (8% Umidade) (MOULIN et al., 2011).

No futuro, se o preço da maravalha seca tender a aumentar a ponto de inviabilizar economicamente as fábricas de pellets, a solução será a compra de serragens e outras matérias-primas úmidas, subprodutos mais baratos da indústria madeireira e disponíveis em grande quantidade. Nesse caso, será necessário investir no processo de secagem e triagem. O preço dessa matéria úmida está avaliado em torno de 65 reais a tonelada entregue na usina.

4.5.4.2 A energia.

O custo da energia foi estimado para os cálculos a 0,55 Reais/kWh, com uma faixa encontrada na pesquisa variando de 0,33 até 0,74 Reais/kWh em função das condições locais (fornecedores privados). O custo da energia é muito alto no Brasil comparado aos outros países industrializados do mundo. O consumo médio de energia por tonelada produzida foi estimado a 95 kWh, em função dos dados comunicados pelas empresas entrevistadas.

4.5.4.3 Impostos diretos.

Os impostos diretos considerados foram INSS (2,85%), PIS (1,65%) e COFINS (7,4%). A alíquota do ICMS varia em função do Estado e do tipo de comprador se é consumidor final ou se é empresa. O ICMS oscila entre 7 e 18%. Se a venda é realizada para um comprador final como, por exemplo, um criador de frango que usa o pellet para aquecer seu galinheiro, a alíquota do ICMS é máxima e é de 18%. Aqui foi considerada uma alíquota simples mais provável de ICMS de 12% por diversos tipos de compradores. Essa alíquota de ICMS adicionada aos outros impostos diretos constituiu um total de 24,10%.

Para os pellets que são exportados, há a isenção desses impostos, mas existem outros custos tais como: exigência de transporte sobre paletes fumigados e tratados para exportação, e um conjunto de outros custos e taxas portuárias (scanner, ISPS code, M.O. despachante, THC/Capatazia...) somando um total de 50 Reais por tonelada.

A depreciação foi corrigida em função da inflação, conforme recomendações (RSAGA, 2013, CALVACANTE e PASSIN, 2013). Nesse estudo, o fluxo de caixa foi calculado em moeda constante. A projeção foi realizada com os preços de venda dos pellets com os custos de produção mantenha-se constantes, apenas a depreciação deve ser ajustada, pois seu valor real cai com o tempo. Isso tem um impacto no cálculo do resultado tributável que finalmente tem um impacto no resultado líquido. Se não for corrigir a depreciação pela inflação projetada, a consequência será de subestimar os impostos ao decorrer do tempo, e então, o fluxo de caixa descontado.

Os cálculos foram realizados em função da realidade da esperança de vida contável (Tabela 18).

Tabela 17: Planilha de cálculo da depreciação e do patrimônio líquido do empreendimento (R\$).

	Investimento (R\$)	Vidal Útil (Anos)	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Desinvestimento (R\$)
Pelletizadora	2.000.207	12	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	166.684	333.368
Construção	500.000	20	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	250.000
Pá carregadeira	180.000	10	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	
Empilhadeira	120.000	10	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	
Depreciação nominal e linear			221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	221.684	
Terreno	500.000												500.000
Patrimônio líquido	3.300.207												1.083.368
Inflação projetada				6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	6,79%	
Depreciação corrigida pela inflação			221.684	207.595	194.401	182.046	170.476	159.642	149.496	139.995	131.098	122.766	

4.6 METODO DE MONTE CARLO DE ESTIMAÇÃO DE RISCO

Nesse estudo, a MCS foi gerada pelo software @RISK7 (PALISADE CORPORATION, 2015) que realizou os cálculos a partir da planilha de Fluxo de Caixa descontada construída com o programa Excel. Foram lançados 35.000 iterações de conjuntos de amostras aleatórias de variáveis de entradas. A MCS produz no final uma distribuição de probabilidade dos resultados possíveis.

Cada simulação dá um resultado levemente diferente conforme o princípio de Monte Carlo. Para diminuir essa leve discrepância, é necessário escolher um número suficientemente alto de iterações. O número mínimo de iterações necessárias para evitar essa discrepância é estimada pelo próprio programa em torno de 35.000.

4.6.1 Variáveis de entrada (Input) do modelo

Sete variáveis de entrada foram escolhidas por serem mais relevantes na formação do resultado do fluxo de caixa. Para cada variável, foi determinada uma distribuição de probabilidade. A escolha da distribuição de probabilidade das variáveis de entrada é crucial porque interfere na simulação dos resultados.

A escolha dessa distribuição de probabilidade foi realizada em função da bibliografia e do software @RISK que permite ajustar as distribuições segundo várias funções de distribuição possíveis e escolher a melhor ranqueada pelo teste apropriado.

4.6.1.1 As variáveis estocásticas

- Custo da maravalha: O custo considerado nesse estudo foi função dos dados comunicados pelos produtores de pellets entrevistados. A função de distribuição escolhida conforme a literatura (LÜSCHEN ET MADLENER, 2013) foi a função Log-Normal centrada no valor esperado de R\$ 175 e truncada no valor mínimo de R\$ 120 que é o custo de oportunidade da maravalha que pode ser também comprada por produtores de frango como cama de criação.

Essa função de distribuição permite prever aumentos significativos do preço da maravalha nos anos futuros, em função do aumento da demanda da indústria de pellets no objetivo de ter uma estimativa conservadora do custo de produção. Assim as iterações calculadas pelo programa @RISK não consideraram valores da matéria-prima abaixo de 120 Reais para

estimar o fluxo de caixa do empreendimento. A Figura 16 apresenta a curva de distribuição estimada do custo da maravalha com 90 % da distribuição entre R\$ 133,4 e 228,5.

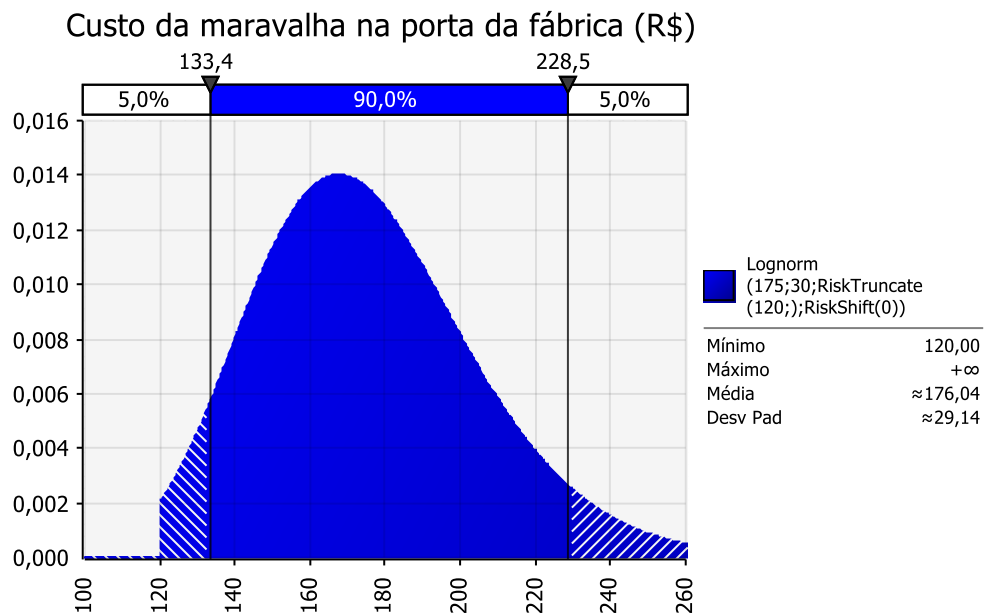


Figura 16: Distribuição do custo da maravalha ajustada pela função Log-Normal truncada.

Para a empresa que transforma seu próprio resíduo em pellets, então o custo da maravalha é o custo de oportunidade do mercado na venda desse resíduo. Conseqüentemente, o custo de produção abaixa consideravelmente pelo só fato de não ter o custo de transporte da matéria-prima.

- Preço da energia: O preço considerado foi o preço moda, ou seja, o preço mais citado pelos entrevistados de 0,55 R\$/kWh. A função triangular escolhida é uma função de densidade de probabilidade com distribuição contínua na forma de um triângulo (Figura 17). Esta distribuição é muitas vezes considerada adequada quando pouco se sabe sobre os parâmetros diferentes dos valores aproxima das que são o valor mínimo, o mais provável e o máximo. (PEREIRA et al., 2015). Então aqui, teve como o mínimo R\$ 0,33 e máximo de R\$ 74 por kWh o que represente uma variação de aproximadamente 34% em torno do valor mais provável de 0,55 R\$/kWh.

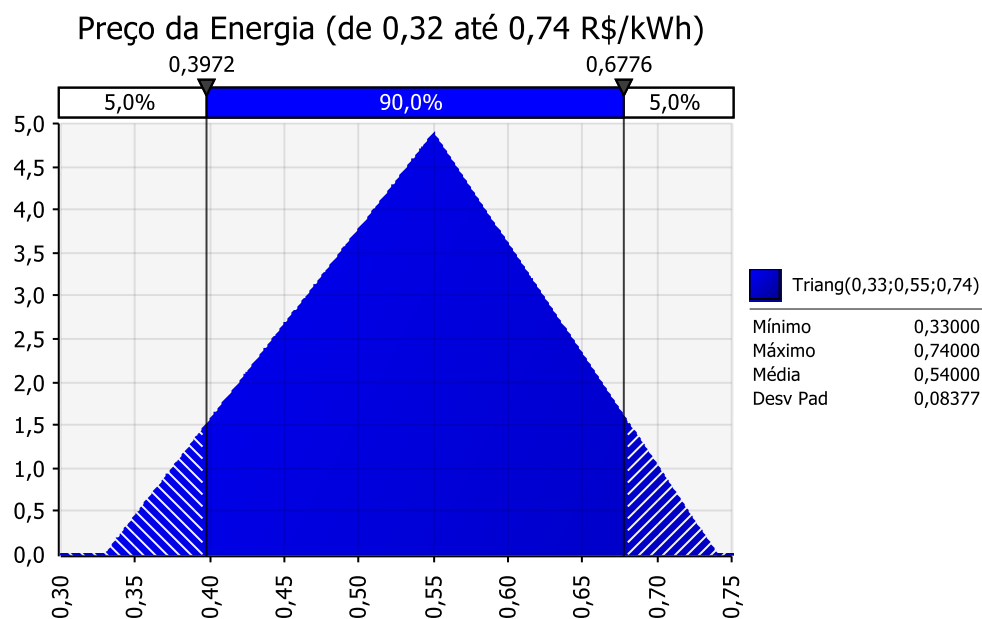


Figura 17: Distribuição do preço da energia ajustada pela função triangular

- Preço de venda do pellet no mercado brasileiro: Para representar a situação do mercado de pellets no Brasil, foi assumida a escolha da função Log-Normal de distribuição de probabilidade. Ajustado em função dos dados compartilhados pelos entrevistados, o valor mínimo foi de R\$ 370, o valor mais provável esperado R\$ 450 e o desvio padrão de R\$ 57,8.

- Preço FOB do pellet para exportação: Conforme Schmitdt et al (2009), a função de distribuição Normal foi escolhida para representar o preço do pellet no mercado exterior. O valor esperado e o desvio padrão da função $N(\mu, \sigma)$ podem ser determinados a partir da limite inferior Inf_l e superior Sup_l do intervalo plausível dos parâmetros. Os autores sugerem o cálculo simplificado do valor esperado $\mu = (Sup_l - Inf_l)/2$ e do desvio padrão $\sigma = (\mu - Inf_l) / 1,96$. Aqui o intervalo de valores mencionados pelos produtores exportadores é 135 a 155. O valor esperado é de R\$ 145 e assim o desvio padrão é de R\$ 10,2.

- Distância da fábrica até o porto de exportação. A função de distribuição Uniforme foi escolhida por representar melhor o fato que todos os valores dentro de sua faixa têm densidade de probabilidade igual, caindo bruscamente para zero nos valores mínimos e máximos. Os valores mínimo (80km), máximo (480km) foram determinados em função da realidade das fábricas de pellets do sul do Brasil. O valor “mais provável” esperado foi estimado a partir da média da distancia ponderada pelo volume produzido.

4.6.1.2 As series históricas

As duas outras variáveis, a Taxa de cambio e a Inflação, são variáveis cujas funções de distribuição foram ajustadas a partir de series históricas de dados graça ao programa @RISK. Essas variáveis são altamente incertas na situação atual de grande turbulência da economia do Brasil e apresentam conseqüentemente uma alta volatilidade.

Para as series temporais, a seleção do modelo pelo programa @RISK foi realizada graça aos critérios de informação de Akaike (AIC) e de Bayes (BIC). Os modelos estocásticos foram assim ranqueados, e avaliados quantitativa e qualitativamente, com as estatísticas e os gráficos comparativos antes da escolha. Considerando a literatura (SPINNEY e WALKINS, 1996, ARNOLD e YILDIZ, 2015 e o resultado dos critérios de avaliação pelo programa, o modelo Log-Normal foi escolhido para essas duas variáveis. A função “Log-Normal” apresenta a vantagem de ter um parâmetro mínimo e os valores não são distribuídos simetricamente em torno da média como acontece na distribuição “Normal”. Por isso essa distribuição corresponde melhor à situação de instabilidade econômica que vive o Brasil.

Palma et al. (2011) fizeram uso da função GRKS para ajustar as variáveis estocásticas que têm séries limitadas de dados históricos. Semelhante à função triangular, a função GRKS é definida por um mínimo, um meio e um máximo. Na função GRKS, no entanto, o mínimo e o máximo representam os 2,5% e 97,5% quintis o que permite a distribuição simular eventos de baixa probabilidade que poderiam acontecer além do mínimo e máximo assegurado. Em contraste com a função triangular, que não permite ganhos para além do mínimo e do máximo especificados. A distribuição GRKS tem-se utilizada por Richardson et al. (2007) para simular distribuições incertas. Mas essa função GRKS não é disponibilizada no programa @RISK. Por isso a função Log-Normal foi utilizada nesse estudo porque permite uma apreensão mais flexível das evoluções que podem acontecer na situação da economia conturbada do Brasil para os anos futuros.

Assim, para determinar a distribuição de probabilidade da variável “Taxa de cambio (Euro/R\$)”, o ajuste foi realizado com a série histórica das taxas de cambio dos últimos 48 meses. O ajuste da distribuição determinou um cambio médio de R\$ 3,35 por 1 Euro e um mínimo de 2,87 (Figura 18). A distribuição Log-Normal permite uma probabilidade ampla de valores máximos, o que corresponde à realidade porque não se sabe até onde o aumento do cambio pode parar (no momento da redação desse estudo, o cambio estava a R\$ 4,28!).

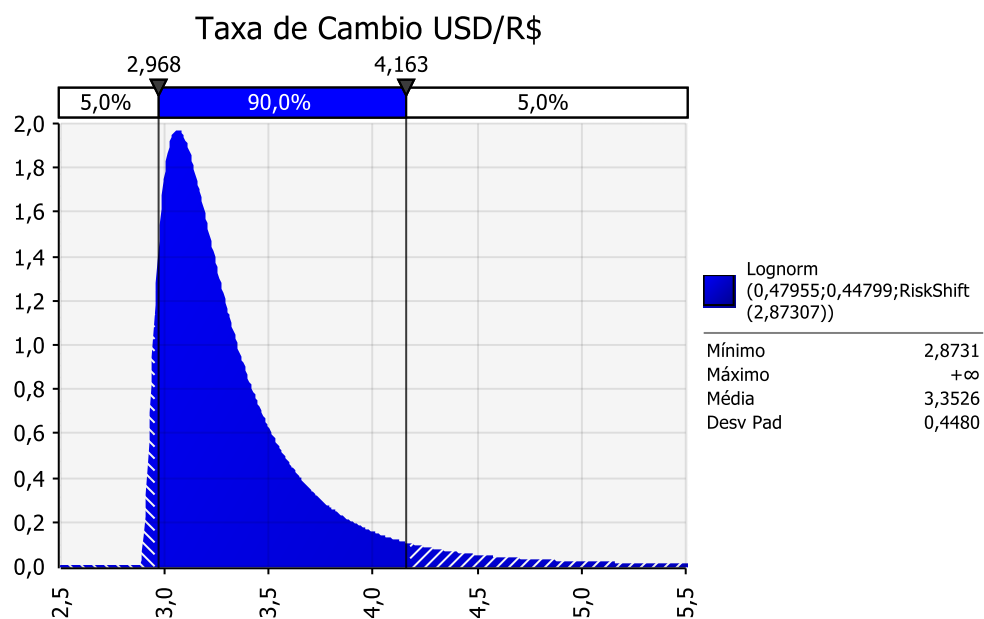


Figura 18: Distribuição de probabilidade da taxa de Cambio USD/R\$ pela função Log-Normal.

Finalmente, para determinar a distribuição de probabilidade da “Inflação” foi realizado o ajuste com a série histórica de taxa de inflação IPCA desde 1999 (Figura 20).

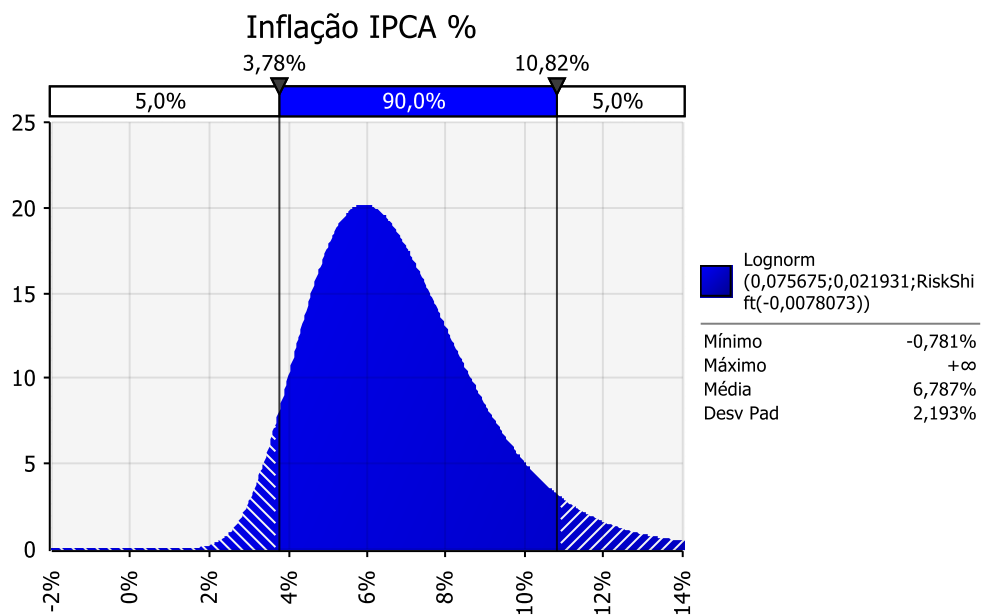


Figura 19: Distribuição de probabilidade da inflação-IPCA%

Os parâmetros de distribuição das variáveis Inputs foram sinteticamente reunidos na Tabela 21 a seguir.

Tabela 18: Função e Parâmetros de Distribuição das variáveis "Input" da MCS.

Variáveis de entrada "Input"	Referência	Função de distribuição	Parâmetros de distribuição			
			Mínimo	Mas provável	Máximo	Desvio Padrão
Custo maravalha na porta da fábrica (R\$)	175	Log-Normal	120	175		15,07
Preço da Energia (R\$/kWh)	0,55	Triangular	0,33	0,55	0,74	0,077
Preço de venda mercado brasileiro (R\$/t)	450	Log-Normal	370	450		26,46
Preço de venda FOB (Euro/t)	145	Normal		145		10,2
Distância da fábrica até o porto (km)	195	Uniforma	80		480	76,96
			Mínimo	Média		Desvio Padrão
Taxa de cambio (Euro/R\$)	3,35	Log-Normal	2,87	3,35		0,448
Inflação (%)	6,79	Log-Normal	-0,78	6,79		2,19

4.6.2 Variáveis de saída (Output) do modelo

O Método da Simulação de Monte Carlo permite chegar a uma distribuição das probabilidades dos indicadores de rentabilidades escolhidos e aqui serão o VPL e o TIR. O resultado obtido não será um VPL ou um TIR, mas a distribuição de probabilidades associadas a esses indicadores, com os parâmetros pertinentes: média e desvio-padrão.

As distribuições de probabilidades do VPL e do TIR foram estimadas após 35.000 iterações. Cada iteração trabalha a partir de um conjunto de valores segundo as distribuições de probabilidade das variáveis de entrada. Por isso a MCS é uma ferramenta poderosa de previsão do que poderá ocorrer e da estimação dos riscos de um empreendimento (PILISADE, 2015).

4.6.3.1 VPL - Valor Presente Líquido do empreendimento

Este indicador de viabilidade é expresso pelo valor presente do fluxo de caixa descontado, projetado no horizonte do empreendimento, incluindo o valor do investimento a realizar. O período considerado nesse estudo é de 10 anos.

O empreendimento será considerado viável quando o seu valor presente líquido for nulo ou positivo, para uma taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade de igual risco (REZENDE e OLIVEIRA, 2001; SILVA et al., 2002).

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

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

A base de cálculo da taxa de desconto, tanto na estimação do VPL como da TIR, foi a taxa SELIC. A Taxa SELIC é a taxa básica de juros da economia brasileira. Esta taxa básica é utilizada como referência para o cálculo das demais taxas de juros cobradas pelo mercado e para definição da política monetária praticada pelo Governo Federal do Brasil.

Criado em 1979, o Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) é um sistema informatizado destinado ao registro, custódia e liquidação de títulos públicos federais. A taxa é expressa na forma anual para 252 dias úteis (HADDAD, 2012). O Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil (COPOM) fixa periodicamente, oito vezes por ano, a meta para a Taxa SELIC para fins de Política Monetária. Assim, a Taxa SELIC é a taxa de referência para o financiamento da economia no Brasil. Sua evolução nesses últimos anos é representada no diagrama da Figura 19b.

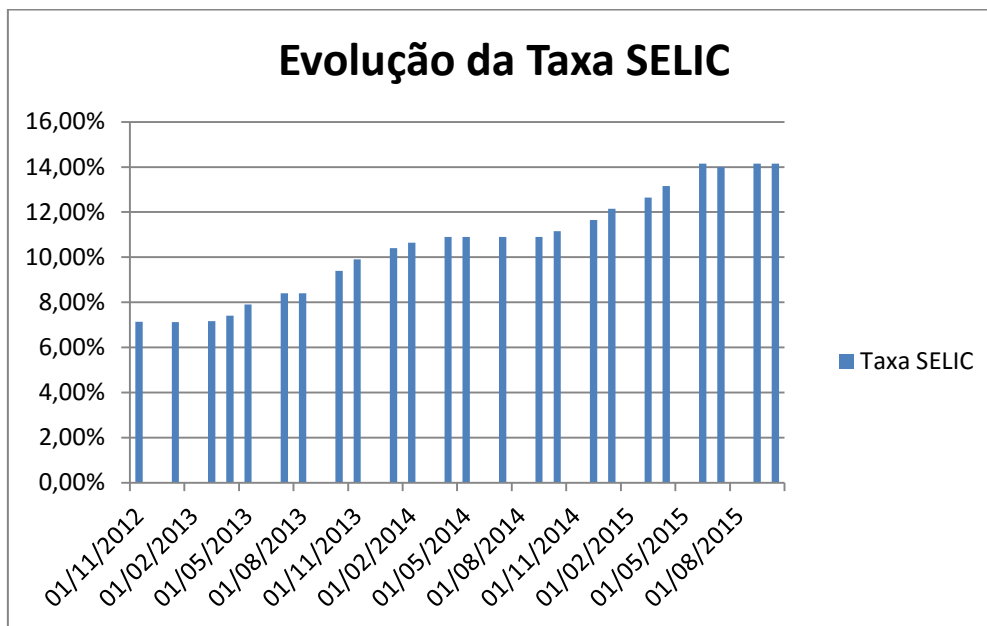


Figure 19b: Evolução da taxa SELIC os três últimos anos.

No momento da redação desse trabalho a taxa SELIC estava estabilizada em 14,15% a.a. após dois anos e meio de subida sem interrupção. Foi realizada nesse trabalho, uma análise de sensibilidade do retorno financeiro do projeto em função da taxa de desconto.

4.6.3.2 TIR – Taxa Interna de Retorno do empreendimento

Este indicador de viabilidade é expresso pela taxa de desconto que anula o valor presente do fluxo de caixa projetado no horizonte do empreendimento, incluindo o valor do investimento a realizar.

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.

É a taxa de desconto que iguala o VPL a zero. É a taxa percentual do retorno do capital investido (ZHANG e PEARSE, 2012).

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

Em que: FC_t = Saldo de caixa o ano t ; n = Duração do projeto,

5 RESULTADOS

5.1 A QUALIDADE DE PRODUÇÃO NO BRASIL

Realizando o cálculo da capacidade de produção de cada fábrica visitada com a porcentagem exportada, é possível afirmar que quase metade (43%) da produção de pellet é exportada atualmente (Tabela 13) por um total de 23.000 toneladas.

Um resultado inesperado foi constatar que quase todas as fábricas estão em processo de melhoria da qualidade e três delas já possuem o selo de certificação europeia EN+ (Tabela 22). Ver em Anexo 10 o selo EN+ recebido pela PIOMADE localizada em Farroupilha – RS, a primeira empresa brasileira a ser certificada. Duas estão em processo de certificação e outras estão realizando controles de qualidade regulares, muitas já realizaram análise de suas produções por laboratórios, o que lhes dá o direito de afirmar que sua qualidade corresponde aos critérios do mercado europeu. Ver em Anexo 11 as primeiras análises dos pellets que serão produzidos pela TANAC à base de Acácia a partir de 2016. Só uma empresa demonstrou um processo de produção ainda primitivo, sem controle de qualidade, impossibilitando o seu acesso a um mercado mais exigente.

Esse levantamento mostra o desejo da maioria dessas empresas em garantir a qualidade dos seus produtos ao consumidor potencial seja interno ou externo. A garantia da qualidade dada por um selo ENPlus ou por uma análise realizada por um laboratório credenciado permite valorizar seu produto e uma melhor negociação de preço frente ao comprador.

Tabela 19: Referências sobre qualidade da produção de pellets das empresas (2015).

	Certificação EN Plus	Em processo de certificação ENPlus	Matéria prima certificada FSC	Com controles de qualidades internos	Análises de laboratórios (universitários,...).	Sem controles e análise
Empresa 1	1			1	1	
Empresa 2	1			1	1	
Empresa 3			1	1	1	
Empresa 4				1	1	
Empresa 5	1			1		
Empresa 6						1
Empresa 7		1		1		
Empresa 8				1	1	
Empresa 9		1	1	1	1	
TOTAL	3	2	2	8	6	1

Conversando com os empresários, foi possível perceber se que existe uma competição entre fábricas para comprovar a qualidade de seu próprio produto. Como o mercado interno está iniciando, o consumidor potencial quer garantias para o processo de queima, especialmente na formação de cinzas e outros resíduos.

Um fator que facilita na qualidade da produção vem das características da matéria-prima: todas as fábricas em produção estão transformando a maravalha, que é uma matéria-prima já elaborada, uniforme, seca e quase sem impureza. Uma dificuldade pode surgir no futuro quanto à expansão da demanda vai provocar uma tensão no mercado da maravalha e que vai se traduzir no seu preço. As fábricas serão obrigadas a comprar uma matéria-prima úmida, menos uniforme, gerando um processo mais difícil de pelletização com gasto superior em energia e necessidades maiores de controle.

5.2 A ESTRATÉGIA DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE PELLETS.

A Tabela 23 apresenta os resultados da análise SWOT sobre a realidade percebida no negócio de produção de pellets. Em cada quadrante, foram hierarquizados os fatores em função do resultado da pesquisa. O Teste de Tukey apontou a existência de um ou dois fatores que se destacam.

Das forças, o ponto mais relevante é a abundância da matéria-prima. No sul do país, na região de cultivo do pinus, o grande número de indústrias madeireiras garante a geração de subprodutos em quantidade e de fácil acesso.

Das fraquezas do negócio, manifesta-se a falta de reconhecimento das autoridades sejam estaduais ou federais que não favorecem essa produção de energia limpa. Não há nenhum incentivo governamental, por exemplo, fiscal. No capítulo seguinte, será apresentado o custo de produção que mostra o impacto crítico da carga tributária na rentabilidade do negócio.

É salientada também a dificuldade do transporte seja pelo seu custo seja pelas infraestruturas existentes, o que aparece também nas ameaças. Foi levantada a dificuldade de exportar pelo fato da burocracia pesada e da falta de eficiência no funcionamento dos portos.

Sobre as oportunidades, os produtores são otimistas considerando dois fatos: no mercado interno, a competitividade dos pellets comparados a outras formas de energias, e no mercado externo, a taxa de câmbio atual extremamente favorável que permite colocar o produto no mercado europeu a preço competitivo.

Tabela 20: Resultado da Análise SWOT com as pontuações médias e Teste de Tukey

Fatores da análise SWOT		Média	Teste de Tukey
Forças	Abundância da matéria prima disponível com custo baixo.	2,17	a
	Qualidades técnicas do pellet (fácil manuseio, transporte e estocagem).	3	a b
	Imagem de sustentabilidade ecologicamente correto.	3,66	a b
	Lucratividade do negócio.	3,83	a b
	Qualidades energéticas do pellet (energia específica kWh/kg.)	4,08	a b
	Facilidade de escoamento da produção, mercado promissor.	4,25	b
Fraquezas	Faltam incentivos governamentais fiscais ou subsídios, linhas de crédito específico.	1,92	a
	Custo do transporte.	2,16	a
	Faltam normas nacionais de qualidade.	3,5	a b
	Escala de produção insuficiente para conseguir baixar os custos fixos.	3,91	b c
	Faltam estudos técnicos e científicos sobre produção de pellets no Brasil.	4,25	b c
	Falta matéria prima certificada FSC, PEFC.	5,25	c
Oportunidades	Aumento do preço das energias concorrentes: óleo, eletricidade...	2	a
	Abertura de mercados externos para exportação.	2,66	a b
	Crescimento da demanda interna.	3,083	a b
	Aumento do número de fogões e caldeiras usando pellet no Brasil.	3,91	b c
	Produto ainda com pouca concorrência no Brasil (nicho de mercado).	4,16	b c
	Política governamental que obriga a reciclagem dos resíduos industriais.	5,16	c
Ameaças	Aumentos dos custos: impostos, energia, salários...	1,58	a
	Infraestruturas insuficientes de transporte: rodovias, ferrovias, portuárias...	2,75	a b
	Incerteza sobre política governamental.	3,083	a b c
	Concorrência nacional desleal por falta de normas e controles.	4,25	b c d
	Falta de transparência sobre o preço do mercado de pellets.	4,41	b c d
	Concorrência de outros países com custos de produção mais baixos.	4,92	c d

Nas ameaças, há preocupação com o descontrole dos custos pelo fato da situação inflacionaria que encarece inevitavelmente os custos de produção seja salários, seja energia e a carga tributaria. As ameaças são ligadas à situação de instabilidade político-econômica do Brasil que preocupa muito os empresários encontrados.

5.3 CUSTO DE PRODUÇÃO DO PELLET NO BRASIL

Foi calculado o custo unitário do capital por unidade de produção (tonelada) segundo o método de Mani et al. (2006) e comparando duas situações: uma para uma produção de 14.400 toneladas por ano, ou seja, 60% da capacidade instalada de produção de 24000, e a outra para a capacidade de produção de 22.800 toneladas (95% da capacidade instalada) (Tabela 24). A simulação mostra o impacto sobre o custo final de produção e a importância para uma empresa em investir na comercialização do seu produto (divulgação, marketing, prospecção comercial, etc.) para não deixar sua capacidade de produção ociosa quando o custo fixo de produção for alto como ocorre na produção de pellets.

Tabela 21: Custo unitário do capital (R\$/t)

	Custo de compra (R\$)	Custo de Instalação (1000R\$)	Vida Útil (Anos)	Taxa de juros anual.	Produção anual		
				10,25%	14400	22800	
				Fator de recuperação do capital	Custo anual do Capital (1000R\$)	Custo unitário do Capital (R\$/t)	
Pelletizadora	1.860.207,00	140.000,00	12	0,15	297.161,45	20,64	13,03
Terreno	500.000,00		25	0,11	56.146,15	3,90	2,46
Construção	500.000,00		20	0,12	59.735,12	4,15	2,62
Pá carregadeira	180.000,00		10	0,16	29.609,51	2,06	1,30
Empilhadeira	120.000,00		10	0,16	19.739,68	1,37	0,87
Total compra	3.160.207,00				462.391,91	32,11	20,28
Total instalado		3.300.207,00					

A Tabela 25 mostra a distribuição do custo final (sem os impostos) da produção de pellet no Brasil. Percebe-se, no caso presente, o alto custo da matéria prima (54,67%). Por ser um produto seco e com vários outros usos no mercado, a maravalha encontra-se com preço alto. No entanto, seu uso permite a economia da etapa de secagem no processo de produção, etapa que tem custo alto de energia, já que o custo da energia aproxima-se dos 15,44 % do custo total.

Não aparece nesse cálculo o custo tributário que é elevadíssimo no Brasil. Se adicionarmos todos os impostos diretos com um ICMS máximo, os impostos diretos podem subir até

30,10% da receita operacional das vendas. Deve-se também adicionar 25% de imposto sobre o lucro da empresa, mais 9% de contribuição social.

Tabela 22: Distribuição do custo total de produção por posto sem considerar os impostos

	Custo do Capital (R\$/t)	Custo operacional (R\$/t)	Custo total (R\$/t)	Distribuição dos Custos (%)
Maravalha		185,00	185,00	54,67%
Energia		52,25	52,25	15,44%
Funcionários		25,50	25,50	7,54%
Pelletização	13,03	9,00	22,03	6,51%
Ensacamento		42,00	42,00	12,41%
Terreno	3,90		3,90	1,15%
Construção	4,15	0,08	4,23	1,25%
Equipamentos	3,43	0,07	3,50	1,03%
TOTAL			338,41	100,00%

Uma opção para diminuir esse custo seria a venda a granel para diminuir a etapa de ensacamento que representa 12,41% do custo total.

Deve se destacar ainda a grande oportunidade atual para a indústria brasileira de pellets no mercado europeu, com taxa de cambio muito alto. O Cambio atual sendo de R\$ 4,2 por um Euro, ou seja, um aumento de 30% comparativamente à taxa de referência do modelo de 3,25 permite um aumento instantâneo do resultado líquido anual de 180% para uma empresa que se dedicaria exclusivamente para a exportação.

Comparado aos custos de produção do Canadá, concorrente potencial para o Brasil no mercado europeu, os dois itens mais importantes de custo de produção que são a matéria prima e a energia, o Brasil encontra-se em uma situação desfavorável. Na província de Québec (ARSENAULT, 2015), a matéria prima seca encontra-se em torno de C\$ 55 a tonelada, e se um dólar canadense vale em torno de R\$ 2,5, o preço da tonelada de MP seca é de 130 R\$. E também, o custo da energia nessa província do Canada varie de 6 a 10 cents o kWh, ou seja, 0,15 a 0,25 R\$ o kWh. Portanto, percebe-se que os custos de produção no Brasil são altos.

Na Áustria, Thek e Obernberger (2009) estimaram o custo da matéria prima a 72% do custo global de produção de pellets no caso de uso de maravalha.

5.4 RESULTADO FINANCEIRO

Os resultados financeiros estão apresentados nas Tabelas 24 e 25 e representam duas simulações para uma mesma empresa que compra a maravalha, mas vende em proporções diferentes para os mercados internos e externos. O Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) da empresa que opta para exportar toda a sua produção, são bem mais superiores que para a empresa focada no mercado interno.

A razão principal vem do alto custo tributário para a venda no Brasil. Os impostos diretos INSS (2,85%), PIS (1,65%) e CONFINS (7,4%) e o ICMS afetam diretamente o resultado operacional.

Para a exportação há isenção de todos esses impostos que podem chegar até 30% da receita operacional. Por isso, a empresa não deve focar apenas num cliente que seja um consumidor final onde o ICMS é máximo de 18%, no caso, por exemplo, de vendas para aviários. Nesse caso o VPL é negativo. Para neste estudo, o caso base foi estimado com um ICMS médio de 12%. A Tabela 23 apresenta a simulação do VPL e da TIR em função da proporção da produção da fábrica exportada.

Tabela 23: Evolução do VPL e da TIR em função da proporção da produção exportada

Exportações (%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
VPL (10 ⁶ R\$)	0,66	0,78	0,90	1,03	1,15	1,27	1,40	1,52	1,64	1,76	1,89
TIR (%)	19,25	20,17	21,08	21,98	22,88	23,76	24,64	25,51	26,37	27,23	28,08

Tabela 24: Fluxo de caixa descontado em R\$ de uma fábrica destinada unicamente para o mercado interno.

Capacidade projetada da fábrica (t/ano)		24.000,00										
VPL		R\$ 657.307,96										
TIR		19,25%										
Proporção da produção exportada		0%										
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	
Nível de utilização (%)		70%	80%	90%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Produção projetada		16.800	19.200	21.600	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800	
Proporção destinada para o mercado externo		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Receitas operacionais		7.560.000	8.640.000	9.720.000	10.260.000	10.260.000	10.260.000	10.260.000	10.260.000	10.260.000	10.260.000	
Custos fixos operacionais		528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	
- Salários para 8 funcionarios		395.200	395.200	395.200	395.200	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	128.000	128.000	128.000	128.000	
- Manutenção maquinário outro		5.000	5.000	5.000	5.000	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	8.000	8.000	8.000	8.000	
Custos variáveis operacionais:		4.678.137	5.346.442	6.014.747	6.348.900	6.348.900	6.348.900	6.348.900	6.348.900	6.348.900	6.348.900	
- Compra matéria prima (perda %)	5%	3.094.737	3.536.842	3.978.947	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	
- Energia. Consumo por tonelada produzida (52até125kwh/t)	95 kWh/t	877.800	1.003.200	1.128.600	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	
- Ensacamento (Embalagens e M.O.)	42 R\$/t	705.600	806.400	907.200	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600	
Custos variáveis adicionais para exportar												
- Palete export tratado	20 R\$/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
- Transporte por container da fábrica até porto.195 km distância	0,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
- Custos e taxas portuários	50 R\$/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Impostos diretos (PIS, COFINS, INSS, ICMS) mercado interno	24,10%	1.821.960	2.082.240	2.342.520	2.472.660	2.472.660	2.472.660	2.472.660	2.472.660	2.472.660	2.472.660	
Despesas sobre vendas líquidas de impostos	1,50%	113.400	129.600	145.800	153.900	153.900	153.900	153.900	153.900	153.900	153.900	
Resultado Operacional		418.303	553.518	688.733	756.340	756.340	756.340	756.340	756.340	756.340	756.340	
Custos Fixos não operacionais (Depreciação)		221.684	207.595	194.401	182.046	170.476	159.642	149.496	139.995	131.098	122.766	
Despesas e receitas financeiras												
Resultado tributável		639.987	761.113	883.134	938.386	926.816	915.982	905.836	896.335	887.438	879.106	
Imposto de renda (IRPJ, 25%)	25%	159.997	190.278	220.783	234.597	231.704	228.995	226.459	224.084	221.859	219.776	
Contribuição social (CSLL, 9%)	9%	57.599	68.500	79.482	84.455	83.413	82.438	81.525	80.670	79.869	79.120	
Resultado líquido		422.391	502.334	582.868	619.335	611.699	604.548	597.852	591.581	585.709	580.210	
Depreciação corrigida pela inflação		221.684	207.595	194.401	182.046	170.476	159.642	149.496	139.995	131.098	122.766	
Investimentos							100.000					
Desinvestimentos											1.083.368	
Patrimônio Líquido (Capitalização)		3.300.207										
Fluxo de caixa Líquido		3.300.207	644.075	709.929	777.270	801.381	782.175	664.190	747.348	731.576	716.806	1.786.343

Tabela 25: Fluxo de Caixa descontado em R\$ de uma fábrica com 100 % de sua produção exportada.

Capacidade projetada da fábrica (t/ano)	24.000,00										
VPL	R\$ 1.886.926,11										
TIR	28,08%										
Proporção da produção exportada	100%										
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Nível de utilização (%)		70%	80%	90%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Produção projetada		16.800	19.200	21.600	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800	22.800
Proporção destinada para o mercado externo		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Receitas operacionais		8.166.982	9.333.694	10.500.406	11.083.762	11.083.762	11.083.762	11.083.762	11.083.762	11.083.762	11.083.762
Custos fixos operacionais		528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200	528.200
- Salários para 8 funcionarios		395.200	395.200	395.200	395.200	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	128.000	128.000	128.000	128.000
- Manutenção maquinário outro		5.000	5.000	5.000	5.000	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	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	9.189.780	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	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000
- Energia. Consumo por tonelada produzida (52até125kwh/t)	95 kWh/t	877.800	1.003.200	1.128.600	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300	1.191.300
- Ensacamento (Embalagens e M.O.)	42 R\$/t	705.600	806.400	907.200	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600	957.600
Custos variáveis adicionais para exportar											
- Paleta export tratado	20 R\$/t	336.000	384.000	432.000	456.000	456.000	456.000	456.000	456.000	456.000	456.000
- Transporte por container da fábrica até porto.195 km distância	0,28	917.280	1.048.320	1.179.360	1.244.880	1.244.880	1.244.880	1.244.880	1.244.880	1.244.880	1.244.880
- Custos e taxas portuários	50 R\$/t	840.000	960.000	1.080.000	1.140.000	1.140.000	1.140.000	1.140.000	1.140.000	1.140.000	1.140.000
Impostos diretos (PIS, COFINS, INSS, ICMS) mercado interno	24,10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Despesas sobre vendas líquidas de impostos	1,50%	122.505	140.005	157.506	166.256	166.256	166.256	166.256	166.256	166.256	166.256
Resultado Operacional		744.861	926.727	1.108.592	1.199.525	1.199.525	1.199.525	1.199.525	1.199.525	1.199.525	1.199.525
Custos Fixos não operacionais (Depreciação)		221.684	207.595	194.401	182.046	170.476	159.642	149.496	139.995	131.098	122.766
Despesas e receitas financeiras											
Resultado tributável		966.545	1.134.321	1.302.994	1.381.572	1.370.002	1.359.167	1.349.021	1.339.520	1.330.623	1.322.291
Imposto de renda (IRPJ, 25%)	25%	241.636	283.580	325.748	345.393	342.500	339.792	337.255	334.880	332.656	330.573
Contribuição social (CSLL, 9%)	9%	86.989	102.089	117.269	124.341	123.300	122.325	121.412	120.557	119.756	119.006
Resultado líquido		637.919	748.652	859.976	911.837	904.201	897.050	890.354	884.083	878.211	872.712
Depreciação corrigida pela inflação		221.684	207.595	194.401	182.046	170.476	159.642	149.496	139.995	131.098	122.766
Investimentos							100.000				
Desinvestimentos											1.083.368
Patrimônio Líquido (Capitalização)		3.300.207									
Fluxo de caixa Líquido		3.300.207	859.603	956.247	1.054.377	1.093.884	1.074.678	956.692	1.039.850	1.024.078	1.009.309
											2.078.846

5.5 ANÁLISE DO RISCO DO EMPREENDIMENTO

A simulação Monte Carlo gerada pelo programa @RISK fornece uma representação em histograma das distribuições de probabilidade das variáveis de saída Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). É possível simular varias situações em função das variáveis de entrada.

Foi simulada a evolução do risco de VPL negativo e da TIR inferior à taxa de desconto de 14,15% em função da percentagem de exportação (Figura 21). Foi determinado que durante a vida do projeto, exportar entre 40 % e 50 % de sua produção permite amenizar o risco de VPL negativo.

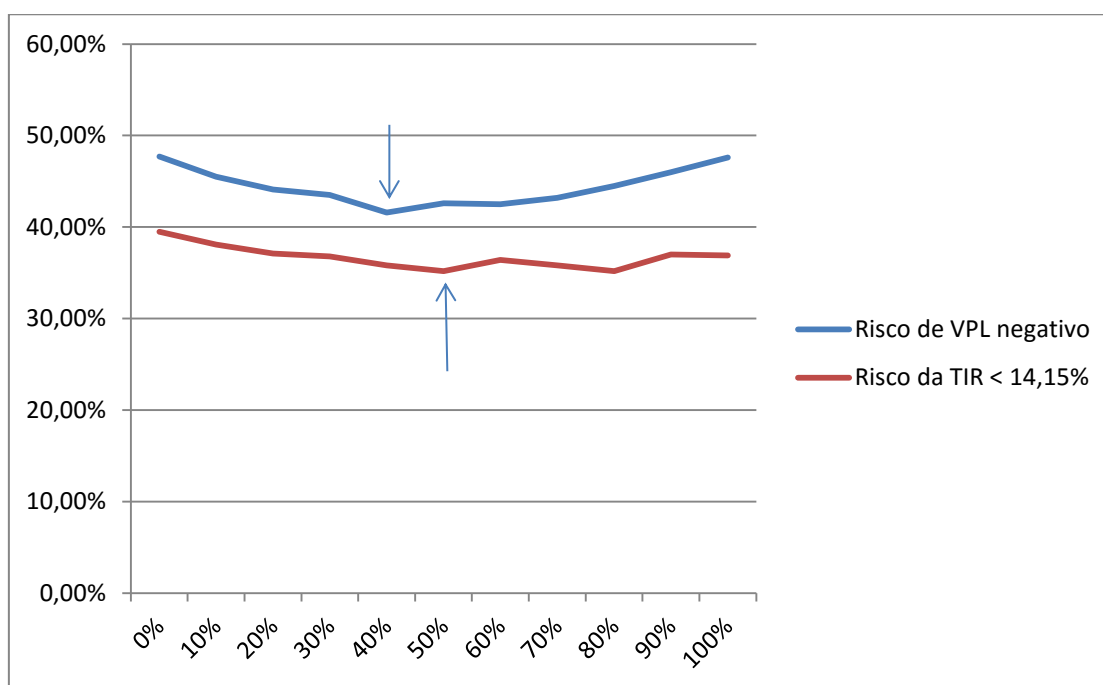


Figura 20: Evolução de risco de VPL negativo e da TIR inferior a 14,15% em função da proporção, de 10 a 100%, de exportação na produção.

O diagrama na Figura 21 represente a função de densidade de probabilidade do Valor Presente Líquido (VPL) para uma empresa que teria seu mercado dividido pela metade, 50% interno e 50% exportação. Nesse caso, o Fluxo de Caixa Descontado gera um VPL do empreendimento em torno de 1,23 milhões de Reais e uma TIR que se aproxima de 23,8% a.a.

A Simulação de Monte Carlo calculou a distribuição de probabilidade do VPL com uma média de aproximadamente de 1,5 milhões com um desvio Padrão de 3,32 milhões de Reais.

Então, nessa simulação com 35.000 iterações, o VPL, tem 42 % de chance de ser negativo e a Taxa Interno de Retorno (TIR) possui 36,3 % de chance de ser inferior à taxa mínima de atratividade que foi considerada no modelo a 14,15 % a.a., e baseada na taxa SELIC no momento da redação deste estudo (Figura 22).

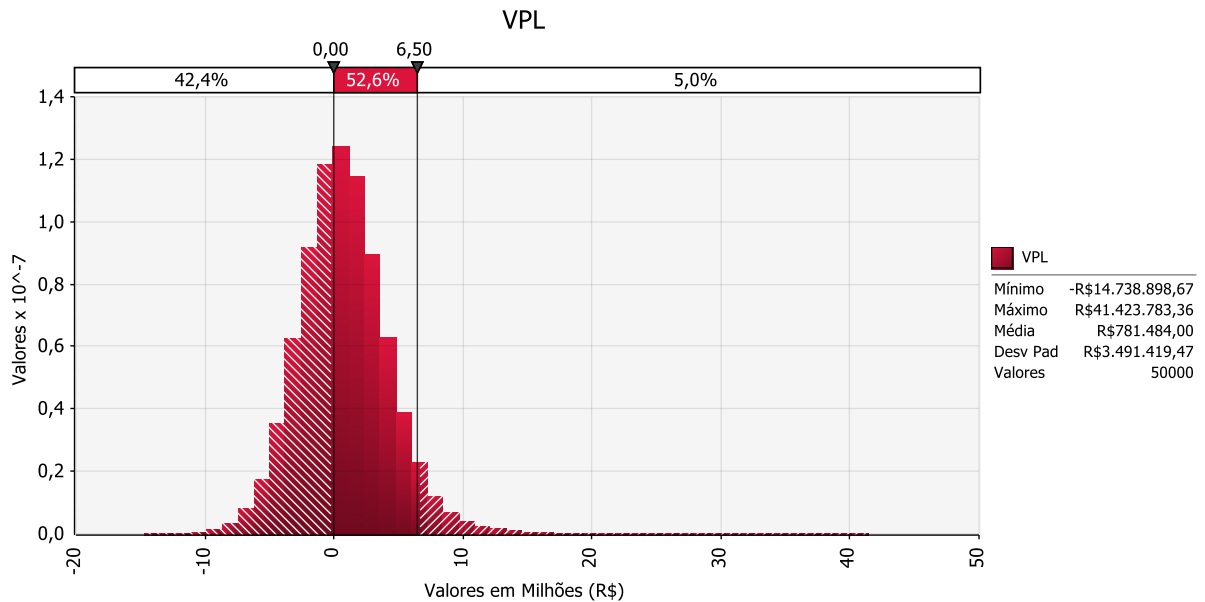


Figura 21: Função de distribuição de probabilidade do VPL do empreendimento com vendas repartidas entre mercado interno (50%) e exportações (50%).

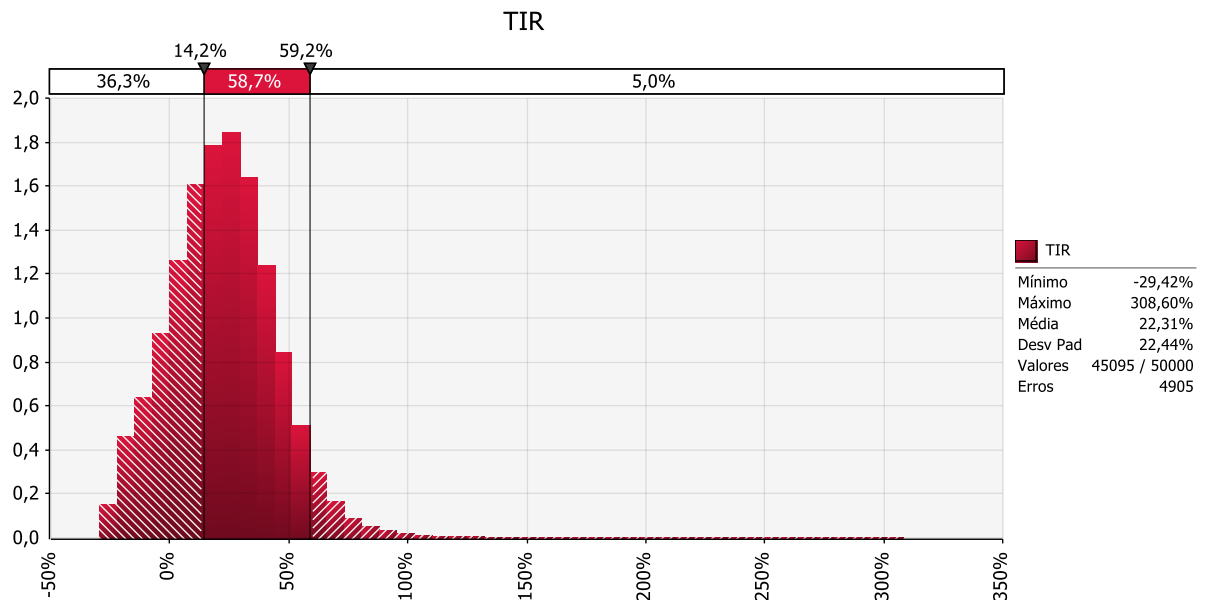


Figura 22: Função de densidade de probabilidade do TIR para uma empresa voltada 50% para mercado externo e 50% para o mercado interno.

Se a empresa quer orientar-se exclusivamente para o mercado de exportação, a TIR sobe para 28,08 %, ver a Tabela 23, mas o risco de ter uma TIR inferior à taxa de desconto do projeto é de 37,2%.

A Simulação de Monte Carlo (SMC) permitiu alertar sobre o risco relativamente alto do empreendimento. A simulação foi realizada com uma taxa de Cambio ajustada sobre a série histórica para poder ter uma base de flutuações possíveis para os dez anos projetados. A SMC foi realizada sobre uma média da taxa de cambio de 3,35 Reais por Euros enquanto que na data de redação dessa tese, a taxa de cambio esta extremamente favorável porque superior a 4 Reais por Euro. Então, a simulação realizada é conservadora e por isso que alerta sobre esse nível de risco.

Mas para um produtor instalado, é previsível que ele vai tentar aproveitar essa taxa de cambio atual e exportar o máximo de sua produção para aproveitar esse ganho inesperado. Outro efeito benéfico previsível, é que essa oportunidade de exportar vai impulsionar as empresas brasileiras, ainda não certificada ENplus, a melhorar sua qualidade para alcançar o padrão europeu.

Mas pode também prever em meio prazo, um aumento do preço no mercado interno de pellet impulsionado pelo preço FOB alto em Real. As elasticidades vão confirmar o impacto de cada variável de entrada na formação do VPL e da TIR.

5.5.1 As elasticidades

O *software @RISK* calcula os coeficientes de regressão do modelo permitindo conhecer as elasticidades do VPL e do TIR em relação às variáveis de entrada. A elasticidade é a variação da variável dependente, por exemplo, o VPL, para uma unidade de variação de uma variável independente (Preço de venda, taxa de desconto, cambio...) mantendo todas as outras variáveis independentes constantes (BERTOLO, 2015).

Obviamente, pode se deduzir que os fatores com sinal positivo têm uma influência positiva sobre a variável de saída e aqueles com sinal negativo têm uma influência negativa sobre o output. Olhando para a figura 14, pode-se imaginar que o aumento da taxa de cambio e o preço de venda têm uma influência positiva sobre a rentabilidade do empreendimento e um aumento do custo da matéria-prima e da distância de transporte uma influência negativa.

Mas a questão é saber em qual proporção os fatores “Input” influenciam no VPL? Se for um modelo log-linear, as elasticidades seriam facilmente identificáveis. Nesse tipo de regressão, os parâmetros representam as estimativas das elasticidades (GUJARATI, 2006).

Mas, neste estudo, o modelo gerado pelo programa @RISK é uma regressão linear multivariada do tipo:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n.$$

Onde y é a variável dependente “Output”, x₁, x₂ e x_n são as variáveis de entrada “Input” e a₁, a₂, e a_n os coeficientes da regressão.

As Figuras 23 e 24 a seguir apresentam os "coeficientes de regressão" das variáveis de entrada em relação as variáveis de saída VPL e TIR.

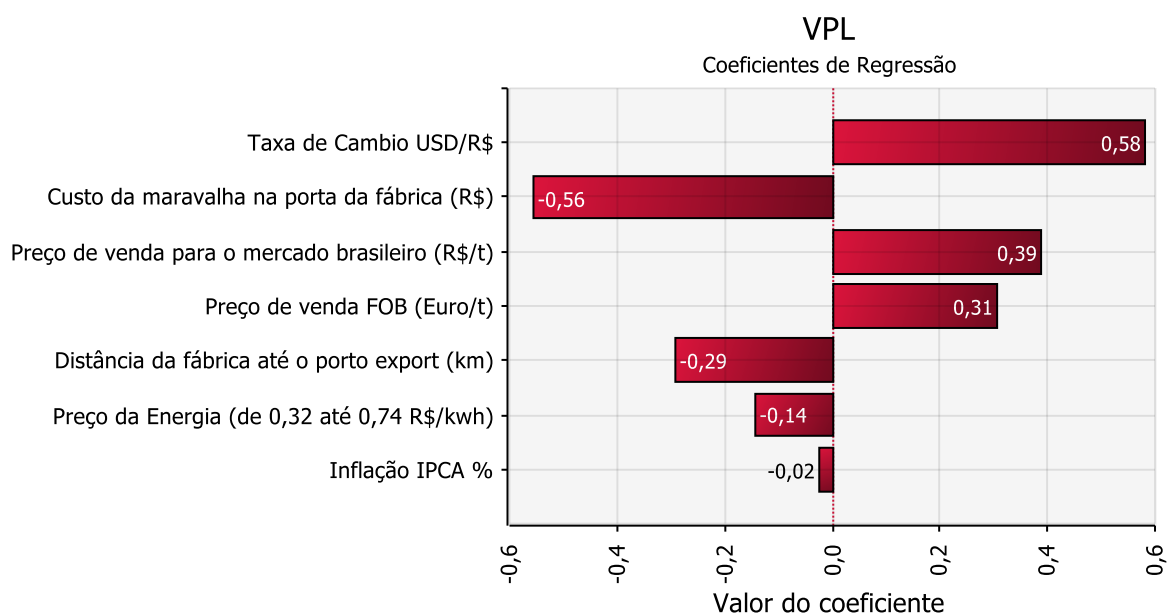


Figura 23: Coeficientes de regressão das variáveis de entrada que influenciam na formação do modelo de distribuição de probabilidade do VPL para uma empresa orientada 50 % exportações e 50% mercado interno.

Os Coeficientes de regressão não estão expressos em termos de Euros ou Reais ou outras unidades das variáveis. Em vez disso, eles são dimensionados ou "normalizados" pelo desvio padrão da saída e o desvio padrão da entrada (PALISADE, 2015).

Por exemplo, na Figura 23, a variável “Taxa de Cambio” demonstra um coeficiente de regressão de 0,6. Isso significa que para cada fração k de um acréscimo do desvio-padrão da variável de entrada “Taxa de Cambio”, o desvio-padrão da variável de saída “VPL” aumentara de $0,6k$.

Para entender mais facilmente o que isso significa, vai precisar transformar esse coeficiente mudando-o de escala através da conversão do desvio-padrão em unidade de origem, aqui em Euro/Real. Para transformar um coeficiente de regressão deve-se multiplica-lo pelo desvio-padrão da variável de saída “VPL”, e dividir pelo desvio-padrão da variável de entrada “Taxa de Cambio”. Mas, como toda mudança de taxa de cambio não acontece no cotidiano em unidade inteira, mas em centavo, vai precisar-se dividir por 100 o coeficiente de regressão que será assim de 0,006.

O desvio Padrão da distribuição de probabilidade do VPL sendo 331.7435,41 (Figura 21), e o desvio-padrão da distribuição de probabilidade da Taxa de Cambio sendo 0,448 (Tabela 26), o cálculo será o seguinte:

$$0,006 \times 4.136.393,74 / 0,448 = 45.201 \text{ Reais}$$

A interpretação definitiva é então: mantendo todas as outras variáveis independentes constantes, estima-se que para cada centavo de aumento na Taxa de Cambio terá um aumento R\$ 45.201 no VPL do projeto.

Na simulação de probabilidade da TIR, foram calculados também os coeficientes de regressão das variáveis de entrada (Figura 24). Para a Taxa de Cambio, este coeficiente de regressão estimado a 0,61. O cálculo idêntico é realizado com o desvio-padrão do TIR de 22,29 %:

$$0,0061 \times 21,24 / 0,448 = 0,29 \% \text{ a.a.}$$

A interpretação definitiva é então: mantendo todas as outras variáveis independentes constantes, estima-se que para cada centavo de aumento na Taxa de Cambio terá um o aumento do TIR de 0,29% a.a.

Podemos realizar a mesma estimação para cada variável de entrada. Aquelas que têm um coeficiente de regressão negativo, um aumento da unidade dela provocará uma diminuição na variável de saída VPL ou TIR.

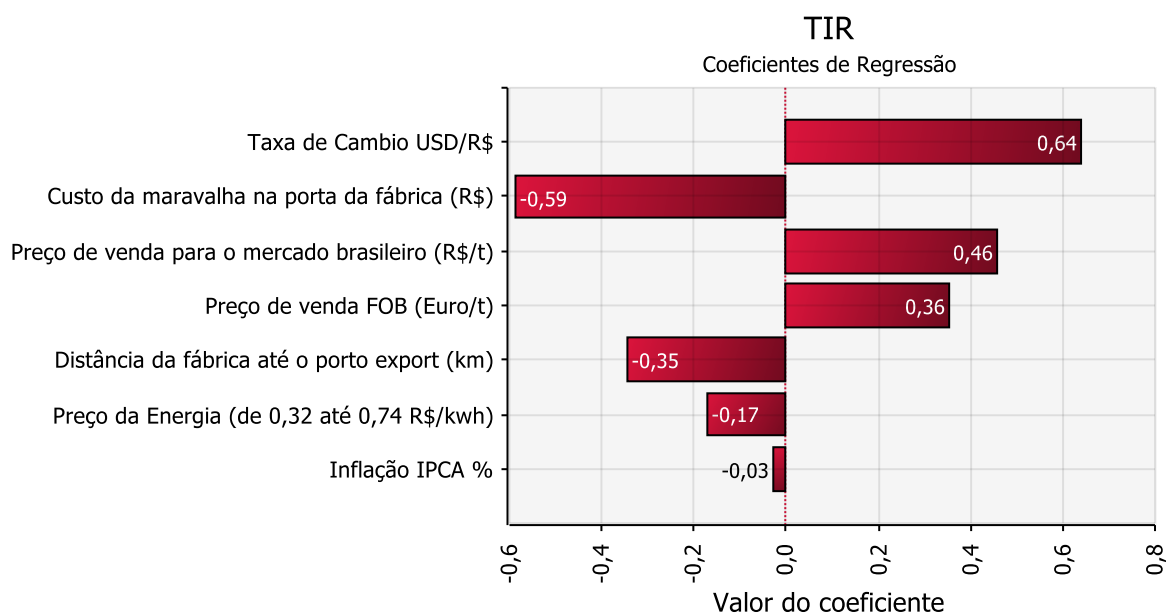


Figura 24: Coeficiente de Regressão da função de densidade de probabilidade da TIR para uma fábrica com 50% de suas vendas para o mercado interno e 50% para exportações.

As elasticidades das variáveis de saídas VPL e TIR são reunidas na Tabela 26 em paralelos com os coeficientes de regressão de cada variável de entrada do modelo. É importante prestar atenção ao sinal negativo ou positivo das elasticidades. Uma elasticidade negativa demonstrara uma variação da variável de saída oposta ao sentido da variável de entrada.

Tabela 26: Elasticidade das variáveis de saída em relação às variáveis de entrada para uma empresa com 50 % de venda no mercado interno e 50% no mercado externo.

	Referência	Desvio Padrão	Coef. de Regressão		Elasticidades	
			VPL	TIR	VPL	TIR
Taxa de cambio (0,01 €/R\$)	3,35262	0,448	0,0058	0,0061	45.201	0,30%
Custo da maravalha (R\$)	175	15,07	-0,56	-0,59	-129.741	-0,87%
Preço mercado brasileiro (R\$/t.)	450	26,46	0,39	0,46	51.461	0,39%
Preço de venda FOB (Euro/t.)	145	10,2	0,31	0,36	106.112	0,79%
Distância até o porto (km)	195	76,96	-0,29	-0,35	-13.156	-0,10%
Energia (centavos de R\$/kWh)	0,55	0,077	-0,0014	-0,0021	-63.480	-0,61%
Inflação (%)	6,79%	2,19%	-0,020	-0,030	-31.885	-0,31%
VPL (R\$)		3.491.422,02				
TIR (% a.a.)		22,29%				

Assim, estima-se que para cada Real de aumento no custo da maravalha, terá uma diminuição do VPL de R\$ 129.741 e do TIR de 0,87 % a.a.

Estima-se também que por cada Euro por tonelada de aumento do preço de venda FOB do pellet para exportação terá por consequência um aumento do VPL de R\$ 106.112 e do TIR de 0,79% a.a.. Para cada Real de aumento no preço de venda no mercado brasileiro, terá um impacto positivo de R\$ 30.386 no VPL e no TIR de 0,20% a.a..

Para cada quilômetro a mais de distância da fábrica em relação ao porto de embarque, terá um impacto negativo no VPL de R\$ 13.156 e no TIR de 0,1% a.a.

Se o preço da energia aumenta de 1 centavo (o coeficiente de regressão foi dividido por 100), o VPL diminuirá de R\$ 63.480 e o TIR de 0,61% a.a.. Estima-se que para cada porcentagem de inflação, pode-se prever uma diminuição no VPL de R\$ 31.885, e no TIR de 0,31% a.a.

A figura 25 apresenta os coeficientes de regressão do VPL simulado para uma empresa orientada para o mercado interno. A simulação de Monte Carlo mostra é extremamente dependência da variação do preço de venda no mercado interno na formação do VPL. Cada variação do preço altera fortemente o VPL. O preço da energia que é definido pelo governo também tem um impacto consequente na formação do VPL.

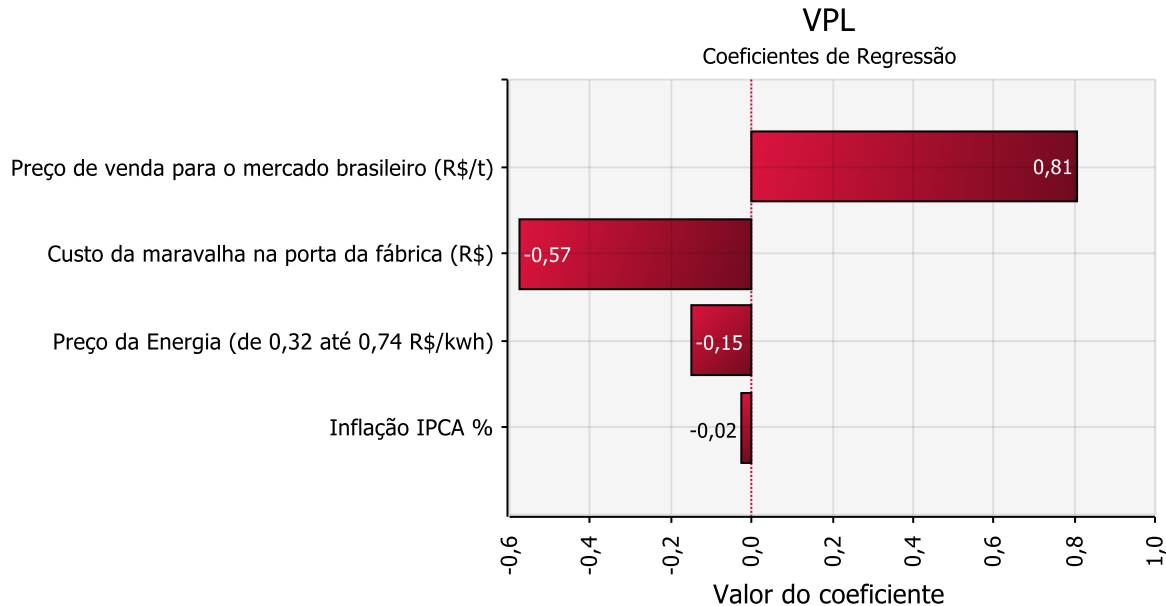


Figura 25: Coeficientes de Regressão do modelo para uma empresa exclusivamente orientada para o mercado interno.

Deve-se ressaltar igualmente a forte influência do preço da matéria prima na formação do VPL e o alto risco que pesa sobre a lucratividade do negócio. Um empresário deve ter em mente que potencialmente será necessário, no futuro, deixar de usar a maravalha para comprar

serragem úmida com o objetivo de diminuir o seu custo de produção, caso o preço da maravalha venha subir.

Mesmo se as taxas de retorno para produzir pellets para o mercado interno e para exportação podem ser próximas, dependendo de um conjunto de fatores, aparece desejável procurar atender esses dois mercados juntos. Isso no objetivo de não depender das oscilações possíveis de preço e de cambio, permitindo dar mais segurança ao investimento ao longo prazo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

A indústria de pellets no Brasil é uma indústria recente e em expansão pelo fato da abertura de novas unidades de produção. O motor principal é a convicção da competitividade do pellet no mercado da energia no Brasil. Se o pellet não está ainda difundido é por falta de conhecimento do consumidor final. Há necessidade de divulgação e ação comercial principalmente frente às indústrias grande consumidores de energia.

A qualidade da produção brasileira de pellets a base de maravalha de pinus esta conforme os padrões internacionais. Se as empresas ainda estão ausentes do mercado externo, é mais pelo fato do “custo Brasil” que pela falta de possibilidades de exportação.

As empresas produtoras de pellets no Brasil são geralmente de pequeno a médio porte, entre 500 e 1800 toneladas geradas por mês. Uma só empresa pode ser considerada de grande porte pelo padrão norte americano. Ela vai produzir mais de 400.000 toneladas anuais de pellets marrões destinados para as termoelétricas europeias. As outras são todas focadas no mercado de pellets branco destinado ao pequeno consumidor.

Se a demanda industrial por pellets vem a crescer, algumas fábricas, que têm suas capacidades produtivas atuais ociosas, poderão orientar-se nesse ramo usando uma matéria prima menos nobre que a maravalha.

O Brasil tem capacidade para aumentar sua produção de pellet de madeira de Pinus que é o mais procurado por suas características técnicas. A matéria prima à base de madeira de Pinus oferece várias vantagens no processo de produção, especialmente a partir da maravalha que é um resíduo seco da indústria madeireira. A tensão sobre o mercado da maravalha vai, normalmente, impor às fábricas de pellets que busquem o provisãoamento de matéria-prima úmida mais barata. Porém, a serragem úmida necessita de um ciclo de preparo específico com maior consumo de energia.

A dificuldade da indústria para controlar os custos em uma conjuntura inflacionária leva as empresas a privilegiarem o mercado de exportação que está, no momento, extremamente favorável por causa do cambio. Mas não se pode negligenciar o mercado interno que deve, nos próximos anos, ver um aumento durável da demanda pela competitividade do pellet comparado às outras fontes de energia. Soluções técnicas para o fornecimento a granel devem

ser privilegiadas porque diminuem o custo final e eliminar o plástico da embalagem na cadeia de produção visando fazer do pellet uma fonte de energia dentre as mais sustentáveis.

6.2 RECOMENDAÇÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Após estudos sobre a evolução do mercado mundial de pellets e da realidade da produção brasileira, aparece a necessidade urgente de pesquisas técnicas sobre torrefacção e pelletização da madeira das diferentes espécies e clones de eucalipto, cultivados no Brasil, como foi realizado nos Estados Unidos sobre os *Eucalyptus Bentharii* e *Eucalyptus Macarthurii* por Pirraglia et al. (2012). O Brasil é um grande produtor de Eucalipto por fim energética (ABRAF, 2012). Algumas dificuldades se apresentam na pelletização da madeira de eucalipto e que podem ser contornadas pela torrefacção:

A pelletização da madeira de eucalipto é difícil por ter um teor baixo de extrativos. O consumo alto de energia. Precisa uso de uma matriz pelletizadora adaptada com furos mais curtos, e uso de um agente ligante (*binder*). O teor de cinza da madeira de eucalipto é alta (próximo a 1%), e conseqüentemente o teor de cinza do pellet produzido é acima do permitido pela norma ENPlus A1 do pellet Premium para uso doméstico.

A torrefacção inicial da madeira de eucalipto reduz o custo energético no processo de pelletização, assim como o custo de transporte da unidade energética porque muitos plantios são distantes dos portos marítimos para o embarque para exportação. Em resumo, a torrefacção permite produzir um pellet industrial diferenciado, com mais valor adicionado, no mercado internacional dos biocombustíveis sólidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB Associação Brasileira das Indústria de Biomassa. Biomassa e Energia renováveis. Curitiba, 2012. Available from: <http://pt.calameo.com/books/0008953904b2d751d9bd1> Access on: 22/11/2014

ABIPEL. Associação Brasileira das Indústrias de Pellets. Pellet Map Brazil 2015. Available from: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zFddmPPUHabc.kIpFUgxvdkWE> Access on 07/09/2015

ABRAF - ASSOCIAÇÃO PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.148p.

ABT, K.L., ABT, R.C., GALIK, C.S., SKOG, K. Effect of Policies on Pellet Production and Forests in the U.S. South: A Technical Document Supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment. USDA forest Service. Southern Research Station, 2014, 20p.

ADEME Mesure des caractéristiques des combustibles bois ADEME - Critt Bois – Fibois – CTBA 2001, 34p.

AHN, B.J., CHANG, H.S., LEE, S.M., CHOI, D.H., CHO, S.T., HAN, G.S., YANG, I. Effect of binders on the durability of wood pellets fabricated from *Larix kaemferi* C. and *Liriodendron tulipifera* L. sawdust. **Renewable Energy** v. 62, p. 18-23, 2014.

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. Available from: http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2010/download_presentations/Alakangas_paper_neu.pdf Access on: 21/02/2015

ALAKANGAS, E.; PAJU, P. Wood pellet in Finland, Technology, economy and market. OPET report 5, Jyväskylä. VTT Processes, 2002, 64pp.

ALAKANGAS, E. ; JUNGINGERB, M.; VAN DAMG, J. ; HINGEC, J. ; KERÄNENA, J. ; OLSSOND, O. ; PORSÖD, C. ; MARTIKAINENE, A. ; RATHBAUERF, J. ; SULZBACHERF, L. ; VESTERINENA, P. ; VINTERBÄCKD, J. Eubionet III—Solutions to biomass trade and market barriers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v.16, p.4277– 4290, 2012

ALMEIDA, L.F.P., SOLA, A.V.H., BEHAINNE, J.J.R. Análise físico-química do produto e processo de pelletização da biomassa bagaço de cana-de-açúcar. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, PR, Brasil, 03 a 05 de Dezembro de 2014.

ANGELO, H., SILVA, J. C., ALMEIDA, A.N., POMPERMAYER, R. D. S. Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 341 - 348, 2014.

APERe – Association pour les Energies Renouvelables. Observatoire des prix de l'énergie. Available from : <http://www.apere.org/observatoire-des-prix>. Access on : 16/10/2015

APIBEL. Tabela com produtores de pellets no Brasil em 2013. Available from: <http://www.abipel.com.br/media/5468/ABIPEL-maio-2013.pdf>. Access on 06/11/2014.

APX-ENDEX Exchange-traded Biomass Products. 2012 Available from: http://www.infobio.ru/sites/default/files/20121206_biomass_apx_endex.pdf Access on: 19/11/2015

ARNOLD, U., YILDIZ Ö. Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach. **Renewable Energy**, v.77, p. 227–239, 2015.

ARSENAULT, J.W. **Les marchés européens et mondiaux**. Apresentação durante a Montreal Wood Convention 2015. Available from: <http://www.quebecwoodexport.com/fr/evenements/307-conference-granules>. Access on 24/08/15

BAILEY, R. Another inconvenient truth: how biofuel policies are deepening poverty and accelerating climate change. *Oxfam Policy Pract Clim Change Resil*, v.4, n°2, pp. 1–58, 2008.

BERTOLO, L.A. Correlação e Regressão. Notas sobre Regressão. Available from: <http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/AnalInvest/NotasSobreRegressao.pdf>.

BIOMASS MAGAZINE. US Pellet Plants List. Available from <http://biomassmagazine.com/plants/listplants/pellet/US/> Access on 19/07/2015.

BRADLEY D. Canada report on bioenergy. IEA Bioenergy Task 40-Biotrade; 2010. Available from: <http://www.bioenergytrade.org/reports/countryreports/canada.html>. Access on: 30/11/2015

BRAND, M. A. Resíduo: fonte de energia. *Revista Referência*, v.87, pp.31-52, 2009.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010, 131p.

BRIDGWATER, A.V., Upgrading biomass fast pyrolysis liquids. **Environmental Progress and Sustainable Energy**. v.31, n.2, 2012.

BRITO, J. O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In Congresso Florestal Panamericano, 1, Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba, Anais...Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993, p.280-282.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. Piracicaba: IPEF, 1979. 7 p. (Circular Técnica IPEF, 52 PBP/3.1.8).

CE, DIRECTIVA 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. Available at: http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_criteria_en.htm Access on: 30/11/2015

CALVACANTES, F., PASSIN, R. (2013) A não correção da depreciação: o efeito sobre o fluxo de caixa. Available from: <http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate445.pdf> Access on: 06/12/2015

CARASCHI, J.C. As indústrias de pellets no Brasil. Available from: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1634&subject=Pellets&title=As%20ind%FAstrias%20de%20pellets%20no%20Brasil. Access on 06/11/2014

CATRON, J., STAINBACK, A., DWIVEDI, P., LHOTKA, J.M. Bioenergy development in Kentucky: A SWOT-ANP analysis. **Forest Policy and Economics**, v. 28, pp.38–43. 2013.

CPET- Central Point of Expertise on Timber. UK Government Timber Procurement Policy. Framework for evaluating Category B evidence, Third edition, July 2010. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/framework-for-evaluating-category-b-evidence>. Access on: 15/10/2015

CHANDRASEKARAN, S., HOPKE, P.K., RECTOR, L., ALLEN, G., LIN, L. Chemical Composition of Wood Chips and Wood Pellets. **Energy Fuels** v. 26, p. 4932–4937, 2012.

CHUM, H., FAAIJ, A., MOREIRA, J., BERNDES, G., DHAMIJA, P., DONG, H., GABRIELLE, B. X., GOSS ENG, A., LUCHT, W., MAPAKO, M., MASERA CERUTTI, O., MCINTYRE, T. C., MINOWA, T., PINGOUD, K., BAIN, R., CHIANG, R., DAWE, D., HEATH, G., JUNGINGER, M., PATEL, M., YANG, J. C., & WARNER, E. (2011). CHAPTER 2, BIOENERGY. IN O. EDENHOFER, R. P. MADRUGA, & Y. SOKONA, ET AL. (EDS.), The IPCC special report of the intergovernmental panel on climate change: Renewable energy sources and climate change mitigation. New York: Cambridge University Press. Available at: http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch02.pdf4

COCCHI, M. Global Wood Pellet Industry Market And Trade Study. IEA Bioenergy. Task 40: Sustainable International Bioenergy Trade. 2011. 190p.

COCCHI, M.; NIKOLAISEN, L.; JUNGINGER, M.; HEINIMÖ, J.; BRADLEY, D.; HESS, R.; JACOBSON, J.; OVAR, L.P.; THRÄN, D.; CHRISTIANE, H.; DEUTMEYER, M.; SCHOUWENBERG, P.P.; MARSHAL, D. Global wood Pellet Industry, market and Trade Study. **IEA Bioenergy, Task 40: Sustainable International Bioenergy trade**. 2011. 190 p.

COELHO, S. T.; MONTEIRO, M. B.; KARNIOL, M. R. Atlas de Bioenergia do Brasil, 2012 – São Paulo, CENBIO, USP, MME. Available from: <http://cenbio.iee.usp.br/download/atlasbiomassa2012.pdf> Access: 19/11/2014:

COMISSÃO EUROPEA. Sumario da análise SWOT. EuopAid. Available from: http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_swo_res_pt.htm. Access on: 23/11/2014

COMMERG. Electronic Trading Platform Product – Pellets. Getting Started Guide v 1.1, 2014, 19p., Available from: [http://www.commerg.com/documents/COMMERG%20Electronic%20Trading%20Platform%20User%20Guide%20-%20Pellets%20\(v2\).pdf](http://www.commerg.com/documents/COMMERG%20Electronic%20Trading%20Platform%20User%20Guide%20-%20Pellets%20(v2).pdf) Access on: 19/11/2015

COMITATO TERMOTECNICO ITALIANO ENERGIA E AMBIENTE – CTI. **A Guide to Biomass Heating Standards.** 24p. 2012 Available from <http://www.forestprogramme.com/tools-resources/guides/> Access on 12/02/2015.

CONSELHO EUROPEU (23 e 24 de outubro de 2014) Conclusões sobre o Quadro de Ação relativo ao Clima e à Energia para 2030. Bruxelas, 10p. Available at: http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/pt/ec/145374.pdf. Access on 12/11/2014

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M.L. da, Rentabilidade e risco de investimento na produção de palmito de Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.). **Cerne, Lavras, v. 16, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2010**

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

DAMEN K. & FAAIJ A., **A life cycle inventory of existing biomass import chains for “green” electricity production.** Utrecht, The Netherlands: Copernicus Institute, Utrecht University. 2003

DEUTMEYER, M. Refining the quality of pellets: the promise of torrefaction. In “Global Wood Pellet Industry Market And Trade Study”. IEA Bioenergy. Task 40: Sustainable International Bioenergy Trade. 2011. 190p.

DOLZAN, P., WALTER, A. Brazilian solid biofuels and the international bioenergy trade: Costs added by logistic barriers versus market prices. 15 th European Biomass Conference, Berlin, 2007. 4p.

DÖRING, S. Power from Pellets: Technology and Application. 2013, 223p.

DRAX, Biomass supply, Drax Group plc, fevereiro 2015, 8p. Available from: <http://www.drax.com/media/56583/biomass-supply-report-2014.pdf>. Access on 24/10/2015

DWIVEDI, P.; ALAVALAPATI, J.R.R. Stakeholders’ perceptions on forest biomass-based bioenergy development in the southern - US Energy Policy, v.37, pp.1999–2007. 2009.

DUHELLE, A.; GUARIGUATA, M.R.; LESS, G; ALBORNOZ, M.A.; CHAVEZ, A Evaluating the opportunities and limitations to multiple use of Brazil nuts and timber in Western Amazonia. **Forest Ecology and Management** v. 268, pp.39-48. 2012.

EDENHOFER, O., ET AL. (Eds.). (2011). IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation . Cambridge/New York: Cambridge University Press.

EMBRAPA AGROENERGIA, Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais / José Manuel Cabral de Sousa Dias ... [et al.]. – Brasília, DF: 2012. 132p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY -EPA, Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies. U. S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership Available from: www.epa.gov/chp/.../biomass_chp_catalog.pdf Access on 15/02/2015.

ENVIVA. Port operation. Available from: <http://www.envivabiomass.com/manufacturing-operations/port-operations/> Access on: 06/12/2015

EPC- EUROPEAN PELLET COUNCIL. Handbook for Certification of Wood Pellets for Heating Purposes. Version 2.0, April 2013, 46p.

ERNSTING, A. A new look at land-grabs in the global south linked to EU biomass policies, report by Biofuelwatch, 2014.: Available at: <http://www.biofuelwatch.org.uk/2014/biomass-landgrabbing-report/> Access on 27/07/2014

FAO. 2012 Global Forest Products Facts and Figures. Available from: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/FactsFigures2012_En.pdf Access: 19/09/2014:

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division. Forestry Production and Trade. Available from: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>. Access on: 16/10/2015

FCBA / AFNOR. Referentiel de certification: NF Biocombustibles solides MQ Cert 12-309. Paris, 27/02/2012. 61pp..

FILBAKK, T.; JIRJIS, R.; NURMI, J.; HOIBO, O. The effect of bark content on quality parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) pellets. Biomass and Bioenergy, v.35, pp. 3342 - 3349. 2011.

FIRJAN. Quanto Custa a energia elétrica para a indústria no Brasil? Available ar <http://www.firjan.com.br/quantocustaenergia/>. Access on: 03/09/2015

FORTSON, D. Rush for biomass plants fires up the price of wood. (Business) Sunday Times (London, England), Sept 11, 2011, p.11

FRIED, J. Do carbon offsets work? The role of forest management in greenhouse gas mitigation. PNW Science Findings, USDA Forest Service, Portland, Oregon. 2013, 5p. Available from: <http://www.pelletheat.org/assets/docs/industry-data/usfs-science-findings.pdf>. Access on: 20/10/2015

FUNDINGUNIVERSE. Potlatch Corporation History. Available from: <http://www.fundinguniverse.com/company-histories/potlatch-corporation-history/> Access on 15/02/2015.

GARCIA, D.P Caracterização química, física e térmica de pellets de madeira produzidos no Brasil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista, faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010. 103p.

GARCIA, D.P. Pellets de madeira: uma questão de competitividade e preço. Revista da Madeira , janeiro 2014, nº 138, 5p. Available at: <http://www.abipel.com.br/media/8511/Pellets-uma-quest%C3%A3o-de-competitividade-e-pre%C3%A7o.pdf> G.f

GARCIA, d.p., CARASHI, J.C., VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. 7º Congresso Internacional de Bioenergia / BioTech Fair. 30/09 – 1/10/2012 SP- BRASIL

GENTIL, L.V.B. Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. DF. 195p. 2008.

GENTIL, L.V.B. Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. DF. 195p. 2008

GOH, C.S., JUNGINGER, M. Sustainable biomass and bioenergy in the Netherlands: Report 2013. Copernicus Institute, Utrecht University, 2013, 87pp.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. **Química Nova**, Vol. 32, No. 3, 582-587, 2009

GHIASI, B., KUMAR, L., FURUBAYASHI, T., LIM, C. J., BIA, X., KIM, C. S., SOKHANSANJA, S. Densified biocoal from woodchips: Is it better to do torrefaction before or after densification? **Applied Energy** v.134, nº1, p133-142, 2014.

GOETZL, A. Developments in the global trade of wood pellets. Office of industries working paper. U.S. International Trade Commission. No. ID-039. 2015, 28p. Available from: http://www.usitc.gov/publications/332/wood_pellets_id-039_final.pdf. Access on: 24/10/2015

GUJARATI, D. **Econometria básica**. Rio de janeiro, Ed. Elsevier, 2006, 812p.

HADDAD, M.F.C. Análise sobre variação da taxa referencial da economia nacional. **Future Studies Research Journal**, v. 4, n. 1, pp. 140 - 158, 2012.

HALL, J.P. Sustainable production of woody biomass for energy. In: XII World Forestry Congress, 2003. Quebec City, Canada. Proceedings online... Available from: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/0077-A1.HTM#P10_167>. Access on: 25 Nov. 2009.

HAN, GYU-SEONG Wood Pellet Production and Trade in South Korea. Joint Workshop : IEA Bioenergy T40 / ERIA Tsukuba, Japan, 28-30 October 2009. Available from: <http://www.bioenergytrade.org/downloads/tsukuba15hanwoodpelletproductionandtradeinsout.pdf>

HANSON, C. The Advance of the Austrian Pellet Boilers. **Biomass Magazine**, 25 June, 2014

HÄRTL, F.; KNOKE, T. The influence of the oil price on timber supply. **Forest Policy and Economics** v.39, p.32–42, 2014.

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

HEINIMÖ, J., JUNGINGER, M. Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status. **Biomass and Bioenergy** v. 33, n° 9, p. 1310–1320, 2009.

HENESSY, W. **Review of Wood fuel Testing Standards**. EECA / CRL Energy Ltd. 33p. 2010 Available from: <http://www.eeca.govt.nz/resource/review-wood-fuel-testing-standards>. Access on 29/07/2015.

HILLRING, B. World trade in forest products and wood fuel. **Biomass and Bioenergy** v. 30, n° 10, p. 815–825, 2006

HILLRING, B. Price formation on the Swedish woodfuel market. **Biomass and Bioenergy** v. 17, n°6, p. 445-454, 1999

HINRICHS, R.A., KLEIBACH, M., REIS, L.B.D. **Energia e Meio ambiente**. São Paulo: Cenage Learning. 2010. 708p.

HOEFNAGELS, R., JUNGINGER, M., FAAIJ, A. The economic potential of wood pellet production from alternative, low-value wood sources in the southeast of the U.S. **Biomass and Bioenergy** v. 71, p. 443–454, 2014

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**. V. 2014, Article ID 654158, 14 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/654158>

IBGE – SIDRA – **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2013**. Available from: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp?o=29&i=P> Access on 07/09/2015

ICC. International Chamber of Commerce. Incoterms 2010 Q & A. Available at: <http://www.iccwbo.org/products-and-services/trade-facilitation/incoterms-2010/> Access on: 20/11/2015

IGNATENKO, T. "Modern standards (ISO EN 17225) and quality classes of solid biofuels from oil-seed and crop residues" JRC Workshop, Kyiv, Ukraine, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Working group I: contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Available from: <http://www.climatechange2013.org/report/summary-volume-translations/> Access on: 22/02/2015.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

JEFFERS, R. F. JACOBSON, J. J., SEARCY, E. M. Dynamic analysis of policy drivers for bioenergy commodity markets. **Energy Policy**. v. 52, p.249–263, 2013.

JOHNSON, F. X., PACINI, H., SMEETS, E. 2012. Transformations in EU biofuels markets under the Renewable Energy Directive and the implications for land use, trade and forests. Occasional Paper 78. CIFOR, Bogor, Indonesia.

JUNGINGER, M. BOLKESJO, T. BRADLEY, D. DOLZAN, P. FAAIJ, A. HEINIMO, J. HEKTOR, B. LEISTAD, O. LING, E. PERRY, M. Developments in international bioenergy trade. **Biomass and Bioenergy**, v.32, p. 717–729. 2008

JÜRGENSEN, C., KOLLERT, W., LEBEDYS, A. Assessment of industrial roundwood production from planted forests. FAO Planted Forests and Trees Working Paper FP/48/E. Rome. 2014.. Available at <http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en/>

KALIYAN, N., MOREY, V. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.337-359, 2009.

KALLIO, A.M.I., MOISEYEV, A., SOLBERG, B., The Global Forest Sector Model EFI-GTM - The Model Structure. European Forest Institute. Internal report N°15. 24p. 2004

KANGAS, J., KURTTILA, M., KAJANUS, M., KANGAS, A. Evaluating the management strategies of a forestland estate—the S-O-S approach. **Journal of Environmental Management**. v. 69, p. 349–358, 2003.

KISLER, M., SCHMIDL, C., PADOUVAS, E., GIEBL, H., LOHNINGER, J., ELLINGER, R., BAUER, H. E PUXBAUM, H. Odor, gaseous and PM10 emissions from small scale combustion of wood types indigenous to Central Europe. *Atmospheric Environment*, V. 51, P. 86–93, 2012.

KIM, M. S., BRUNSFELD, S. J., MCDONALD, G. I., KLOPFENSTEIN, N. B. Effect of white pine blister rust (*Cronartium ribicola*) and rust-resistance breeding on genetic variation in western white pine (*Pinus monticola*). **Theoretical and Applied Genetics**, v.106, n°6, 2003.

KOFMAN, P.D. The production of woof pellets. COFORD, Dublin, 2007, 6p. Available from: http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/ccnpellet_production.pdf. Access on 06/11/2015

KOFMAN, P.D. Simple ways to check wood pellet quality. Bioenergy News, SEI REIO, Winter 2006-2007, p8-9.

KOJIMA, K. Overview of wood pellet production and raw material in Japan. IEA Bioenergy Task40/ERIA workshop, 2009. AIST, Tsukuba. Available from: <http://www.bioenergytrade.org/downloads/tsukuba13kojimaoverviewofwoodpelletproductiona.pdf>

KOVALČÍK, M., MÜHLBERG, C., OBERWIMMER, R., PRETTERHOFER, E., FELIX, C., GABATHULER, M., HOLTKÄMPER, V., KIES, U., SOLOVIY, I., PAHL, I., Swot strategies for forestry logistics in six european regions. **Lesnícky časopis - Forestry Journal**, v. 59, n°2, p.130–138

KRANZL, L., KALT, G., DIESENREITER, F., SCHMID, E., STÜRMER, B. Does bioenergy contribute to more stable energy prices? In: Tenth IAEE European conference on energy, policies and technologies for sustainable economics; 2009, p. 7-10

KRISTÖFEL, C., STRASSER C., MORAWETZ, U.B., SCHMIDT, J., SCHMID, E. Analysis of woody biomass commodity price volatility in Austria. **Biomass and Bioenergy**. v.65, p.112-124, 2014.

KUMAR, A, CAMERON, J. b., FLYNN, P.C. Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. **Biomass and Bioenergy**, v.24 p. 445 – 464, 2003

KURTTILA, M.; PESONEN, M. ; KANGAS, J. ; KAJANUS, M. Utilizing the analytic hierarchy process _AHP. in SWOT analysis: a hybrid method and its application to a forest-certification case. **Forest Policy and Economics**, v 1, p. 41-52. 2000.

LAMBERT, F.M. ; ROHFRITSCH, S. La biomasse au service du développement durable. Rapport d'information parlementaire. Assemblée Nationale. Paris. 2014. 117 p.

LAMERS, P., JUNGINGER, M., HAMELINCK, C., FAAIJ, A. Developments in international solid biofuel trade – An analysis of volumes, policies, and market factors. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p. 3176– 3199, 2012.

LAURI, P., HAVLÍK, P., KINDERMANN, G., BÖTTCHER, H., OBERSTEINER, M. Woody biomass energy potential in 2050. **Energy Policy**. v.66. p.19–31, 2014.

- LEHMANN, B., SCHRÖDER, H.W., WOLLENBERG, R., REPKE, J.U. Effect of *Miscanthus* addition and different grinding processes on the quality of wood pellets. **Biomass and Bioenergy**, v.44, p.150-159, 2012.
- LI, Y., LIU, H. High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. **Biomass and Bioenergy**, v.19, p. 177-186, 2000.
- LI, H., LIU, X., LEGROS, R., BI, X. T., LIM, C. J., SOKHANSANJ, S. Pelletization of torrefied sawdust and properties of torrefied pellets. **Applied Energy**. v. 93, p.680–685, 2012.
- LIU, Z., JIANG, Z., CAI, Z., FEI, B., YU, Y., LIU, X. Effects of carbonization conditions on properties of bamboo pellets. *Renewable Energy*, v. 51, p. 1-6, 2013.
- LIU, T.T.; MCCONKEY, B.G.; MA, Z.Y., LIU, Z.G.; LI, X.; CHENG, L.L.Strengths, Weaknessness, Opportunities and Threats Analysis of Bioenergy Production on Marginal Land. *Energy Procedia* 5 p.2378–2386, 2011
- LUPP, G., STEINHÄÜBERB, R., BASTIAN, O., SYRB, R.U. Impacts of increasing bioenergy use on ecosystem services on nature and society exemplified in the German district of Görlitz. **Biomass and Bioenergy**. v.83, p. 131-140, 2015
- LÜSCHEN, A., MADLENER,R. Economic viability of biomass co-firing in new hard-coal power plants in Germany. **Biomass and Bioenergy**. v. 57, p. 33-47, 2013
- MALTSOGLOU, I., KOJAKOVIC, A., RINCÓN, L.E., FELIX, E., BRANCA, G., VALLE, S., GIANVENUTI, A., ROSSI, A., THULSTRUP, A., THOFERN, H. Combining bioenergy and food security: An approach and rapid appraisal to guide bioenergy policy formulation. **Biomass and Bioenergy**. v.79, p. 80–95, 2015
- MANDELL, B., LANG, A.H., Update and Context for U.S. Wood Bioenergy Markets. Forisk Consulting. 2013, 15p. Available from: http://www.theusipa.org/Documents/NAFO-US_Bioenergy_Markets-FINAL-201306261.PDF. Access on: 05/10/2015
- MANI, S., SOKHANSANJ, S., BI, X., TURHOLLOW, A. Economics of producing fuel pellets from biomass. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n.3, p. 421-426, 2006.
- MANI, S., TABIL, L.G., SOKHANSANJ, S. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, p. 648–654, 2006
- MANZANO-AGUGLIARO, F.; ALCAYDE, A.; MONTOYA, F.G.; ZAPATA-SIERRA, A.; GILL, C.. Scientific production of renewable energies worldwide: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, p.134–143. 2013.

MARCHAL, D., VAN STAPPEN, F., SCHENKEL, Y. Critères et indicateurs de production « durable » des biocombustibles solides: état des lieux et recommandations. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* v.13, n° 1, p. 165-176, 2009.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE. RF-Base de données Pégasse. Available from :http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energieclimat/r/industrie.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=21083&cHash=fb5b458ff78e44f761db201e5f4a2641 Access on 02/09/2015.

MOBINI, M., MEYER, J. C., TRIPPE, F., SOWLATI, T., FRÖHLING, M., SCHULTMANN, M.. Assessing the integration of torrefaction into wood pellet production. **Journal of Cleaner Production** v.78, p. 216-225, 2014.

MOISEYEV, A., SOLBERG, A., KALLIO, A.M.I., LINDNER, M. An economic analysis of the potential contribution of forest biomass to the EU RES target and its implications for the EU forest industries. **Journal of Forest Economics**, v.17, p. 197–213. 2011.

MOISEYEV, A., SOLBERG, B., KALLIO A.M.I. Wood biomass use for energy in Europe under different assumptions of coal, gas and CO2 emission prices and market conditions. **Journal of Forest Economics** v.19, p. 432–449, 2013.

MORAIS, I.A.C., PORTUGAL, L.S. Modelagem e previsão de volatilidade determinística e estocástica para a série do Ibovespa. **Estudos econômicos**, Publicação trimestral do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.- São Paulo, ISSN 0101-4161, ZDB-ID 8606572. - Vol. 29.1999, 3, p. 303-341

MOULIN, J. C., ARANTES, M. D. C., GONÇALVES, F. G., PAES, J. B., BARAÚNA, E. E. P., ROSA, R. A. Avaliação energética da maravalha gerada em uma serraria de pequeno porte. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 2, n. 2: pp. 16-22, 2011

MURAY, G. WPAC – Korea coming back? Working to re-establish the South Korea pellet market – in Canadian Biomass, 2015. Available from: <http://www.canadianbiomassmagazine.ca/pellets/wpac---korea-coming-back-5349#sthash.gm8B06fD.dpuf> Access on: 16/10/2015

MURRAY, G. Pellet Trading. Wood Pellet Association of Canada. Available from: <http://www.pellet.org/wpac-news/pellet-trading>. Access on: 01/12/2014

NARODOSLAWSKY, M. Structural prospects and challenges for bio commodity processes. **Food Technology and Biotechnology**. v.48, n.3, p. 270-275, 2010.

NEVES, T. A.. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalyptus cultivados no sul de minas gerais. Dissertação de Mestrado. UFL Lavras, 2012

NIELSEN, N. P. K., GARDNER, D.J., FELBY, C. Effect of extractives and storage on the pelletizing process of sawdust. **Fuel** v. 89, p. 94–98, 2010

NILSSON, D., BERNESSON, S., HANSSON, P. Pellet production from agricultural raw materials: A systems study. **Biomass e Bioenergy**, v. 35, p. 679-689, 2011.

NORRIS, K. (April 2011). Logistics support vital for US wood pellets exports to Europe. Disponível em : <http://www.risiinfo.com/techchannels/transportation/Logistics-support-vital-for-US-wood-pellets-exports-to-Europe.html> Access on: 06/12/2015

NORONHA, J. F. Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

OBERNBERGER I, THEK G. The pellet handbook. The production and thermal utilization of biomass pellets. London, Washington DC: Earthscan; 2010.

OPALCO. Whitfield, J. BIO. 2014. Available at: www.opalco.com/docs/jerry-whitfield-bio-2014/ Access on: 28/07/2015

PALISADE. 2015. A simulação de Monte Carlo. Available from: http://www.palisade-br.com/risk/monte_carlo_simulation.asp Access on 07/09/2015

PALISADE. 2015. 7.7. Interpreting Regression Coefficients in Tornado Graphs. Available from: <http://kb.palisade.com/index.php?pg=kb.page&id=138> Access on 13/09/2015

PALMA, M.A., RICHARDSON, J.W., ROBERSON, B.E., RIBERA,L.A., MUNSTER, C. Economic Feasibility of a Mobile Fast Pyrolysis System for Sustainable Bio-crude Oil Production. **International Food and Agribusiness Management Review**. v. 14, n. 3, 2011

PELLETS@LAS (2009a) **Advancement of pellets-related European standards**. WIP Renewable Energies. Available from: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/pelletslas_pellet_standards.pdf. Access on: 07/02/2015.

PELLETS@LAS. (2009b). Logistic management of wood pellets: Data collection on transportation, storage and delivery management. Available from: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/pelletslas_pellet_logistics_data.pdf . Access on: 06/12/2015

PELLET FUEL INSTITUTE – PFI, **Pellet Fuels Institute Residential/Commercial Densified Fuel QA/QC Handbook**. June 2011. Available from: <http://www.pelletheat.org/assets/docs/qa-qc-handbook-november-2011.pdf> Access in: 06/02/2015.

PELLET FUEL INSTITUTE , PFI Standards Program News, September 02, 2015. Available from : https://pellet.memberclicks.net/index.php?option=com_lyftenbloggie&view=entry&year=2015&month=09&day=01&id=19:pfi-standards-program-news Access on: 21/10/2015

- PEREIRA, L.G., DIAS, MO.S., MACLEAN, H.L., BONOMI, A. Investigation of uncertainties associated with the production of N-butanol through ethanol catalysis in sugarcane biorefineries. **Bioresource Technology**, v.190, p.242–250, 2015
- PINEL, J. **La filière pellets en France**: Une filière à structurer dans un contexte d'internationalisation rapide du marché. E-CUBE strategy consultants. Paris, 2013, 12p.
- PIRRAGLIA, A., GONZALEZ, R., & SALONI, D. Techno-economical analysis of wood pellets production for US Manufacturers. **BioResources**, v.5, n°4, p.2374-2390, 2010.
- PIRRAGLIA, A., GONZALEZ, R., SALONI, D., WRIGHT, J., DENIG, J. Fuel properties and suitability of *Eucalyptus Bentharii* and *Eucalyptus Macarthurii* for torrefied wood and pellets. **BioResources**. v. 7, n. 1, p. 217-235, 2012.
- PIRRAGLIA, A., GONZALEZ, R., SALONI, D., DENIG, J. Technical and economic assessment for the production of torrefied lignocellulosic biomass pellets in the US. **Energy Conversion and Management**. v. 66, p.153–164, 2013.
- POULIQUEN, L.Y. Risk Analysis in Project Analysis. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1970. 91p.
- PORTZ, T. Investing Upstream, UK's Drax Group pushes to bring two production facilities and a pellet terminal online in 2015. **Biomass magazine**. September 12, 2014 . Access from : <http://biomassmagazine.com/articles/10909/investing-upstream>
- POULIQUEN, L. Y. "Risk analysis in project appraisal." World Bank Staff Occasional Papers, International Bank for Reconstruction and Development, The John Hopkins University Press. 1970, 91p.
- PÖYRY, **Pöyry view point, Global market, players and trade to 2020**. Available from: <http://www.poyry.co.uk/sites/www.poyry.co.uk/files/110.pdf>. Access on 29/07/2015
- QIAN, Y, MCDOW, W. The Wood Pellet Value Chain - An economic analysis of the wood pellet supply chain from the Southeast United States to European Consumers. The US Endowment for Forestry and Communities. 2013, 59p.
- RAGU, D. Biosyl démarre sa production de granulés de bois dans la Nièvre. L'usine Nouvelle, 14/01/2014. Available from : <http://www.usinenouvelle.com/article/biosyl-demarre-sa-production-de-granules-de-bois-dans-la-nievre.N231662>. Access on: 22/10/2015
- RAHMAN, A., ATAN, M.F., LOW, C.M., BAINI, R., MAT, C., SALLEH, S.F. Study on the Potential of Pelletisation of Empty Fruit Bunch with Sago as Binding Agent for Power Generation. **European International Journal of Science and Technology**. v. 2, n. 2, 2013
- RAKOS, C. ARGUS Q et A: European Pellet Council. In: Argus Biomass Markets, weekly biomass market news and analysis. Issue 15-002, 2015, 15p.

- 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 em Agro-energia). FGV-EESP, São Paulo, 2013. 165p
- RAUCH, P. SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperation's in Austria. **European Journal Forest Research** v. 126, p.413–420, 2007.
- REN21 2014. Renewables 2014 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. 178p.
- RESOMASS La nouvelle logique énergétique. 2013. Available from :<http://www.resomass.com/fr/> Access on 22/03/2015.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Análise econômica e social de projetos florestais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 389p
- REZENDE, M.L., RICHARDSON, J.W. Economic feasibility of sugar and ethanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, v.138, p. 77-87, 2015.
- RICHARDSON, J. W., HERBST, B. K., OUTLAW, J. L., GILL, R. C. Including Risk in Economic Feasibility Analyses: The Case of Ethanol Production in Texas. **Journal of Agribusiness** v.25,n.2, p.115-132, 2007
- RINKE, G. **Pellet safety for “everyone”** “Workshop on Pellet Safety. Results and Main Lines of Action”. European Pellet Council c/o AEBIOM. May 2014 Fügen, Austria
- ROBERTS, K. G., GLOY, B. A., JOSEPH, S., SCOTT, N. R., LEHMANN, J. Life Cycle Assessment of Biochar Systems: Estimating the Energetic, Economic, and Climate Change Potential. **Environ. Sci. Technol.**, v.44, n.2, pp 827–833, 2010.
- RÖDER, M., WHITTAKER, .C., THORNLEY, P. How certain are greenhouse gas reductions from bioenergy? Life cycle assessment and uncertainty analysis of wood pellet-to-electricity supply chains from forest residues. **Biomass and Bioenergy**. v. 79, p 50-63, 2015.
- ROOS, J. A., RACKLEY, A.M. The Asian Wood Pellet Markets. Department of Agriculture of United States. Forest Service. Pacific Northwest Research Station. General Technical Report. 2012, PNW-GTR-861. 2012. 32 p.
- ROSA, R. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. DE P.; MOULIN, J. C.. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. **J. Biotec. Biodivers.** v. 3, n.2, p. 41-48, 2012
- RUNGE, F., SENAUER, B. **How Biofuels Could Starve the Poor**. From Foreign Affairs, May/June 2007 Available from: <http://www.foreignaffairs.com/articles/62609/c-ford-runge-and-benjamin-senaUER/how-biofuels-could-starve-the-poor> Access on 28/07/2015.

- RYCKMANS, Y. **Sustainability principles as proposed by Initiative Wood Pellets Buyers**. Biomass and Waste Competence Centre. 2012 Available from: http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2012/01/Proposal-of-sustainability-criteria-for-pellets_Yves-Ryckmans_Laborelec26Jan2012.pdf. Access on: 28/11/2015
- SAIKKONEN, L., OLLIKAINEN, M., LANKOSKI, J. Imported palm oil for biofuels in the EU: Profitability, greenhouse gas emissions and social welfare effects. **Biomass and Bioenergy**. v. 68, p. 7–23, 2014.
- SCHMIDT, J., LEDUC, S., DOTZAUER, E., KINDERMANN, G., SCHMID, E. Potentials for biomass fired combined heat and power plants considering the spatial distribution of biomass supply and heat demand: an austrian case study. *International Journal of Energy Research*, v. 34, p. 970-985, 2010.
- SCHUBERT, R., SCHELLNHUBER, H.J., BUCHMANN, N., EPINEY, A., GRIEBHAMMER, R., KULESSA, M., MESSNER, D., RAHMSTORF, S., SCHMID, J., **Future bioenergy and sustainable land use**. Earthscan, Sterling, VA. 2010. 393pp.
- SCHOUWENBERG, P.P. Transforming wood pellets into a global commodity. . In “Global Wood Pellet Industry Market And Trade Study”. IEA Bioenergy. Task 40: Sustainable International Bioenergy Trade. 2011. 190p.
- SERENO, D. M. C. Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Pólo Florestal da Região Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. 104p. 2009
- SHANG, L., NIELSEN, N. P. K., DAHL, J., STELTE, W., AHRENFELDT, J., HOLM, J. K., THOMSEN, T., HENRIKSEN, U. B. Quality effects caused by torrefaction of pellets made from Scots pine. **Fuel Processing Technology**, v.101, p. 23–28. 2012.
- SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. L. Economia florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 178p.
- SKLAR, T. Torrefied Wood, A Bio-Energy Option That Is Ready to Go”: A Biomass Digest Special Report. Available at: <http://biomassdigest.net/blog/2009/12/31/torrefied-wood-a-bio-energy-option-that-is-ready-to-go-a-biomass-digest-special-report/> Access on: 14/11/2015
- SNIF. Serviço Nacional de Informações Florestais. Available from: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao>. Access on: 06/11/2015
- SOARES, V.S., BIANCHI, M.L., TRUGILHO, P. F., PEREIRA, A.J, HÖFLER, J. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, v.38, n.3, p.543-549, 2014

SOLVAY. Torrefied Wood Pellets. Solvay Biomass Energy. Available from: <http://solvaybiomassenergy.com/our-products/torrefied-wood-pellets/> Access on: 14/11/2015

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** v. 15, n. 6, p. 2756–2765, 2011.

SPINNEY, P. J., WATKINS G. C. L Monte Carlo simulation techniques and electric utility resource decisions. **Energy Policy** v. 24, n. 2, p. 155–163, 1996.

STOEGLEHNER, G., NARODOSLAWSKY, M. How sustainable are biofuels? Answers and further questions arising from an ecological footprint perspective. **Bioresource Technology**. v.100, n°16, p. 3825–3830. 2009.

SULTANA, A., KUMAR, A., HARFIELD, D. Development of agri-pellet production cost and optimum size. **Bioresource Technology** v. 101, p. 5609–5621, 2010

TARASOV, D., SHAHI, C., LEITCH, M. Effect of Additives on Wood Pellet Physical and Thermal Characteristics: A Review. **ISRN Forestry**, v. 2013, ID 876939, 6 p.

THEK, G., OBERNBERGER, I. Wood pellet production costs under Austrian framework conditions. In: **Proceedings of the 17th European Biomass Conference & Exhibition**, June/July 2009, Hamburg, Germany, p. 21992137, ETA Renewable Energies (Ed). Italy.

TRØMBORG, E., RANTA, T., SCHWEINLE, J., SOLBERG, B., SKJEVRAK, G., TIFFANY, D. Economic sustainability for wood pellets production - A comparative study between Finland, Germany, Norway, Sweden and the US. **Biomass & Bioenergy**. v. 57, p. 68-77. 2013.

TROSSERO, M.A. Wood energy: the way ahead. **Unasylva**, 53(211):3–12, 2002.

Uasuf, A., Becker, G. Wood pellets production costs and energy consumption under different framework conditions in Northeast Argentina. **Biomass & Bioenergy**. v. 35, p. 1357-1366. 2011.

UHLIG, A. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo. 2008, 124p.

URBANOWSKI, E. Strategic analysis of a pellet fuel opportunity in Northwest British Columbia. Master of Business Administration. Simon Fraser University. Burnaby, BC, Canada. 94p. 2005.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY Multi Year Program Plan - Bioenergy technologies office, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Washington, DC, 2014, 214p.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY Annual Energy Outlook 2014, With Projections to 2040 U.S. Energy Information Administration Office of Integrated and International Energy Analysis, Washington, DC, 2014

VERHOEST, C., RYCKMANS, Y. Industrial Wood Pellets Report. PELLCERT, 2012, 30p.

VINTERBÄCK, J., PORSÖ, C. EUBIONET 3, WP3 Wood Fuel Price Statistics In Europe. D 3.3. Uppsala, 2011, 26p.

WALTER, A., DOLZAN, P. Country Report: Brazil – Task 40 – Sustainable Bio-energy Trade; securing Supply and Demand. Universidade de Campinas – UNICAMP. 60p. 2011

WIHERSAARI M, AGAR D, KALLIO M. Scenario analysis of fuel-pellet production –the influence of torrefaction on material flows and energy balances. Uppsala, Sweden; 23–24 September 2009. Available from: <http://www.innovawood.com/Portals/0/documents/Margareta%20Wihersaari.pdf> . Access on: 04/10/2015

WILLUMSEN, K. Import of wood chips from non-European countries - need for a common PRA? Presentation at Nordic-Baltic plant health meeting in Finland 2010. Norwegian Food Safety Authority. http://www.evira.fi/files/attachments/en/evira/events/nordic_baltic_plant_health_forum_2010/kw_nor_import_of_wood_chips_from_non-european_countries.pdf Access on: 28/07/2015

WHATWOOD. Vyborg LK suspended production of pellet. Available from: <http://whatwood.ru/english/vyborg-lk-suspended-production-of-pellets/> Access on: 24/10/2015

WHITFIELD, J. 2012. Getting the Biochar Industry up to Speed: What Can We Learn from the Pellet Business? Available at: <http://www.biochar-international.org/gettingthebiocharindustryuptospeed>. Access on: 28/07/2015

WOLF, A., VIDLUND, A., ANDERSSON, E.. Energy-efficient pellet production in the forest industry - a study of obstacles and success factors. **Biomass and Bioenergy**. v.30, n. 1. p.38-45, 2006.

WONG, P., BREDEHOEFT, G. U.S. Wood pellet exports double in 2013 in response to growing European demand. Today in Energy, May 22, 2014. EIA US Energy information Administration. Available at: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=16391&src=email>. Access on 18/11/2014

WORD BANK, 2013, Investment Project Financing Economic Analysis Guidance Note. 2013, Available from: http://siteresources.worldbank.org/PROJECTS/Resources/40940-1365611011935/Guidance_Note_Additional_Financing.pdf. Access on 29/11/2015

WU, M.R.; SCHOTT, D.L.; LODEWIJKS, G. Physical properties of solid biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n° 5, p. 2093–2105, 2011

WYNN, G. Analysis: Wood fuel poised to be next global commodity. *Green Business*. Reuter19/05/2011. London. Available from: <http://www.reuters.com/article/2011/05/19/us-energy-biomass-commodity-idUSTRE74I3NK20110519>. Access on 15/10/2015

YEMSHANOV, D., MCKENNEY, D.W., FRALEIGH, S., MCCONKEY, B., HUFFMAN, T., SMITH, S. Cost estimates of post harvest forest biomass supply for Canada. **Biomass and Bioenergy** n° 69, p. 80-94, 2014

YUKSEL, I.; DAGDEVIREN, M. Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm. **Information Sciences**, v.177, p.3364–3382, 2007.

Z H A N G, Y.; M C K E C H N I E, J.; C O R M I E R, D.; L Y N G, R.; M A B E E, W.; O G I N O, A.; M A C L E A N, H. Life Cycle Emissions and Cost of Producing Electricity from Coal, Natural Gas, and Wood Pellets in Ontario, Canada. **Environ. Sci. Technol.**, n°44, p. 538–544, 2010

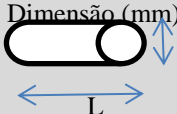
ZHANG, D., PEARSE, P.H. **Forest Economics**. UBC Press, 2011, 390p.

ZWART, R., BOERRIGER, H., VAN DER DRIFT, A. The impact of biomass pre-treatment on the feasibility of overseas biomass conversion to Fischer-Tropsch products. **Energy Fuels**, v.20, p.2192-2197, 2006

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 27: Exigências da norma francesa NF EN14961-2 (Adaptado a partir do Referencial de Certificação FCBA/AFNOR - MQ CERT 12-309).

Características/ Categorias	Madeira de qualidade de Alto desempenho.	Madeira de qualidade Standard	Madeira de qualidade industrial	Agro qualidade de Alto desempenho	Agro qualidade Industrial
Origem madeira prima	Lenhosa	Lenhosa	Lenhosa	Herbácea, frutífera e/ou lenhosa.	Herbácea, frutífera e/ou lenhosa.
 Dimensão (mm) D L	D = 6 mm ± 1 mm L de 3,15 mm até 40 mm	D = 6 a 8 mm ± 1 mm L de 3,15 mm até 40 mm	D = 6 mm até 16 mm L de 3,15 mm até 40 mm	D = 6 até 8 mm ± 1 mm L de 3,15 mm até 40 mm	D = 6 até 16 mm ± 1 mm L de 3,15 mm até 40 mm
Teor de Umidade (%)	≤ 10 %	≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 11 %	≤ 15 %
Poder calorífico Inferior PCI (MJ/kg)	≥ 16,5	≥ 16,5	≥ 15,4	≥ 15,8	≥ 14,9
PCI em kWh/kg (por informação)	≥ 4,6	≥ 4,6	≥ 4,3	≥ 4,4	≥ 4,1
Durabilidade Mecânica (% de massa de pellets após ensaio)	≥ 97,5 %	≥ 97,5 %	≥ 95 %	≥ 95 %	≥ 92 %
Massa volúmica aparente (Densidade a granel, kg/m ³)	≥ 600	≥ 600	≥ 650	≥ 650	≥ 650
Quantidade de finos (% da massa < 3,15 mm) no carregamento ou no condicionamento	≤ 1 %	≤ 1 %	≤ 3 %	≤ 2 %	≤ 3 %
Teor de cinza (% da massa do produto seco)	≤ 0,7 %	≤ 1,5 %	≤ 3 %	≤ 5 %	≤ 7 %
Cloro, Cl (% da massa do produto seco)	≤ 0,02 %	≤ 0,02 %	≤ 0,05 %	≤ 0,2 %	≤ 0,3 %
Nitrogênio (% da massa do produto seco)	≤ 0,3 %	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %	≤ 1,5 %	≤ 2 %
Enxofre, S (% da massa do produto seco)	≤ 0,03 %	≤ 0,03 %	≤ 0,08 %	≤ 0,2 %	≤ 0,2 %

ANEXO 2

Tabela 28: Normas estabelecidas pelo "Pellet Fuel Institute" - EUA (Adaptado de PFI, 2011)

Propriedade	Classe Premium	Classe Standard	Classe Utilitária
Informações normativas - Obrigatórias			
Densidade a granel (lbs/ft ³)	40,0 – 46,0	38,0 – 46,0	38,0 – 46,0
Diâmetro (polegadas)	0,230 – 0,285	0,230 – 0,285	0,230 – 0,285
Diâmetro (mm)	5,84 – 7,25	5,84 – 7,25	5,84 – 7,25
Índice de durabilidade	≥ 96,5	≥ 95,0	≥ 95,0
Porcentagem de Finos	≤ 1,00	≤ 1,00	≤ 1,00
Porcentagem de cinzas	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 6,00
Cumprimento (% > 1,5 polegada)	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
% de Umidade (base Úmida)	≤ 6,0	≤ 10,0	≤ 10,0
Cloro (ppm)	≤ 300	≤ 300	≤ 300
Informações não obrigatórias.			
Poder calorífico	NA	NA	NA
Fusão das cinzas	NA	NA	NA

Tabela 29: Correspondências entre unidades energéticas encontradas na comercialização dos pellets.

	J/g	Kcal/kg	kWh/tonelada	BTU/lb
J/g	1	0,24	0,278	0,43
Kcal/kg	4,18	1	1,161	1,8
kWh/tonelada	3,6	0,86	1	1,547
BTU/lb	2,326	0,555	0,646	1

ANEXO 3

Tabela 30: Parâmetros mais importantes da norma europeia ENplus com seus respectivos valores limites (Adaptado de European Pellet Council - ANPEB, 2012).

Propriedade	Unidade	ENplus - A1	ENplus – A2	EM - B	Norma de ensaio
Diâmetro	mm	6 ou 8			EN 16127
Comprimento	mm	$3,15 \leq L \leq 40$			EN 16127
Umidade	w -%	≤ 10			EN 14774-1
Teor de cinza	w -%	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$	EN 14775 (550°)
Durabilidade Mecânica	w -%	$\geq 97,5$		$\geq 96,5$	EN 14210-1
Finos (<3,15 mm)	w -%	< 1			EN 14210-1
Poder Calorífico	MJ/kg	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$	EN 14918
Densidade Aparente (a Granel)	Kg/m ³	≥ 600			EN 15103
Nitrogênio	w -%	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	EN 15104
Enxofre	w -%	$\leq 0,03$		$\leq 0,04$	EN 15289
Cloro	w -%	$\leq 0,02$		$\leq 0,03$	EN 15289
Comportamento de fusão de cinzas	C°	≥ 1200	≥ 1100		EN 15310

ANEXO 4 : SPECIFICAÇÕES PARA PELLETS INDUSTRIAIS DA NORMA EUROPEIA.

WOOD PELLETS SPECIFICATIONS		19-12-2012	Initiative Wood Pellets Buyers: Industrial wood pellets specifications						
PARAMETERS AND REJECTION LIMITS	Units	Standard	I1 industrial		I2 industrial		I3 industrial		performed by ¹
Origin and source	Only accepted	EN 14961-1	1.1 Forest, plantation and other virgin wood, 1.2.1 chemically untreated wood residues		1.1 Forest, plantation and other virgin wood, 1.2.1 chemically untreated wood residues		1.1 Forest, plantation and other virgin wood, 1.2.1 chemically untreated wood residues		declared by seller
		OFGEM	sustainability proven for UK		sustainability proven for UK		sustainability proven for UK		proven by seller
Additives (composition, mass)	weight% ar	EN 14961-1	< 3% additives ⁴		< 3% additives ⁴		< 3% additives ⁴		declared by seller
Sampling		EN 14778							insp
Sample preparation		EN 14780							insp & lab
Quality check									insp
No water damage ²			None		None		None		insp
No burned/charred pellets ³			None		None		None		insp
Physical parameters			Limit	Tolerance	Limit	Tolerance	Limit	Tolerance	
Diameter	mm	EN 16127	6 to 8	within range	6 to 10	within range	6 to 12	within range	insp & lab
Length ≤50 mm	weight %	EN 16127	99.9%	within range	99.9%	within range	99.9%	within range	insp & lab
Length ≤40 mm	weight %	EN 16127	99%	within range	99%	within range	99%	within range	insp & lab
Total moisture	weight% ar	EN 14774	≤ 10 %	0,5% absolute	≤ 10 %	0,5% absolute	≤ 10 %	0,5% absolute	insp & lab
Bulk (apparent) density	kg/m ³	EN 15103	≥ 600	2% of limit	≥ 600	2% of limit	≥ 600	2% of limit	insp & lab
Maximum bulk temperature ⁵	°C	Annex F	≤ 60	1°C	≤ 60	1°C	≤ 60	1°C	insp
Fines ≤ 3.15 mm (round hole sieves)	weight% ar	EN 15210-1	≤ 4 %	1% absolute	≤ 5 %	1% absolute	≤ 6 %	1% absolute	insp & lab
Durability	weight% ar	EN 15210-1	97,5-99%	0,5% absolute	97,0%-99%	0,5% absolute	96,5%-99%	0,5% absolute	lab
Particle size distribution of disintegrated pellets:									
% < 3.15 mm (round hole sieve)	weight %	EN 16126	>99%	1% absolute	>98%	1% absolute	>97%	1% absolute	lab
% < 2.0 mm (square hole sieve)	weight %	EN 16126	>95%	2% absolute	>90%	2% absolute	>85%	2% absolute	lab
% < 1.0 mm (square hole sieve)	weight %	EN 16126	>60%	5% absolute	>50%	5% absolute	>40%	5% absolute	lab
Net calorific value at constant pressure	GJ/ton ar	EN 14918	≥ 16,5	0,3 GJ/ton	≥ 16,5	0,3 GJ/ton	≥ 16,5	0,3 GJ/ton	lab
Ash content	weight% DM	EN 14775	≤ 1,0%	10% of limit	≤ 1,5%	10% of limit	≤ 3%	10% of limit	lab
Elementary composition									
Cl	weight% DM	EN 15289	≤ 0,03%	0,01% absolute	≤ 0,05 %	0,01% absolute	≤ 0,1 %	20% of limit	lab
N	weight% DM	EN 15104	≤ 0,3%	0,05% absolute	≤ 0,3 %	10% of limit	≤ 0,6 %	10% of limit	lab
S	weight% DM	EN 15289	≤ 0,15 %	0,01% absolute	≤ 0,2 %	20% of limit	≤ 0,4 %	20% of limit	lab
Trace elements									
As	mg/kg DM	EN 15297	≤ 2	0,064 absolute	≤ 2	0,064 absolute	≤ 2	0,064 absolute	lab
Cd	mg/kg DM	EN 15297	≤ 1	0,06 absolute	≤ 1	0,06 absolute	≤ 1	0,06 absolute	lab
Cr	mg/kg DM	EN 15297	≤ 15	0,032 absolute	≤ 15	0,032 absolute	≤ 15	0,032 absolute	lab
Cu	mg/kg DM	EN 15297	≤ 20	0,043 absolute	≤ 20	0,043 absolute	≤ 20	0,043 absolute	lab
Pb	mg/kg DM	EN 15297	≤ 20	0,033 absolute	≤ 20	0,033 absolute	≤ 20	0,033 absolute	lab
Hg	mg/kg DM	EN 15297	≤ 0,1	0,0046 absolute	≤ 0,1	0,0046 absolute	≤ 0,1	0,0046 absolute	lab
Zn	mg/kg DM	EN 15297	≤ 200	5,43 absolute	≤ 200	5,43 absolute	≤ 200	5,43 absolute	lab

ANEXO 5

Tabela 31: Obrigações dos vendedores e dos Compradores num contrato de venda de uma commodity em função dos Incoterms.

Incoterms 2010	Declaração alfandegária de exportação	O transporte até o porto de exportação	Descarregamento de caminhão de exportação	Carregamento no navio de exportação	Transporte até o porto de importação	Seguro	Descarregamento de importação	Carregamento em caminhão de importação	Transporte para o local de destino	Alfandega de entrada	Pagamento das taxas de importação
EXW	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador
FOB	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador
CIF	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador	Comprador
DDP	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor	Vendedor

Fonte: Incoterms 2010, ICC, 2015

ANEXO 6

Tabela 32: Maiores países produtores de madeira serrada em m3 (FAO, 2014).

Ranking	País	Volume serrado m³
1	Estados Unidos	69221000,00
2	China	60449000,00
3	Canadá	42858666,00
4	Rússia	33500000,00
5	Alemanha	21478170,00
6	Suécia	15900000,00
7	Brasil	15197000,00
8	Finlândia	10140000,00
9	Austria	8850000,00
10	Japão	8824000,00
11	França	8067274,00
12	Chile	7161000,00

ANEXO 7

PROCEDIMENTOS POSSÍVEIS NO BRASIL PARA A ANÁLISE DE PELLETS EM FUNÇÃO DAS NORMAS EXISTENTES:

A6 -1 Determinação da Densidade a Granel (Norma ABNT NBR 6922:1981 para carvão e Norma Europeia EN 15103 para pellet);

A Densidade a Granel é medida com o objetivo de determinar se durante o processo de fabricação do pellet, o material utilizado foi comprimido suficientemente, garantindo uma densidade energética do combustível. Se o processo de fabricação não foi realizado adequadamente, posteriormente haverá o risco de formação de grande quantidade de finos prejudicáveis ao transporte, à queima nos fogões e à qualidade energética do combustível.

A Densidade a Granel do pellet deve ser superior a 600kg/m^3 ou 600 g/l .

A norma ABNT 6922 que mede a Densidade a Granel será adaptada à quantidade limitada de pellets disponíveis por produtor. Um cilindro em PVC de volume conhecido de 5 litros será cheio até a borda.

A massa do cilindro antes do procedimento e uma vez cheio será medida em uma balança analítica com precisão de 0,1g.

$$DG = \frac{(m2 - m1)}{V}$$

Onde DG : Densidade a Granel (g/l)

m2: massa do cilindro cheio (g)

m1: massa do cilindro vazio (g)

V: volume (l)

A norma europeia EN1503 especifica que para encher o cilindro, os pellets são despejados de uma altura de 200 a 300 mm, para o interior de um cilindro de medição, com um volume de 5 litros e uma razão de diâmetro-altura definida, até que este fique cheio e se forme um cone. A seguir, o cilindro é solto três vezes de uma altura de 150 mm e ao cair em pé sobre uma superfície rígida vão se compactando os pellets. Depois disso, o material em excesso será

removido passando uma régua no topo do cilindro. Desta forma, as cavidades maiores são preenchidas. A seguir é determinado a massa de pellets no cilindro.

Esse procedimento permite uma compactação maior dos pellets dentro do cilindro, o que inevitavelmente trará resultados mais altos de densidade e também mais confiáveis na comparação entre os fornecedores.

A6-2 Determinação das dimensões dos pellets (EN 16127)

Quarenta pellets selecionados aleatoriamente de cada amostra serão medidos, comprimento e diâmetro, com auxílio de um paquímetro digital. O controle deve assegurar que a quantidade de pellets, com um comprimento maior que 40 mm seja inferior a 1% em massa e que não haja pellets com o comprimento maior ao máximo autorizado que é de 45 mm .

A6-3 Determinação do teor de finos, (NM-ISO 3310-2:2010)

Os finos afetam a qualidade do combustível, especialmente, para aqueles que usam pequenos fogões. Os finos que queimam mais rapidamente que os pellets afetam o bom abastecimento automático das caldeiras e podem gerar mais cinzas. A segurança no transporte pode ser afetada por uma grande quantidade fina que potencialmente pode provocar a explosão da carga. Isso é um aspecto preocupante nos armazenamentos de grandes quantidades nas instalações portuárias. Os finos geram poeira que desagrade o consumidor final especialmente se ele usa o pellet para o aquecimento residencial (KOFMAN, 2007).

A determinação do teor de finos será feita conforme a norma europeia EN 15210-1 que se refere à norma ISSO 3310-2. A amostra é peneirada a mão usando uma peneira de 3,15 mm. Deve se assegurar que todas as partículas finas sejam separadas sem que haja geração de novas partículas pelo uso excessivo da peneira. O material fino peneirado é então pesado.

$$F = \frac{m_A}{m_E} \times 100$$

Onde F: Teor de finos %

m_E : Massa de amostra antes de ser peneirada (g)

m_A : Massa de partículas peneiradas (g)

O teor de finos não pode exceder a 1 % da massa de pellets.

A6-4 Determinação do teor de umidade (Norma EN 14774-2)

A norma europeia será seguida sendo que essa não se diferencia muito da brasileira (ABNT 8112/86) utilizada para o carvão.

A massa - m_1 - do prato vazio de medição é previamente determinada (precisão: 0,1g). A seguir, o prato é cheio com pelo menos 300 g de pellets e volta a ser pesado (m_2). A amostra será colocada em uma câmara de secagem previamente aquecida a $105^\circ \pm 2^\circ$ até que sua massa fique constante. O prato será pesado novamente (m_3) no máximo 15 segundos após ter sido retirado da câmara de secagem (pesagem a quente).

$$M = \left[\frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} * 100 \right]$$

Com M: Umidade da amostra como recebida (% da massa)

m_1 : massa do prato de medição vazio (g)

m_2 : massa do prato de medição com amostra antes da secagem (g)

m_3 : massa do prato de medição com amostra depois da secagem (g).

A6-5 Determinação da durabilidade mecânica (EM 15210-1)

No início, os finos devem ser removidos da amostra através de uma cuidadosa peneiração manual utilizando uma peneira de 3.15mm de acordo com a norma ISO 3310-2. Uma amostra com massa de 500 ± 10 g deve ser introduzida na câmara de ensaio do agitador, que gira a (50 ± 2) rotações por minuto. Depois de 500 rotações, a câmara de ensaio deve ser esvaziada e o material fino deve ser peneirado novamente.

$$DU = \frac{m_A}{m_E} x 100$$

Onde: DU = Durabilidade mecânica (%)

m_E = massa de pellets antes da peneiração (g)

m_A = Massa de pellets depois da peneiração (g)

A6-6 Determinação do teor de cinza (Norma EN 14 775)

A análise do teor de cinza determina a fração inorgânica presente na biomassa. O resultado da análise se exprime em porcentagem da matéria seca.

A norma europeia difere da norma brasileira (ABNT 8112/86) pela temperatura na qual é colocada a amostra. A norma europeia pede uma temperatura de 550°C enquanto a norma brasileira pede uma temperatura de 700°C.

Numa balança analítica, pesa-se cerca de 1,0g de pellet isenta de umidade. Após, colocar a amostra em um cadinho de platina sem tampa, previamente seco e tarado. O cadinho com a amostra será colocado numa mufla para aquecer até 550°C com uma velocidade de aquecimento de aproximadamente de 10°C/min. Uma vez a 550°C, deixar o cadinho na mufla até que o pellet se queime completamente. Por fim, retirar o cadinho da mufla, esfriar em um dessecador e determinar a massa final.

$$CZ = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Onde: CZ = teor de cinza, expresso em % com uma precisão de 0,1%

m_1 = massa do cadinho (g)

m_2 = massa do cadinho e da amostra (g)

m_3 = massa do cadinho e das cinzas (g)

A6 -7 Determinação dos materiais voláteis e carbono fixo (Norma EN 1514)

A norma europeia EN 1514 descreve o método para determinar o teor de matérias voláteis dos biocombustíveis sólidos. Ela não difere da norma brasileira ABNT 8112/1986 para o carvão vegetal.

Num balança analítica, uma amostra aproximadamente de 1g de pellets isentos de umidade será pesada com exatidão (m). A amostra é colocada em um cadinho de platina com tampa, previamente seco e tarado. O cadinho com a amostra de pellet será colocado sobre a porta da mufla previamente aquecida a $900 \pm 10^\circ\text{C}$. e permanecendo nessa posição por 3 minutos. A seguir, o cadinho é colocado por 7 minutos no interior da mufla com porta fechada. O cadinho é retirado da mufla e resfriado no dessecador e depois sua massa final será determinada.

O teor de matérias voláteis da amostra de pellets deve ser calculado segundo a equação seguinte:

$$MV = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Onde: MV= teor de Matérias Voláteis (%)

m_2 : massa inicial do cadinho com amostra (g)

m_1 : massa final do cadinho com amostra (g)

m: massa da amostra (g)

A6-8 Poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) (Norma ABNT NBR 8633:1984)

O Poder Calorífico representa a quantidade de calor total que é liberado durante a completa combustão de uma unidade de massa de combustível (ADEME, 2001; BRAND, 2007).

Distingue-se o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI), dependendo se for computada a energia necessária na vaporização da água formada no processo de combustão da madeira (BRITO,1993)

O poder calorífico superior (PCS) é a energia liberada pela combustão da madeira por recuperação do calor latente do vapor de água produzido pela combustão. No processo de combustão das madeiras, a quantidade de H₂O formada vai depender da quantidade de hidrogênio contido nos tecidos do vegetal, valor que pode variar de 5,8 % a 6,2% dependendo da espécie (BRAND, 2007). O PCS é obtido em laboratório com uma bomba calorimétrica.

O poder calorífico inferior (PCI) é a energia efetivamente disponível sem recuperação do calor latente do vapor de água produzido pela combustão. É a energia teoricamente disponibilizada por um consumidor final numa combustão perfeita. É por isso que o PCI é a medida utilizada na comparação das diferentes procedências de pellets. Ele é obtido após cálculo à partir do PCS que é em torno 10 a 20 % mais elevado (ADEME, 2001).

Na literatura, o poder calorífico pode ser expresso em kJ/kg, em kcal/kg, em BTU/lbs ou em kWh/tonelada de biomassa (Tabela 31 da Anexo 2). Mas a uniformização das normas internacionais está levando a expressar o poder calorífico em joules, ou kilojoules ou

megajoules por unidade de massa de combustível vegetal. Segundo a norma europeia EN 14961-2, o PCI é expresso em megajoules por quilo (MJ/kg).

O Poder Calorífico Superior (PCS) será determinado segundo a norma ABNT 8633 que prescreve a determinação do PCS para o carvão vegetal. A norma será adaptada para os pellets triturando-os antes do ensaio (GARCIA, 2010). Serão realizadas cinco repetições para cada amostra coletada. O valor do PCI será calculado em função do teor de umidade da amostra de acordo com a equação:

$$PCI = PCS - m * Lv$$

Onde PCI: Poder Calorífico Inferior (kJ/kg)

PCS: Poder Calorífico Superior (kJ/kg)

m: a massa total de H₂O nos produtos de combustão (g)

L_v : o calor latente de vaporização da água é 2,26 kJ/kg (valor em função do teor de hidrogênio da madeira).

ANEXO 8

QUESTIONÁRIO DE 10 PERGUNTAS ABERTAS SOBRE O MERCADO DE PELLETS QUE SERÁ USADO DURANTE A ENTREVISTA NAS EMPRESAS BRASILEIRAS PRODUTORAS DE PELLETS.

P1- Porque a empresa está produzindo abaixo da capacidade instalada? (Falta mão de obra qualificada, demanda do mercado interno insuficiente, dificuldade de exportação, custo de produção alto, outros).

P2- Qual é a razão para a compra de pellets? (energia ecológica, energia barata, energia prática, outras).

P3- Quais são os fatores que influenciam a formação do preço? (preço da energia elétrica, do petróleo, a concorrência, a demanda, o custo da matéria prima, o custo dos salários, outros).

P4- Como começou a produzir pellet? (oportunidade do mercado, disponibilidade de matéria prima, investimento exterior, outros).

P5- Qual é a maior urgência do mercado de pellet? (colocar normas de fabricação, baixar o custo de produção, pesquisas e aprimoramentos técnicos, incentivos fiscais, outros).

P6- Porque o Brasil, que é um grande produtor madeireiro, produz tão pouco pellet? (faltam compradores, dificuldade de logística e infraestrutura, falta organização profissional, falta apoio do governo a energia renovável, outros).

P7- Qual é o maior mercado para se vender pellets? (aquecimento habitacional, uso industrial, exportação, outros).

P8- Qual é a maior concorrência do pellet como energia? (lenha, eletricidade, óleo, outros tipos de biomassa, outras).

P9- Como melhorar a qualidade de seu pellet? (investindo em máquinas novas, pesquisas feitas pelas Universidades ou Embrapa, formação profissional, procurar outra matéria prima, outros).

P10 – O que o governo poderia fazer para ajudar a indústria de pellet (incentivos fiscais, pesquisa, infraestruturas, linhas de financiamento mais acessível, outros).

ANEXO 9

GUÍA DE ENTREVISTA SOBRE A EMPRESA VISITADA, SEUS DADOS FINANCEIROS E COMERCIAIS, E O QUESTIONARIO SWOT.

I - Descrição da empresa:

Nome e sobrenome do entrevistado:

Função:

Idade:

Especialidade, trabalho:

A empresa:

Quantos anos de produção:

Produção Atual:

Produção prevista:

Tipo de condicionamento: sacos 15 kg:% ; big bag 750 kg:% ; Granel:%

Certificação da produção (EN, DIN...): conseguida:.....ou em processo de certificação.....

A matéria prima:

Espécie:

Proveniência certificada: FSC, PEFC:

Descrição: em tora para ser picada e moída ,

Ou subproduto da indústria, qual forma (maravalha...):

Custo de oportunidade se produzida....., ou se comprada

Transporte:

Distancia média da Matéria Prima até a usina de produção:

Distancia até o porto de embarco para exportação:

Custo de transporte por km até consumidor ou porto de exportação:

Consumo de energia:

Eletricidade: qte kWh total por ano:

KWh/tonelada produzida:

Custo de energia elétrica consumida:

Preço do Kwh:

Consumo de Óleo, Madeira para secagem:

Funcionários para a produção de pellets:

Números:

Custo total por mês:

Investimentos em máquinas pelletizadoras:

Investimento inicial:

Custo anual manutenção:

Custo por tonelada:

Investimentos em máquinas outras (pá carregadeira, caminhão...)

Quais:

Custo inicial:

Custo manutenção:

Mercado:

Preço de venda no mercado interno

Preço FOB/CIF se há exportação

Pergunta 1: Como favorecer Desenvolvimento da produção de pellets no Brasil?

Pergunta 2: E especificamente quais os obstáculos para o desenvolvimento da exportação de pellets para atender o mercado internacional em franco desenvolvimento?

II - Na Tabela seguinte, primeira etapa de uma análise SWOT-ANP, favor colocar uma nota de 1 a 6 nos pontos em cada quadro (1 para o mais pertinente até 6 o menos importante). Eventualmente, adicione um ponto que o Senhor(a) considere relevante.

<p>Fatores Internos do mercado de pellets</p>	<p>Pontos Fortes:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Abundância da matéria prima disponível com custo baixo; () Lucratividade do negócio; () Facilidade de escoamento da produção, mercado promissor; () Imagem de sustentabilidade, de ecologicamente correto; () Qualidades energéticas do pellet (energia específica kWh/kg.) () Qualidades técnicas do pellet (fácil manuseio, transporte e estocagem) () 	<p>Pontos Fracos:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Faltam normas nacionais de qualidade; () Falta matéria prima certificada FSC, PEFC () Custo do transporte; () Faltam estudos técnicos e científicos sobre produção de pellets no Brasil; () Falta de incentivos governamentais fiscais ou subsídios, linhas de crédito específico () Escala de produção insuficiente para conseguir baixar os custos fixos ()
<p>Fatores externos do mercado de pellets</p>	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Abertura de mercados externos para exportação () Crescimento da demanda interna () Aumento do preço das energias concorrentes: óleo, eletricidade... () Política governamental obrigando a reciclagem dos resíduos indústrias; () Um aumento do número de fogões e caldeiras usando pellet no Brasil; () Produto ainda com pouca concorrência no Brasil (nicho de mercado). () 	<p>Ameaças:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Incerteza sobre política governamental () Concorrência nacional desleal por falta de normas e controles; () Concorrência de outros países com custos de produção mais baixos; () Aumentos dos custos: impostos, energia, salários... () Infra-estruturas insuficientes de transporte (rodovias, ferrovias, portuárias...) () Falta de transparência sobre o preço do mercado de pellets ()

ANEXO 10

SELO DE CERTIFICAÇÃO EUROPEIA EN+ DA PIOMADE, PRIMEIRA EMPRESA BRASILEIRA CERTIFICADA.

ENPLUS CERTIFICATE CERTIFICATO ENPLUS

ENAMA
ENTE NAZIONALE PER LA
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

EN plus
EN 14961-2
A1/A2

ENAMA
Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola
Via Veneto, 5 - 00156 ROMA (ITALIA)
Ph. +39 06 408.600.30 / +39 06 408.600.27
Fax +39 06 407.626.4
www.enama.it / info@enama.it
P.Iva 08067371002
Cod.Fisc. 96391530589

ID-Nr.: BR 001

REGISTRAZIONE ENAMA N° 042 - BR001/ ENAMA REGISTRATION N°042 - BR001

Si certifica che il pellet di legno per riscaldamento domestico prodotto e distribuito da:
It is certified that the Wood Pellet for Heating Purposes produced and traded by:

PIOMADE - INDUSTRIA DE MADEIRAS LTDA
Estrada para Vila Rica s/n° - Distrito Sertorina
95.180-000 Farroupilha - RS - Brazil

Prodotto e Confezionato nello stabilimento di:
Produced and Bagged into the plant of:

PIOMADE - INDUSTRIA DE MADEIRAS LTDA
Estrada para Vila Rica s/n° - Distrito Sertorina
95.180-000 Farroupilha - RS - Brazil

Commercializzato con i marchi commerciali:
Vedasi Allegato 1 - Il presente certificato non è da ritenersi valido se non accompagnato dal relativo Allegato
Marketed with the trademarks:
See Annex 1 - This certificate is not valid without the relative Annex

È conforme ai requisiti indicati nel "Manuale per la certificazione ENplus del pellet di legno da riscaldamento" Rev. ITA 2.0 - Aprile 2013, basato sulle norme europee UNI EN 14961-2: 2011 e UNI EN 15234-2: 2012, redatto dall' European Pellet Council (EPC), e risponde alla

classe di qualità A1

Meets the requirements of the "Handbook for the certification of wood pellets for heating purposes" Rev. ITA 2.0 - April 2013 based on the European Standards: UNI EN 14961-2: 2011 and UNI EN 15234-2: 2012, drawn up by European Pellet Council (EPC) and conforms to the A1 quality class.

DATA PRIMA EMISSIONE / FIRST ISSUE DATE 24.11.2014
VALIDO FINO AL / VALID UNTIL 24.11.2017

Direttore ENAMA / ENAMA Director
Presidente ENAMA / ENAMA President

La validità del presente certificato è subordinata alla sorveglianza periodica. Il certificato può essere sospeso o revocato in caso di inadempienza accertata da Enama. Il presente certificato è stato rilasciato in ottemperanza al contratto di cooperazione tra AIEL - Associazione Italiana Energie Agroforestali, detentrica della licenza ENplus per l'Italia e l'ente di certificazione ENAMA, in adempimento ai requisiti indicati nel manuale sulla certificazione di pellet di legno ad uso energetico redatto dall'European Pellet Council (EPC).
Present certificate validity is subjected to periodical surveillance. The certificate can be suspended and withdrawn at any time in the event of non fulfillment ascertained by Enama. Present certificate is issued in compliance with the cooperation Agreement between Enama and Aiel - (Agroforestry Energy Retail Association, holder in Italy of the Enplus license) in order to fulfil the requirements of the Handbook for the certification of wood pellets for heating purposes, drawn up by European Pellet Council (EPC).

ANEXO 11

ANÁLISE DO PELLET DA TANAC EM MONTENEGRO – RS

Tanac pellets - reference specification

Analysis Report

Page 1 of 1

Date sampled: 14th May 2014
 Date received: 15th May 2014
 Test date: 16th to 22nd May 2014
 Date Reported: 22nd May 2014
 Sampling:
 Procedures used: As method reference

		Results Basis				
		Units	As Received*	As Analysed	Dry *	Dry Ash Free*
Moisture	Total	%	6.1	-	-	-
	Analysis	%	-	4.0	-	-
Proximate	Ash	%	0.6	0.6	0.6	-
Ultimate	Total Sulphur	%	0.02	0.02	0.02	0.02
	Chlorine	%	0.02	0.02	0.02	0.02
	Carbon	%	46.43	47.47	49.45	49.76
	Hydrogen	%	5.73	5.86	6.10	6.14
	Nitrogen	%	0.23	0.24	0.25	0.25
Calorific Value	Gross	kJ/kg	18399	18810	19594	19717
	Net (H det)	kJ/kg	17001	17436	18265	-
Other test	Compact Bulk Density	kg/m ³	755			Reference
	Loose Bulk Density	kg/m ³	700			>645
	Pellet Durability	%		97.2		

		Pellet Size	% Weight	Pellet Component Size	% Weight
Other test	Size at +10.0mm		nil	Size at +4.0mm	2.3
	Size at 10 - 6.3mm		99.4	Size at 4.0 - 2.0mm	8.6
	Size at 6.3 - 4.0mm		nil	Size at 2.0 - 1.0mm	27.5
	Size at 4.0 - 3.15mm		0.1	Size at 1.0 - 0.5mm	34.1
	Size at 3.15 - 2.0mm		0.1	Size at 0.5 - 0.1mm	25.2
	Size at 2.0 - 1.0mm		0.1	Size at 0.1 - 0.09mm	1.4
	Size at 1.0 - 0.5mm		0.1	Size at 0.09 - 0.075mm	0.5
	Size at <0.5mm		0.2	Size at <0.075mm	0.4

*denotes calculated values using UKAS accredited results

**Non accredited method for this matrix

*** sub contracted test

Trace Metals ICP (dry*)	
Metal***	mg/kg
Arsenic	<0.3
Chromium	2.1
Copper	1.3
Nickel	0.7
Lead	<0.5
Zinc	4.1
Aluminium	101.6
Calcium	977.7
Iron	79.7
Magnesium	224.3
Phosphorus	60.2
Silicon	628.2
Potassium	732.1
Sodium	80.1
Titanium	7.2