

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

DORIVAL PINHEIRO GARCIA

“PELLETS” DE MADEIRA
Revisão bibliográfica

Itapeva-SP
2008

DORIVAL PINHEIRO GARCIA

“PELLETS” DE MADEIRA
Revisão bibliográfica

Trabalho de Graduação apresentado no Campus Experimental de Itapeva - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof. Dr. José Cláudio Caraschi.

Itapeva-SP
2008

G216p Garcia, Dorival Pinheiro.
"Pellets" de madeira: revisão bibliográfica / Dorival Pinheiro
Garcia. -- Itapeva, SP, 2008
58 f.: il.

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial
Madeira apresentado à Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho", Campus Experimental de Itapeva, 2008

Orientador: José Cláudio Caraschi

Banca examinadora: Carlos Alberto Oliveira de Matos, Francisco
de Almeida Filho

Bibliografia

1. Madeira como combustível. 2. Biomassa. 3. Energia de
biomassa. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
Campus Experimental de Itapeva. II. Título

CDD 662.65

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

“PELLETS” DE MADEIRA
Revisão bibliográfica

DORIVAL PINHEIRO GARCIA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA
DE **GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL
MADEIREIRA

Prof. Dr. José Cláudio Caraschi
Coordenador de Curso

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Dr. José Cláudio Caraschi - UNESP de Itapeva
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Carlos Alberto Oliveira de Matos – UNESP de Itapeva
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Msc. Francisco de Almeida Filho – UNESP de Itapeva
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Dedico este trabalho a todos os meus familiares que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do mesmo.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração direta de muitas pessoas. Manifesto minha gratidão a todas elas e de forma particular ao Prof. Dr. José Cláudio Caraschi pelas orientações precisas.

“Eu aprendi que para crescer como pessoa é preciso me cercar de gente mais inteligente do que eu”

Willian Shakespeare

RESUMO

Este estudo descreve, na forma de revisão bibliográfica, as principais contribuições de estudos relacionados ao uso de “pellets” de madeira como fonte de energia renovável. As vantagens deste material podem ser convenientemente explicadas por meio de suas características econômicas e principalmente ambientais. Essas análises, em consonância com os conhecimentos dos processos de produção, poder calorífico, análises químicas e mercado, constituem importante fundamentação para as futuras pesquisas relacionadas à otimização e fortalecimento de seu uso como energia limpa no Brasil e, sobretudo, como produto de exportação aos países Europeus onde o produto é bem conhecido e tem um mercado estável. O Brasil tem enorme potencial para se tornar líder na oferta de “pellets” de madeira para exportação.

Palavras-chave: Pellets de madeira, Madeira, Energia renovável, Biomassa.

ABSTRACT

This study it describes, in form of literature review, the main contributions of studies related to the wood pellets use as renewable power plant. The advantages of this material can conveniently be explained by means of its economic and mainly ambient characteristics. These analyses, in accord with the knowledge of the processes of production, calorific power, chemical analyses and market, constitute important recital for the future research related to the otimization and reinforcement of its use as clean energy in Brazil and, over all, as product of exportation to the European countries where the product well is known and has a steady market. Brazil has enormous potential to become leader in offers of wood pellets for exportation.

Word-key: Wood Pellets, Wood, Renewable Power, Lignocellulosic biomass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre o volume ocupado e tipo de combustível	3
Figura 2: Diagrama dos processos de conversão da biomassa	4
Figura 3: Briquete de resíduos de madeira	7
Figura 4: Pellets de madeira.....	8
Figura 5: “Agropellets” produzidos com resíduos da agricultura	8
Figura 6: “Ecopellets” com bagaço da cana-de-açúcar	9
Figura 7: Etapas de produção dos “pellets”	11
Figura 8: Matriz de aço perfurada	14
Figura 9: Rolo pressionando e a faca cortando os pellets.....	14
Figura 10: Peletizadora modelo CPM 7900 – Califórnia Pellets Mills.....	16
Figura 11: Embalagem padrão de 20 kg de “pellets”	17
Figura 12: “Pellets” transportados em caminhões tanques	17
Figura 13: Estimativa do custo de produção de “pellets” na Europa em 2007	18
Figura 14: Organograma da empresa Brazilian Pellet.....	19
Figura 15: Localização das indústrias de “pellets” nos EUA em 2006.....	21
Figura 16: Localização das indústrias de “pellets” no Canadá em 2006	22
Figura 17: Produção de Pellets na Europa em 2005.....	23
Figura 18: O Mapa anual dos produtores de “Pellets” na Europa 2005/2006.	24
Figura 19: Crescimento dos produtores de pellets na Europa	25
Figura 20: Variação dos preços de pellets na EUROPA no período 2005 e 2006. ...	27
Figura 21: Variação dos preços de pellets na Alemanha em EUROS / tonelada	28
Figura 22: Variação dos preços dos pellets na Europa de 2003 a 2007.	29
Figura 23: Conversão dos preços de pellets para outros combustíveis.	30
Figura 24: Modelo de etiqueta de produtos pellets.....	32
Figura 25: Sistema de aquecimento residencial movido a “pellets”	34
Figura 26: Sistema de aquecimento com “pellets” para edifícios ou condomínios	35
Figura 27: Peletizadora CPM 790 c/ ajuste automático – California Pellets Mills.....	38
Figura 28: Peletizadora PM30 potência de 423 HP – Andritz Sprout	38
Figura 29: Peletizadora DPGC potência de 423 HP - Bühler Group	39
Figura 30: Peletizadora modelo ETS® P 600/2/RS - EcotreSytem	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados comparativos entre os pellets e briquetes.....	8
Tabela 2: Características dos pellets de madeira, palha e bagaço de cana	10
Tabela 3: Produção, consumo e exportação para 3 países da América do Sul	20
Tabela 4: Consumo de petróleo por habitante.	26
Tabela 5: Diferenças entre pellets premium e standard	28
Tabela 6: Comparação de preços dos pellets com outros combustíveis nos EUA....	30
Tabela 7: Comparativo entre normas e padronizações para os pellets.....	31
Tabela 8: Os 10 maiores produtores mundiais de pellets	42

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 HISTÓRIA DOS “PELLETS”	5
2.2 BRIQUETES X PELLETS	6
2.3 PRODUÇÃO DE “PELLETS”: ETAPAS DO PROCESSO	11
2.4 “PELLETS” NO BRASIL.....	18
2.5 “PELLETS” DE MADEIRA NA AMÉRICA DO NORTE.....	20
2.6 “PELLETS” DE MADEIRA NA EUROPA	22
2.7 “PELLETS” DE MADEIRA NA CHINA.....	26
2.8 PREÇO DOS “PELLETS” DE MADEIRA.....	27
2.9 NORMAS DE QUALIDADES E ESPECIFICAÇÕES PARA OS “PELLETS”	31
2.10 APLICAÇÕES E USOS DOS “PELLETS”	33
2.11 DESAFIOS TÉCNICOS DOS “PELLETS”	35
2.12 O ESTADO DA ARTE – TECNOLOGIA.....	37
2.13 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS “PELLETS”.....	40
2.14 OS 10 MAIORES PRODUTORES DE “PELLETS”.....	42
3. DISPOSIÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO

O atual modelo energético mundial baseia-se fundamentalmente na utilização de combustíveis fósseis, o que se deve ao domínio tecnológico promovido por países desenvolvidos onde há escassez de recursos naturais de caráter renovável e grande disponibilidade de fontes energéticas de origem fóssil (MELLO, 2001). Mas por questões ambientais (emissões de CO₂) e econômicas (preço do barril de petróleo), o petróleo vem sendo substituído por outras formas de energia. A Biomassa vegetal vem ganhando espaço no cenário energético mundial, pois, dentre as fontes renováveis de energia, possui grande potencial para suprir as necessidades atuais de energia, a preços competitivos e com menor impacto ambiental (VERDESIO, 2008).

O termo biomassa vegetal ou lignocelulósica abrange os derivados recentes de plantas vegetais utilizadas como combustíveis. Na definição de biomassa para a geração de energia excluem-se os tradicionais combustíveis fósseis, embora estes também sejam derivados da vida vegetal ou animal, mas são resultado de várias transformações que requerem milhões de anos para acontecer. A biomassa vegetal é uma fonte renovável de energia e as mais utilizadas são: a lenha vegetal, o carvão vegetal, óleos vegetais, o bagaço da cana-de-açúcar, sisal, casca de arroz, galhos e folhas de árvores entre outros. A sua renovação ocorre através do ciclo do carbono e sua utilização, desde que não seja de forma predatória, pouco altera a composição da atmosfera.

No Brasil, a grande participação das hidrelétricas e o uso representativo de biomassa vegetal colocam o país em situação favorável quanto ao uso de fontes renováveis de energia. Da Oferta Interna de Energia, 45,8% correspondem à energia renovável. Essa proporção é a mais alta do mundo, contrastando significativamente com a média mundial que é de 12,7% (MME, 2008).

Das formas de se utilizar a biomassa florestal como fonte de energia, a sua densificação ou compactação proporcionam muitas vantagens principalmente quanto ao armazenamento, transporte e manuseio. A briquetagem e a peletização são exemplos desses processos. Os “pellets” de madeira são biocombustíveis produzidos geralmente a partir dos subprodutos das indústrias de processamento mecânico da madeira e resíduos florestais. Não são utilizados aditivos ou ligantes, portanto, são compostos naturais.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura a respeito do tema citado e conhecer o “Estado da Arte” dos “pellets” de madeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A biomassa vegetal é uma fonte de energia importante e sua utilização contribui para a diminuição das emissões do CO₂ na atmosfera e na eliminação dos desperdícios contínuos de subprodutos das indústrias madeireiras e das agroindústrias. Ela é de importância particular em países desenvolvidos como a Suécia e Estados Unidos. Mas, em países subdesenvolvidos como a Etiópia, por exemplo, é a única fonte de energia disponível. Com as demandas atuais por energia renovável, cresce o desenvolvimento de novas maneiras de se utilizar a biomassa vegetal. A combustão direta é a tecnologia mais antiga segundo Simões (2000).

Cada vez mais importantes são, entretanto, as tecnologias que convertem a biomassa em combustíveis gasosos e líquidos antes da combustão ou ainda a densificação. A peletização melhora as propriedades da biomassa como combustível e diminui significativamente o custo para o empacotamento, transporte e o armazenamento (Figura 1). Considerando o óleo diesel como padrão para a comparação, podemos dizer que 1 m³ de óleo diesel tem a mesma quantidade de energia que o volume de 16 m³ de madeira de baixa densidade (madeira 3) ou ainda que 3,8 m³ de “pellets” tem energia equivalente a 13 m³ de madeira de média densidade (madeira 2) ou 10 m³ de madeira de alta densidade (madeira 1).

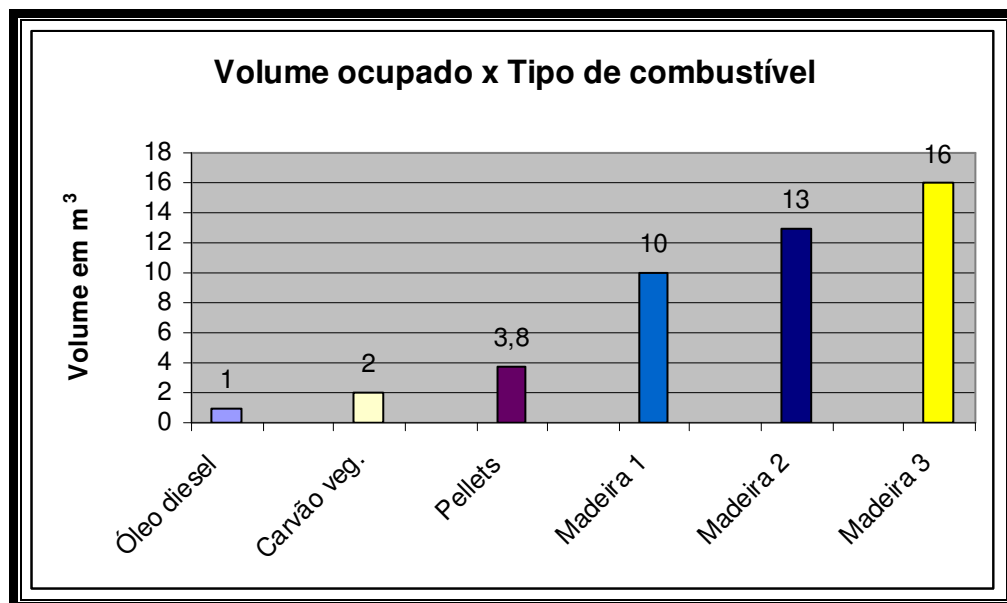


Figura 1: Relação entre o volume ocupado e tipo de combustível

Este processo, na madeira, causa a compactação das estruturas internas do material deixando, desta forma, o combustível muito mais uniforme comparado à biomassa inicial (GRIMM, 2005). A utilização da biomassa densificada no formato de “pellets” contribuiu significativamente para o progresso recente na combustão da madeira. Os resíduos de madeira dos processamentos mecânicos ou o bagaço de cana-de-açúcar das usinas são utilizados, geralmente, para satisfazer as demandas locais de calor e de energia, mas podem ser utilizados em sistemas de conversão mais eficientes (KAYAL, 1994).

Para utilizar os resíduos da biomassa vegetal como fonte de energia aproveitando-se de todas as suas vantagens, deve-se minimizar os inconvenientes e as limitações que este biocombustível apresenta, tais como: baixa densidade, transporte oneroso, heterogeneidade, umidade variável e baixo poder calorífico (LIMA, 1998). A peletização e a briquetagem surgiram como uma solução tecnológica viável para estes inconvenientes porque diminuem o volume de biomassa (através da prensagem) e concentram o poder energético do produto. O esquema, apresentado na Figura 2, mostra os vários processos de conversão da biomassa vegetal (ALAKANGAS, 2007).

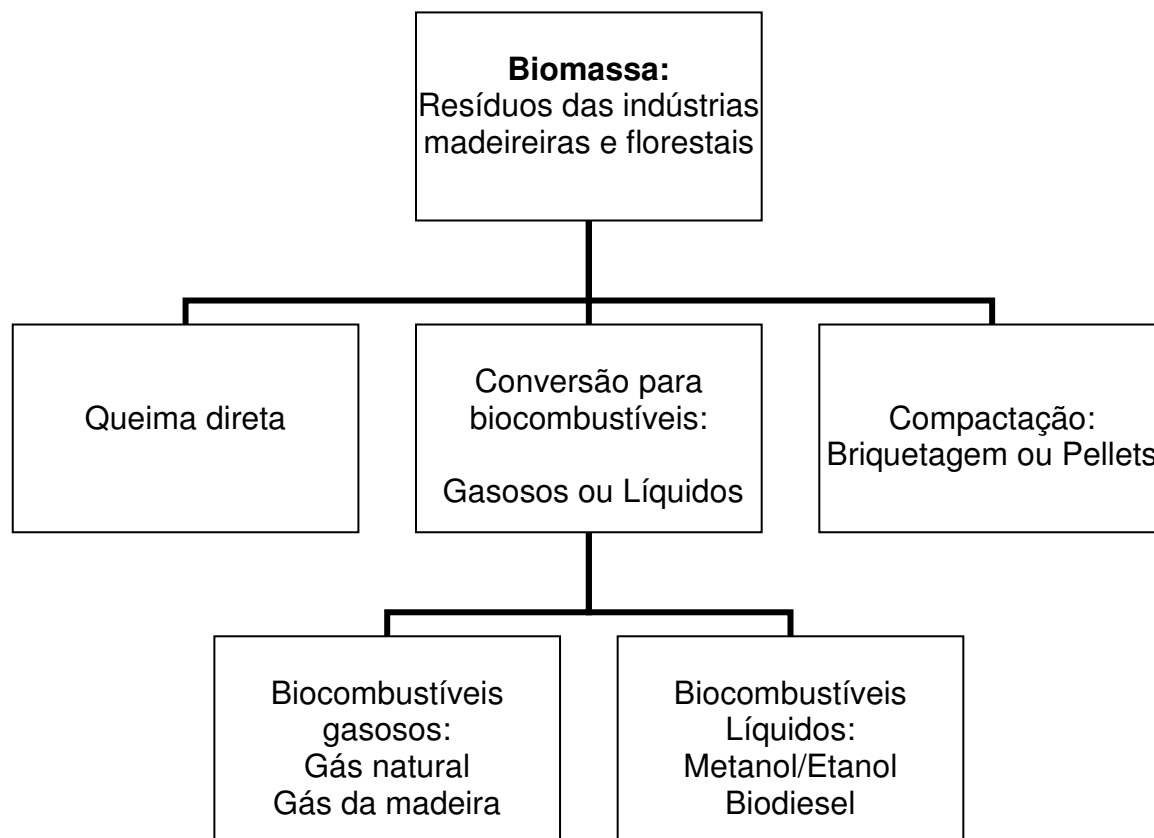


Figura 2: Diagrama dos processos de conversão da biomassa

2.1 História dos “pellets”

A primeira indústria de “pellets” surgiu na cidade de Mora na Suécia iniciando sua produção em novembro de 1982. Teve problemas financeiros devido ao alto custo de produção que era muito maior do que foi calculado inicialmente. Ninguém tinha experiência na produção nem no tipo de equipamento que seria utilizado para queimar este novo tipo de combustível. A baixa qualidade dos “pellets” fabricados na época (teor de cinzas de até 17%) e a ineficiência dos equipamentos de combustão levaram ao fechamento da primeira planta industrial de “pellets” em 1986. Em 1987 uma nova indústria de “pellets” foi criada na cidade de Kil com produção de 3 mil toneladas por ano. Esta unidade está em operação até hoje na Suécia sendo considerada a mais antiga planta comercial de “pellets” daquele país.

Em 1990 o governo da Suécia iniciou uma forte taxação a todos os combustíveis fósseis com o objetivo de reduzir o uso de derivados do petróleo e, conseqüentemente, a dependência energética em relação aos países exportadores de petróleo. Além disto, a redução no consumo de derivados de petróleo também diminui a emissão de gases promotores do efeito estufa. Com estes subsídios oferecidos pelo governo para a utilização de energia limpa, o aquecimento residencial com “pellets” tornou-se mais barato do que o óleo ou o gás. A venda de fogões e sistemas de aquecimento aumentou e a demanda por “pellets” também e isto possibilitou a entrada de novos produtores no mercado. Conseqüentemente a produção anual passou de 180 mil toneladas em 1995 para 1 milhão de toneladas em 2000. Este ponto marca a grande virada para o mercado dos “pellets” que cresceu rapidamente naquele país e em toda a Europa (BIOENERGY INTERNACIONAL JOURNAL, 2006)

A tecnologia dos fogões e sistemas de aquecimento movidos a “pellets” está sendo melhorada constantemente em termos de eficiência, de automação e de aparência física. Estas melhorias contribuem para o aumento das vendas anuais de queimadores e fogões além de manter o mercado de “pellets” aquecido.

A Suécia é, atualmente, o maior produtor europeu de “pellets” com produção estimada em 1,6 milhões de toneladas por ano. Sua rede de distribuição e logística utilizam caminhões para pequenas distâncias e os navios cargueiros para longas distâncias. E mesmo com esse grande volume de produção, segundo a revista

Bioenergy Internacional Journal (2006), a Suécia não produz o suficiente para seu consumo, necessitando importar grandes quantidades de “pellets” para suprir sua demanda interna.

Se considerarmos todos os fatores que estão tornando viável a utilização dos “pellets” como fonte alternativa de energia como os índices históricos do preço do petróleo, as inovações tecnológicas dos equipamentos, baixas emissões de poluentes e até subsídios governamentais, podemos perceber que a história dos combustíveis de madeira compactada tem todos os ingredientes para continuar a crescer e ser uma grande oportunidade de negócios para o setor madeireiro.

2.2 Briquetes x Pellets

O briquete, que surgiu nos EUA nos séculos XIX, é um pequeno bloco de forma pré-definida, normalmente cilíndrico, resultante da aplicação de pressão em uma mistura de finos de madeira ou carvão com um aglutinante, dentro de moldes matrizes, através de orifícios entre cilindros rotativos. O importante é que exista, surja ou se crie, durante a prensagem, uma afinidade entre as partículas fazendo com que elas permaneçam coesas, mantendo ou melhorando as características do material de origem. Os aglutinantes utilizados na briquetagem de carvão são materiais essenciais no auxílio à briquetagem de forma técnica e econômica. Podem ser classificados entre “não emissores de fuligem”, que incluem amido, melado de cana, cimento e licor negro (subproduto da fabricação de papel) que tem como principal componente a lignina. Os ligantes “emissores de fuligem” são pixe de petróleo e o alcatrão de carvão vegetal ou mineral. O ligante mais utilizado é o amido industrial de milho, não refinado, em forma granulada, que é insolúvel em água e se torna adesivo depois de cozido. As partículas de finos devem ter uma distribuição granulométrica adequada para proporcionar qualidade aos briquetes e economia no aglutinante (QUIRINO, 1991).

Os “pellets” de madeira, cuja produção na Europa e na América do Norte foi iniciada depois da crise do petróleo na década de 70, são produzidos geralmente com pequenas partículas de madeira devidamente uniformizadas. Ao contrário dos briquetes (Figura 3), não é utilizado nenhum ligante. As pelotas cilíndricas de madeira são extremamente densas e podem ser produzidas com um baixo índice de

umidade permitindo elevada eficiência na combustão. Sua geometria regular permite tanto a alimentação automática num sistema industrial quanto à alimentação manual, nos aquecedores residenciais, já que é um produto natural e não tem elementos tóxicos na sua composição.



Figura 3: Briquete de resíduos de madeira

Dias (2002) verificou que a utilização de biomassa densificada sob a forma de briquetes é mais difundida nos países em desenvolvimento, substituindo em alguns casos a lenha na fabricação de carvão vegetal. Por outro lado, a utilização dos “pellets” encontra-se mais avançada nos países desenvolvidos e é mais indicada para equipamentos com alimentação automática ou uso residencial porque é um produto com qualidade superior que obedece normas rígidas de controle de qualidade. A Tabela 1 mostra dados comparativos entre esses dois combustíveis derivados da biomassa vegetal.

Tabela 1: Dados comparativos entre os pellets e briquetes

Combustível	Pellets	Briquete
Umidade da biomassa de origem [%]	10 a 20	10 a 15
Capacidade máxima de produção [t / h]	4 a 6	1 a 1,5
Consumo de Energia [kWh / t]	80 a 90	40 a 50
Preparação da biomassa	Pequenas partículas	Partículas maiores
Diâmetro [mm]	6 a 12	20 a 100
Comprimento [mm]	10 a 30	30 a 300

Fonte: Dias (2002)

Além dos “pellets” de madeira (Figura 4) e dos briquetes há também outros produtos “pellets”, que têm como matéria-prima outros resíduos lignocelulósicos, como a palha de milho ou arroz e a casca de amendoim que são chamados de “agropellets” (Figura 5).



Figura 4: Pellets de madeira



Figura 5: “Agropellets” produzidos com resíduos da agricultura

Os “pellets” produzidos com bagaço da cana de açúcar (Figura 6) também começam a ser desenvolvidos aqui no Brasil para agregar mais valor ao resíduo agroindustrial da produção do álcool. Esse biocombustível é chamado de “ecopellets” (BRASPELLET, 2008).



Figura 6: “Ecopellets” com bagaço da cana-de-açúcar

As principais características desses novos produtos da linha “pellets” são apresentadas na Tabela 2. Os resultados mostram que os “pellets” de bagaço de cana são muito similares ao de madeira que são considerados o melhor produto para ser usado em sistemas de aquecimento residencial (onde é exigida uma elevada qualidade quanto à emissão de partículas). Segundo a Braspellet (2008), ele pode competir com outros “pellets” (palha de arroz, por exemplo) quando forem utilizados em grandes caldeiras industriais, já que estas são equipadas com sistemas mais sofisticados para a retenção das partículas poluentes. Uma restrição se faz à palha de arroz quanto à quantidade de enxofre apresentado que é muito superior à da madeira e ao bagaço de cana. Precauções devem ser tomadas na utilização para que esta substância não seja eliminada para a atmosfera sem controle devido ao seu alto teor de toxicidade.

Tabela 2: Características dos pellets de madeira, palha e bagaço de cana

Parâmetro	Unidade	"Pellets"		
		madeira	Palha de arroz	bagaço
diâmetro	mm	7,00	8,00	6,00
comprimento	mm	16,00	15,00	20,00
densidade por volume	kg / m ³	591,00	620,00	680,00
teor de água	% base úmida	7,70	6,00	8,00
teor de cinzas	% base seca	0,51	5,40	2,30
poder calorífico superior	MJ / kg base seca	20,30	18,80	17,20
poder calorífico inferior	MJ / kg base seca	19,00	17,50	16,00
Carbono	% base seca	50,30	46,60	46,40
enxofre	mg/kg base seca	278,00	760,00	200,00
cloro	mg/kg base seca	48,00	1.150,00	400,00
potássio	mg/kg base seca	493,00	8.000,00	1000,00
abrasão	% base úmida	4,05	10,00	2,30
teor de amido	% base seca	0,22	0,36	0,26
chumbo	mg/kg base seca	0,43	1,00	1,20
zinco	mg/kg base seca	13,20	9,00	12,40
crômio	mg/kg base seca	0,60	2,10	3,40
cobre	mg/kg base seca	0,10	2,60	5,40

Fonte: Braspellet (2008)

Passalacqua (2004) acrescenta que os obstáculos técnicos para a combustão dos “agropellets”, além das altas emissões de poluentes e teor de cinzas (quando comparado à madeira), é a corrosão dos equipamentos. Este problema depende das características do combustível, do tipo do equipamento de combustão e a forma como é operado.

Outra vantagem interessante de se usar a madeira para a fabricação dos “pellets” é sua baixa concentração de cloro que é uma substância extremamente poluente ao meio ambiente e que, por esse mesmo motivo, vem sendo substituídos nos processos de branqueamento do papel pelo ozônio que é menos agressivo. A madeira tem ainda baixa concentração de metais pesados em relação a seus concorrentes. Todos esses fatores comprovam que a madeira é a melhor matéria prima para a fabricação dos “pellets” para uso em fogões e sistemas residenciais de aquecimento.

2.3 Produção de “Pellets”: Etapas do Processo

Os “pellets” de madeira geralmente são feitos com os resíduos da indústria madeireira tais como a serragem, aparas, cavacos, galhos e também pelos resíduos agroindustriais. Estes materiais, em condições de alta pressão e temperatura, são comprimidos no formato de pequenos cilindros de 6 a 10 mm de diâmetro. As indústrias peletizadoras são chamadas de “Wood Pellet Mills” nos EUA e “Wood Pellet Plant” na Europa. A tradução da palavra “Mills” é triturar, picar e da palavra “Plant” é fábrica, usina. Um esquema simplificado das várias etapas da produção dos “pellets” é mostrado na Figura 7 (PELLETS LAR, 2007).

Nos Estados Unidos e no Canadá as indústrias processam coníferas ou “softwoods” que tem produção 25% maior que as folhosas chamadas de “hardwoods” (IEA, 2006).

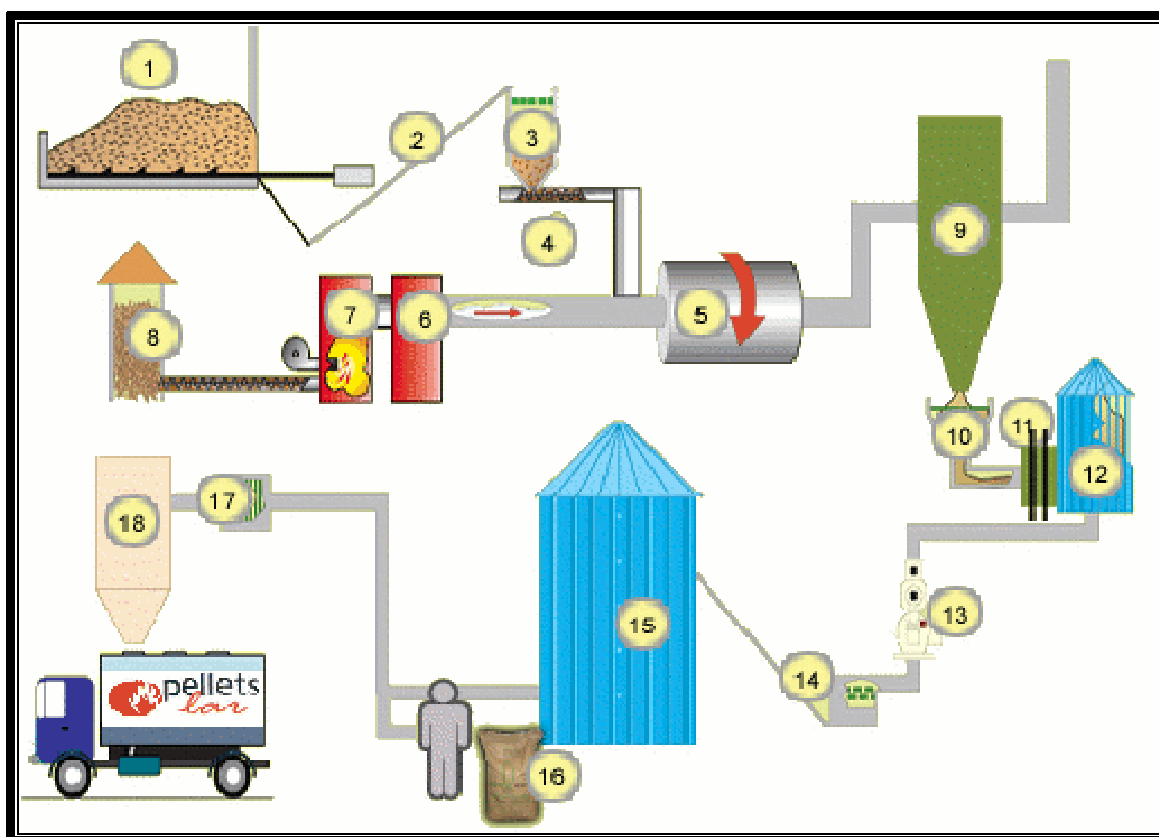


Figura 7: Etapas de produção dos “pellets”

Segundo a empresa Pellets Lar (2008), cada uma dessas etapas da linha de produção pode ser detalhada como:

Etapa 01: Recepção da serragem ou resíduos.

Etapa de recepção da matéria-prima no pátio da indústria. Se for serragem, segue direto para o estoque e se for galhos ou toras seguem para o pátio para ser picado.

Etapa 02: Material é movimentado por um transportador de correia.

A serragem é movimentada através de um transportador de correias para um silo.

Etapa 03: Limpeza primária da matéria-prima.

A serragem passa pelo silo para uma limpeza de impurezas ou objetos estranhos que possam estar misturados a matéria prima.

Etapa 04: Regulador de quantidade de matéria-prima.

Esse equipamento regula a quantidade de matéria-prima que deve ser enviado para o secador.

Etapa 05: Tambor de secagem da matéria-prima.

O secador de tambor remove a umidade da matéria-prima com o seu movimento circular e ar quente deixando a umidade em torno de 10 a 12%.

Etapa 06: Recuperador de cinzas da queima do combustível.

A madeira deixa pequena quantidade de cinzas no final da combustão e elas são removidas do processo neste local.

Etapa 07: Gerador de ar quente para o processo de secagem.

Estufa de geração do ar quente através da combustão de resíduos da madeira.

Etapa 08: Silo de serragem para combustível – Queima direta.

Os resíduos e partículas irregulares que não são utilizados para a fabricação dos “pellets” são queimados para a geração do calor.

Etapa 09: Ciclone Separador por vapor.

Neste ciclone ocorre o ajuste da umidade deixando todas as partículas de madeira com a mesma umidade. O ar quente é forçado a passar pelas partículas removendo a umidade.

Etapa 10: Limpeza secundária da matéria-prima – Para garantir a qualidade

Processo de limpeza secundária utilizada para garantir que só existe madeira no processo.

Etapa 11: Picador e triturador de partículas finas – Homogeneização do material.

Nesta fase a matéria-prima é triturada para o seu tamanho final e uniformizada.

Etapa 12: Estoque de serragem homogênea – Pronto para densificação.

Estoque de matéria prima com umidade e tamanho ideais para a compactação.

Etapa 13: Prensas granuladoras – Prensagem e temperatura.

A matéria-prima é então levada a peletizadora e em condições de alta temperatura e

pressão são compactadas e cortadas em tamanhos pré-definidos.

Etapa 14: Resfriamento e acomodação dos materiais formadores dos “pellets”.

Esta fase da acomodação é muito importante porque os “pellets” saem com temperatura em torno de 95°C e deve chegar lentamente à temperatura ambiente para não influenciar nas propriedades mecânicas do produto.

Etapa 15: Silo de “pellets” pronto

Armazenagem de produto finalizado e pronto para venda.

Etapa 16: Ensacamento por aspirador e gravidade.

O produto é colocado em sacos de vários tamanhos para ser distribuído nos pontos de vendas.

Etapa 17: Limpeza do silo.

Local para efetuar a limpeza da esteira de transporte e esvaziar o silo para limpeza.

Etapa 18: Silo de carga para caminhões por aspiração.

Este silo é utilizado para carregar caminhões tanques que transportarão os “pellets”.

Etapa 19: Entrega e venda ao consumidor final.

Os caminhões levam o produto final para os pontos de vendas em supermercados e lojas.

A matéria-prima é picada úmida para facilitar o processo e diminuir a abrasão nas máquinas além de prolongar sua vida útil. Em seguida, ocorre o processo de secagem até se obter uma umidade em torno de 10 a 12%. A peletização da madeira (idêntica aquela usada na fabricação de rações) emprega uma matriz de aço perfurada com um denso arranjo de orifícios de 0,3 a 1,3 cm de diâmetro (Figura 8). A matriz gira e a pressão interna dos cilindros força a passagem da biomassa picada através dos orifícios com pressões em torno de 7,0 kg / mm³. Os “pellets” então formados são cortados por facas ajustadas ao comprimento desejado do produto (REED, 1978).

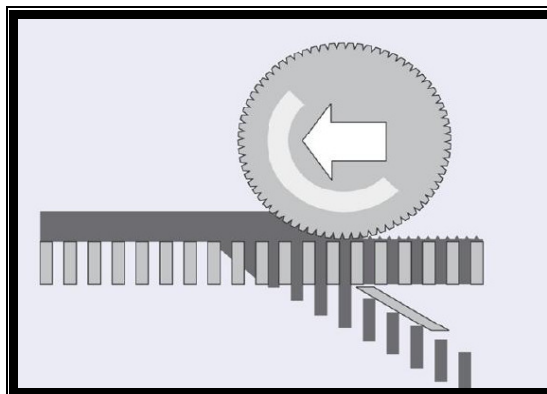


Figura 8: Matriz de aço perfurada

A pressão exercida entre os componentes causa uma força de fricção que aquece e força o material através de uma das perfurações da matriz. Existem dois tipos de equipamentos para produção de “pellets”: peletizadora com matriz de disco e com matriz de anel. Em ambos os casos, o material homogeneizado é pressionado por rolos através dos furos que determinam o diâmetro final dos “pellets”. Uma faca do lado oposto corta o combustível no comprimento desejado como mostra a Figura 9 (GRIMM, 2005).

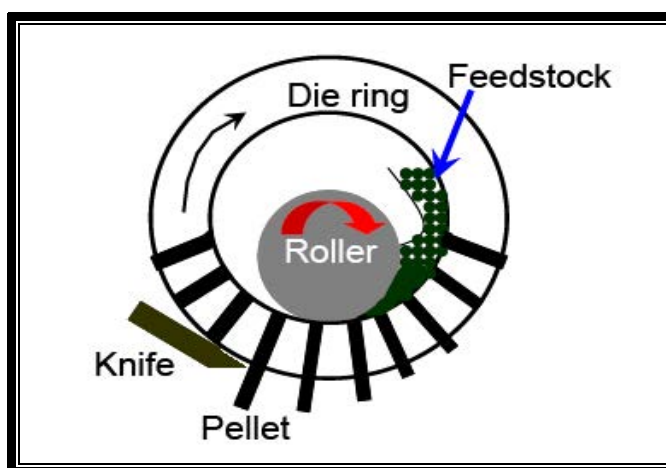


Figura 9: Rolo pressionando e a faca cortando os pellets

Na formação dos “pellets” a lignina (macromolécula tridimensional amorfo encontrado nas plantas terrestres cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos nos tecidos vegetais) e a resina da madeira, enquanto substâncias naturais e obrigatórias atuam como ligantes naturais, não necessitando de nenhum aditivo. Dolzan (2006) orienta que devido à taxa mais baixa

de lignina nas folhosas, aditivos tais como o amido pode ser exigido para produzir os “pellets” de madeira dura e a umidade adicional é extraída do material durante o processo de compressão.

Uma das grandes áreas de intervenção para uma maior facilitação do processo produtivo são os estoques de matéria-prima que devem ser originadas do próprio local ou proximidades, pois devido à sua baixa densidade (na maioria das vezes) torna-se inviável o transporte a longas distâncias. Por isso, Dolzan (2006) salienta que a disponibilidade local de matéria-prima é determinante para uma indústria que produz grandes quantidades do produto. Essa dependência constante de grandes volumes de matéria-prima, por sua vez, tem impactos na eficiência e, sobretudo, na rentabilidade da operação. De acordo com Couto et. all (2004), o transporte da matéria-prima (resíduos) até a fábrica, em função da baixa relação densidade/volume e concentração energética por unidade de volume, o transporte da matéria-prima torna-se oneroso. No caso de resíduos lignocelulósicos, a distância máxima economicamente viável é de 150 km.

A maioria dos produtores atuais, em resposta à demanda do mercado e o volume de subprodutos da indústria madeireira, consomem somente resíduos que sobram de outro processo restringindo seu potencial de produção, mas países Europeus que têm altas produções picam a tora para obter a matéria-prima para os “pellets”.

Secar a matéria-prima é uma parte importante da produção de “pellets” e consome uma grande quantidade de energia (12 a 20% de toda a energia presente na biomassa é utilizado neste processo). Os secadores de tambor são os tipos mais comuns utilizados na América do Norte. Os picadores têm a função de homogeneizar o material a ser peletizado que deve ser filtrado antes de ser moído para remover materiais como a pedra ou o metal que podem danificar os equipamentos. Observa-se que o material não pode ser moído demais para não perder suas propriedades fibrosas e, desta forma, não se ligar aos outros grãos (COUTO, 2004).

Muitas máquinas de peletização vêm com uma câmara de acondicionamento com vapor interno, que em temperaturas acima de 100° C, são usados para amaciar a madeira antes de ser comprimida. O acondicionamento no vapor não é necessário, mas deve ser feito para minimizar os efeitos abrasivos da matéria-prima, diminuir os custos de manutenção dos equipamentos e também está relacionado à resistência e

durabilidade dos “pellets” segundo Dolzan (2006). As máquinas de peletização (Figura 10), conhecidas como extrusoras, estão disponíveis em diversas escalas de tamanhos e geralmente cada 100 HP (1 HP \approx 745,7 W \approx 1,014 CV) fornecem uma capacidade de produção de aproximadamente uma tonelada de “pellets” por hora.

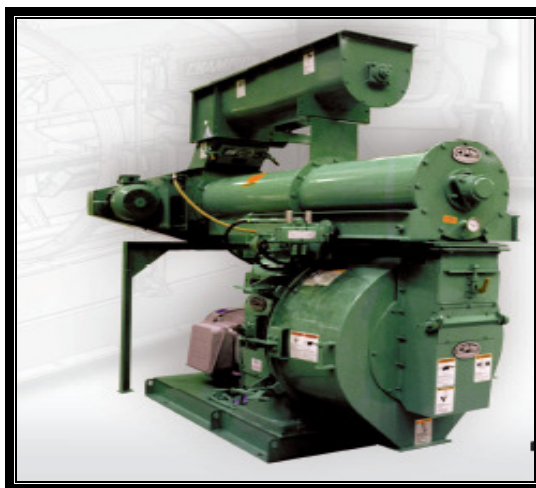


Figura 10: Peletizadora modelo CPM 7900 – Califórnia Pellets Mills

O processo de resfriamento e acomodação é crítico para os “pellets” porque estão relacionados à resistência e durabilidade dos mesmos que saem das extrusoras com temperatura em torno de 95°C e macios. Portanto, é o ambiente que permite que a lignina se solidifique e reforce as estruturas internas do biocombustível. Em contraste com o processo de secagem, o resfriamento não envolve a adição da energia. Depois do acondicionamento, à temperatura ambiente, o produto está pronto para ser vendido. As embalagens são apresentadas em sacos de 5 kg, 10 kg, 20 kg (Figura 11), 50 kg; fardos industriais de 500 e 1000 kg ou até em caminhões tanques (Figura 12) assim como os combustíveis líquidos. Os “pellets” são fáceis de armazenar e não se degradam ao longo do tempo, ressalta Dolzan (2006), que orienta para que o produto seja acondicionado em lugares secos.

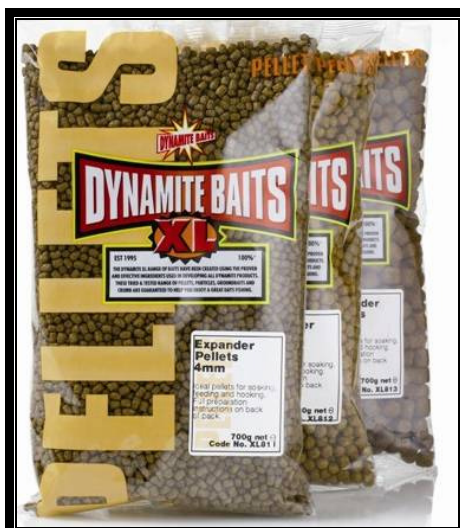


Figura 11: Embalagem padrão de 20 kg de “pellets”



Figura 12: “Pellets” transportados em caminhões tanques

A empresa alemã Buhler Group fez uma estimativa dos custos de produção dos “pellets” em diversos turnos de trabalho, na Europa, no ano de 2007 (Figura 13) e salienta-se que estes valores não são científicos e devem ser olhados criticamente levando em consideração o custo da mão de obra naquele continente e a tecnologia empregada nas suas indústrias peletizadoras (SCHNEIDER, 2008).

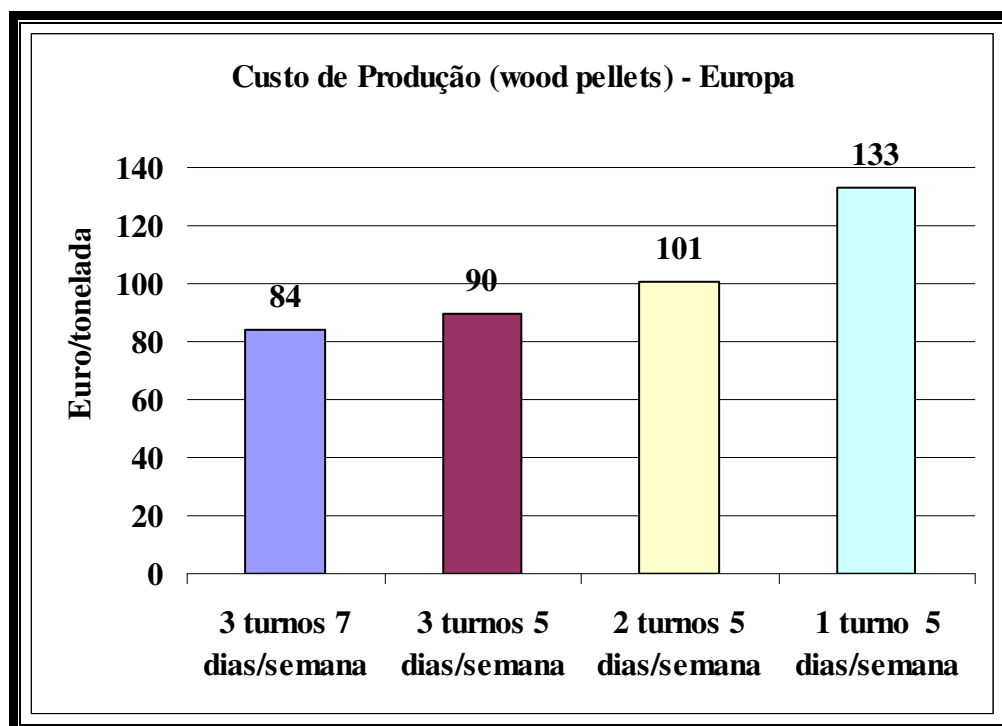


Figura 13: Estimativa do custo de produção de “pellets” na Europa em 2007

Na análise desses dados, percebe-se que é mais econômico (quanto ao custo de produção) manter a indústria com as máquinas em funcionamento contínuo. A empresa citada não informou o nível de automação, a tecnologia dos equipamentos nem de que forma ela chegou a esses números. Sendo, portanto, uma estimativa dos custos.

2.4 “Pellets” no Brasil

Segundo Machado (2008) do Jornal Diário do Comércio & Indústria, o Brasil se prepara para aumentar a produção de bioenergia que é, ainda, pouco utilizada no país mas com uma demanda mundial crescente. Com pelo menos 35 projetos em andamento e geração de energia por meio de “pellets”, partículas de resíduos agrícolas ou agroflorestais compactados, o Brasil poderá sair de uma produção ainda pouco expressiva para se tornar um dos maiores fornecedores mundiais desse eco-combustível. Segundo o gerente da Andritz Sprout, no Brasil, Eduardo Soffione, o país nem aparece na lista de produtores de “pellets”, mas nos próximos anos deve se posicionar como grande líder e tornar-se um referencial no setor. Com poucas

empresas atuando no setor atualmente, o Brasil ainda não é contabilizado nas vendas globais de “pellets”, mas, a partir do próximo ano, deverá representar cerca de 30% dos negócios em biomassa da empresa.

Em 2009, o Brasil começará a exportar quantidades expressivas de “pellets” para a Europa. Hoje, estimativas apontam que o Brasil produz 25 mil toneladas de “pellets” de madeira por ano e tem capacidade para produzir 60 mil. Um dos diferenciais do mercado brasileiro é a disponibilidade de resíduos agroflorestais, enquanto na maioria dos países fornecedores a produção é concentrada apenas na formação dos “pellets” a partir da madeira (MACHADO, 2008). A empresa de energia renovável Infinity Bioenergy tem projetos para desenvolver os “pellets” do bagaço da cana-de-açúcar e está investindo em instalações para a produção. A partir de 2009, a empresa será capaz de fornecer esse biocombustível para produção de energia e poderá garantir o fornecimento para clientes internacionais com contratos a longo prazo, já que sua matéria-prima (bagaço) é um sub-produto constantemente gerado nas suas usinas de álcool e açúcar (REIS, 2008).

Outra empresa que está investindo aqui no Brasil é Brazilian Pellets Participações, com sede em São Paulo, responsável pela implantação e desenvolvimento tecnológico das unidades de fabricação de “pellets” de biomassa na cidade de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, sob a denominação de BRASPELLET – Comércio e Indústria de Pellet Ltda. Um organograma desta empresa é mostrado na Figura 14. A empresa pretende explorar o fato do Brasil ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (500 milhões de toneladas/ano) e 30% desta produção torna-se sub-produto no final do processo.

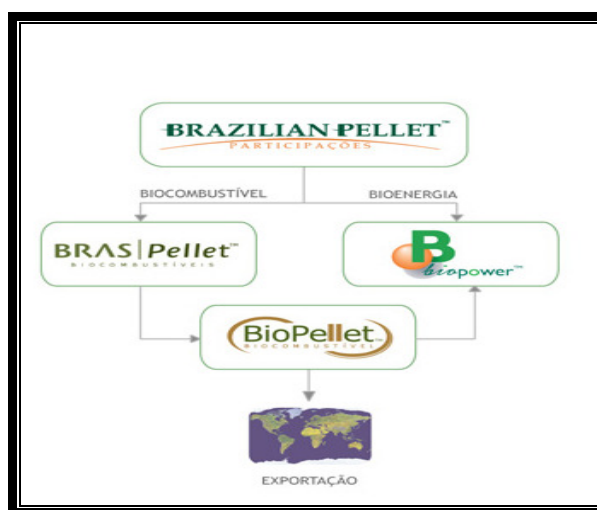


Figura 14: Organograma da empresa Brazilian Pellet

Couto (2004), relata a experiência precursora da empresa capixaba BioEnergy na produção de “pellets” aqui no Brasil com produção estimada em 10 mil toneladas por ano. Outras empresas se organizam neste segmento como a Línea Paraná, localizada no município de Sengés no Paraná que reiniciou a produção este ano, a Brancalhão Transportes localizada no município de Nova Campina, sudoeste do Estado de São Paulo, com projeto de indústria em fase de implantação e a Silcon Ambiental localizada em Encruzilhada do Sul-RS que também está montando uma planta industrial para fabricação de “pellets” de madeira visando a exportação para o mercado Europeu.

Dolzan (2007) relata que a Argentina foi o primeiro país Latino Americano a exportar “pellets” e que Brasil e Chile têm volume de exportação menor do que a capacidade de produção instalada atualmente, indicando que o volume de exportação pode crescer nos próximos anos. Além disso, a tabela 3 mostra que não há consumo de “pellets” no mercado interno brasileiro devido à falta de conhecimento dos benefícios deste combustível para uso industrial e do clima brasileiro que (na maior parte do país) não exige sistema de aquecimento residencial como nos países frios da Europa.

Tabela 3: Produção, consumo e exportação para 3 países da América do Sul

País	Capacidade de produção	Produção atual	Consumo doméstico	Exportação para Europa
	[t / ano]	[t / ano]	[t / ano]	[t / ano]
Brasil	60.000	25.000	0	25.000
Argentina	7.200	7.200	0	7.200
Chile	80.000	20.000	0	20.000

Fonte: Dolzan (2007)

2.5 “Pellets” de madeira na América do Norte

Comparado a outros combustíveis em uso hoje, os “pellets” de madeira podem ser considerados, relativamente, como um novo tipo de combustível. No começo foram usados para o aquecimento, principalmente por setores industriais, comerciais e institucionais. Quando os primeiros fogões residenciais de “pellets” foram vendidos aos consumidores em 1983, uma grande indústria de “pellets” de

madeira foi criada em seguida. Hoje, os Estados Unidos têm mais de 80 indústrias de “pellets” e produz mais de 800 mil toneladas por ano, segundo dados da Revista Bioenergy Internacional (2007). As indústrias estão distribuídas por todo o território americano principalmente na região nordeste (Figura 15).

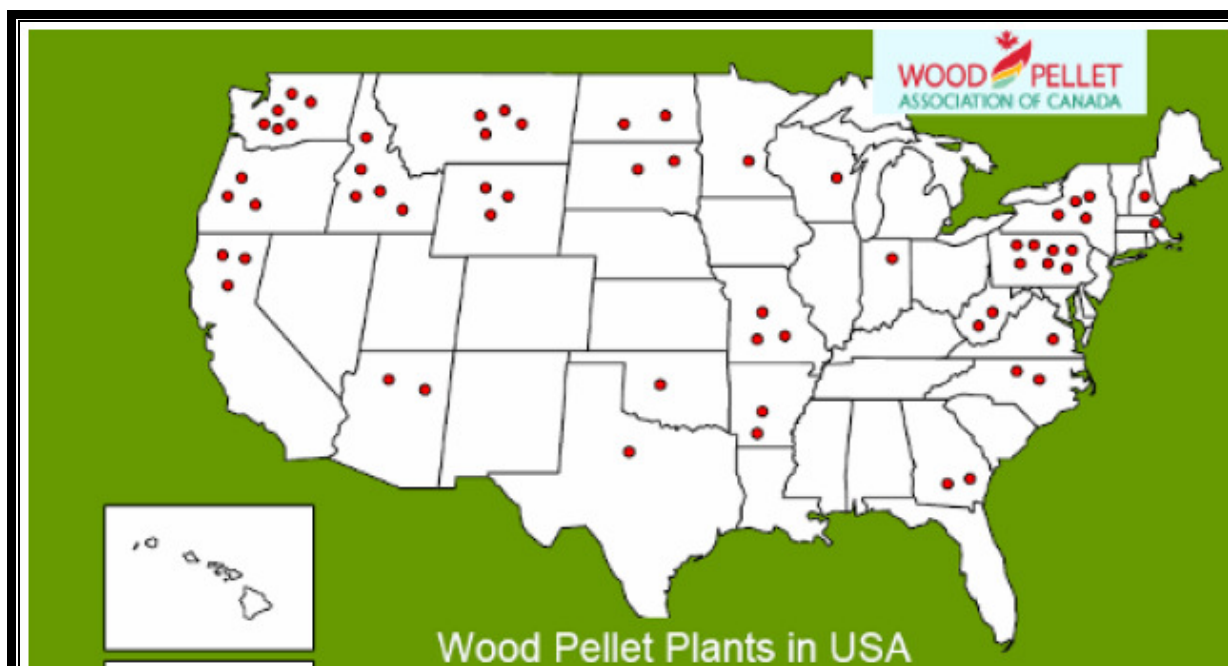


Figura 15: Localização das indústrias de “pellets” nos EUA em 2006.

A produção e a exportação dos “pellets” de madeira no Canadá cresceram exponencialmente nos últimos anos, principalmente na costa oeste do país. Há pelo menos 23 indústrias peletizadoras no país e a produção alcançou 1,4 milhões de toneladas em 2006 (Figura 16).

Segundo a WPAC - Wood Pellet Association of Canadá (2008), o consumo de “pellets” naquele país não passa de 150 mil toneladas por ano com uso restrito ao setor residencial de aquecimento. A maior parte de sua produção é exportada para os EUA e Europa.

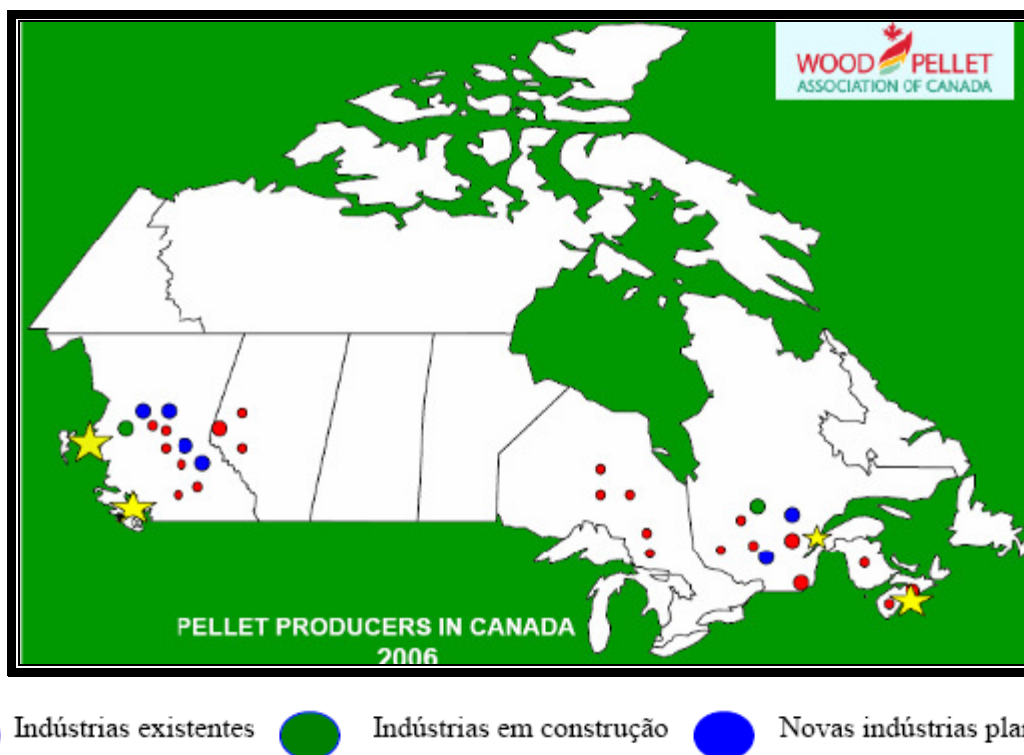


Figura 16: Localização das indústrias de “pellets” no Canadá em 2006

2.6 “Pellets” de madeira na Europa

Na Europa, a produção dos “pellets” em escala industrial começou mais tarde, em 1980. Hoje é a região onde há mais de 440 indústrias que produziram mais de 4,5 milhões de toneladas deste biocombustível em 2006 (JOHANSON, 2007).

As instalações de indústrias em grande escala para produção dos “pellets” são predominantes em países nórdicos (Finlândia, Suécia, Dinamarca e Noruega) visto que o aquecimento central em pequena escala, principalmente no setor residencial, é comum nestes países. Os fogões que utilizam “wood pellets” como combustível são muito difundidos também na Itália, informa Dolzan (2006).

A Suécia tem uma longa tradição em usar combustíveis biológicos para o aquecimento. Os subsídios oferecidos pelo governo para utilização de combustíveis de origem renovável proporcionou uma expansão rápida do mercado de “pellets” naquele país. Entre 1992 e 2001, o consumo sueco aumentou de 50 para 667 mil toneladas por o ano tornando-se líder no consumo e na produção de “pellets” na Europa como mostra a Figura 17. Como consequência desta rápida expansão há 30 importantes indústrias produtoras do biocombustível no país (JONES, 2005).

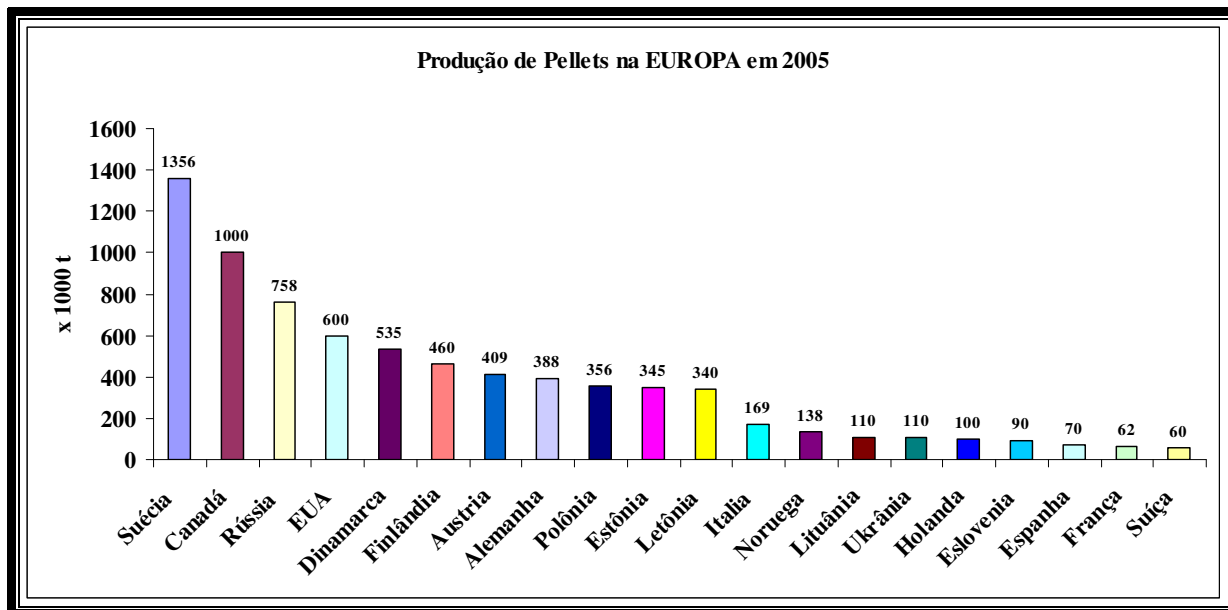


Figura 17: Produção de Pellets na Europa em 2005

Todo ano, no mês de Dezembro, a revista Bioenergy Internacional Journal publica o “The Pellets Map” (Figura 18) com atualização dos produtores do combustível na Europa.

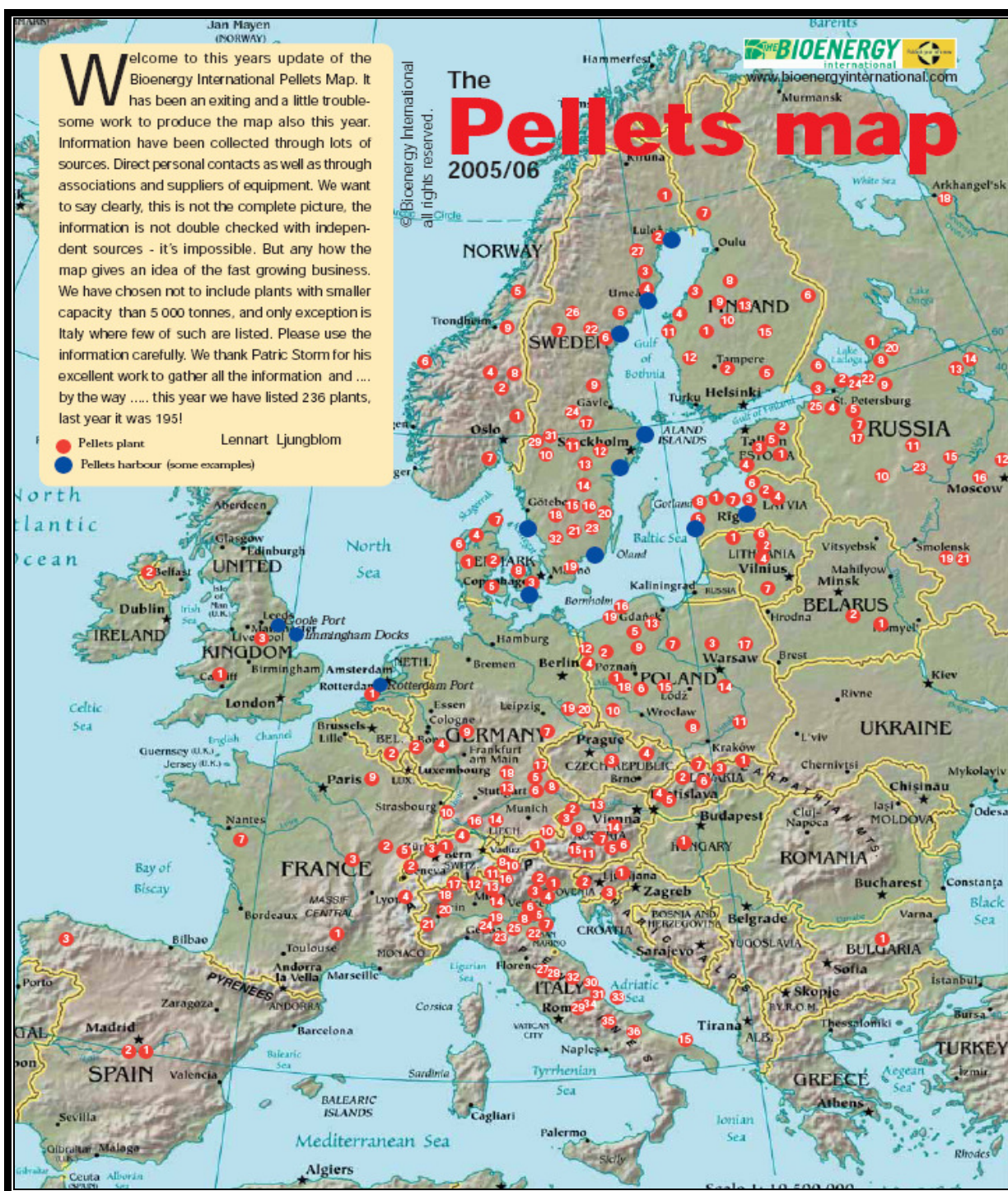


Figura 18: O Mapa anual dos produtores de “Pellets” na Europa 2005/2006.

O mapa mostra uma concentração de indústrias peletizadoras na região central da Europa entre Itália, França e Alemanha. Tal fato é explicado pela facilidade logística que permite rápida distribuição para qualquer parte do continente.

A informação para produção dos famosos mapas de produtores é coletada através de contatos pessoais diretos bem como através das associações e dos fornecedores dos equipamentos das fábricas. A revista, que virou referência mundial na área de “pellets”, e os “Pellets Map” são bons parâmetros para ilustrar o rápido crescimento do mercado com base no número de produtores Europeus que surgem a cada ano (Figura 19).

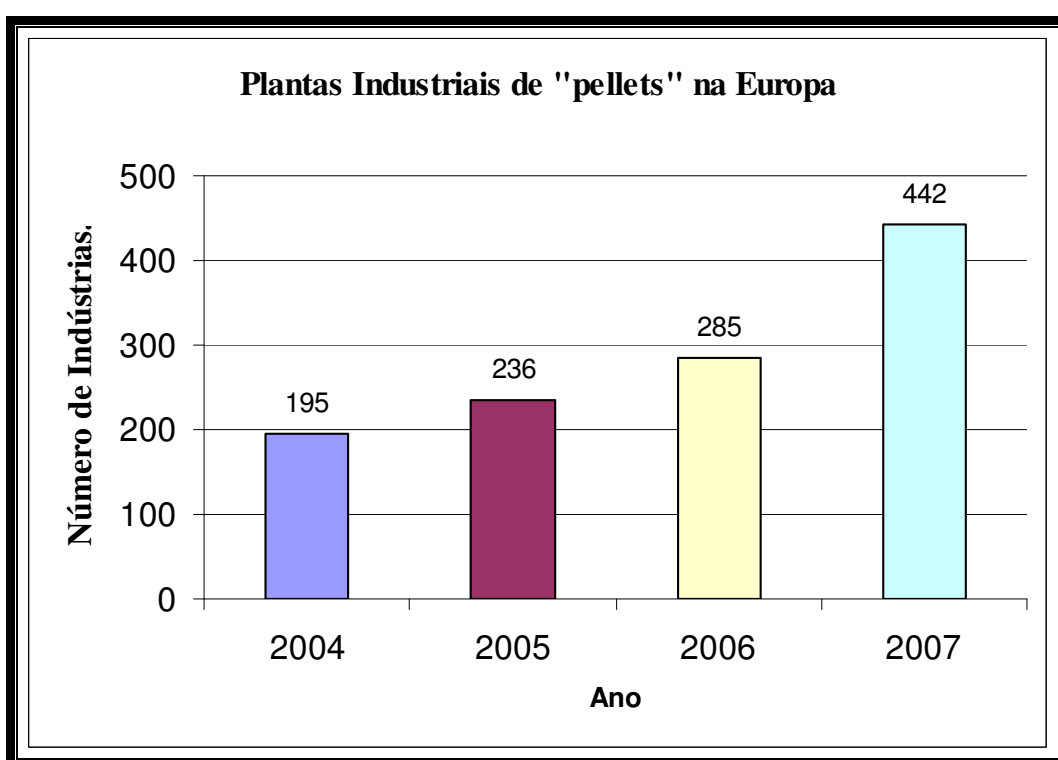


Figura 19: Crescimento dos produtores de pellets na Europa

Esses números mostram que no período de 2004/2005 e 2005/2006 o número de produtores de “pellets” na Europa teve crescimento de 21% a cada ano. E de 2006/2007 o crescimento foi de mais de 55%. Esses dados comprovam a rápida expansão do consumo e da produção destes combustíveis neste continente.

2.7 “Pellets” de madeira na China

A China planeja oferecer 10% do total de energia consumida hoje com fontes renováveis até o ano de 2020. A matriz energética chinesa é baseada no carvão mineral. Segundo Verdesio (2008), ela dispõe de recursos extensivos de biomassa para atingir este objetivo que incluem a palha de arroz e os resíduos da indústria madeireira. O país pretende produzir 50 milhões de toneladas de “pellets” em 2020 e o governo chinês declarou que 50 centrais termoelétricas combinadas serão construídas usando este combustível (resíduos da agricultura ou madeira). Jones (2008) afirma que a China tem problemas sérios com a poluição dos combustíveis fósseis de sua matriz energética, mas viu o potencial dos “pellets” como solução local e global para o problema. De acordo com o relatório da BP-Beyond Petroleum (2008), a China é o país que mais consome carvão mineral do mundo (Tabela 4).

Tabela 4: Consumo de petróleo por habitante.

PAÍSES	Consumo de Petróleo	Consumo carvão mineral
	[milhões t]	[milhões t]
Estados Unidos	943	574
Brasil	97	14
América do Sul e Central	252	22
Europa	950	534
África	138	106
Ásia s/ China e Japão	588	453
China	368	1318
Japão	229	126

Fonte: BP - Beyond Petroleum (2008)

As estimativas de Swaan (2006) demonstram que a China pode e deve produzir muito “pellets” até 2020. Atualmente produz pouco menos que 500 mil toneladas por ano e a previsão projetada para 2020 é de 55 milhões de toneladas por ano.

2.8 Preço dos “pellets” de madeira

De todas as conversões que se faz com biomassa atualmente (biocombustíveis gasosos e líquidos, briquetagem e peletização), os “pellets” são os que obtiveram maior crescimento nos últimos anos e a demanda, por esse tipo de energia renovável, aumentou em 2005 tanto para aquecimento residencial e industrial como principalmente para o uso em usinas termelétricas, por isso Alakangas (2007) pontuou que a demanda, neste período, foi maior que a oferta de produção e os preços, conseqüentemente, subiram como mostrado na Figura 20.

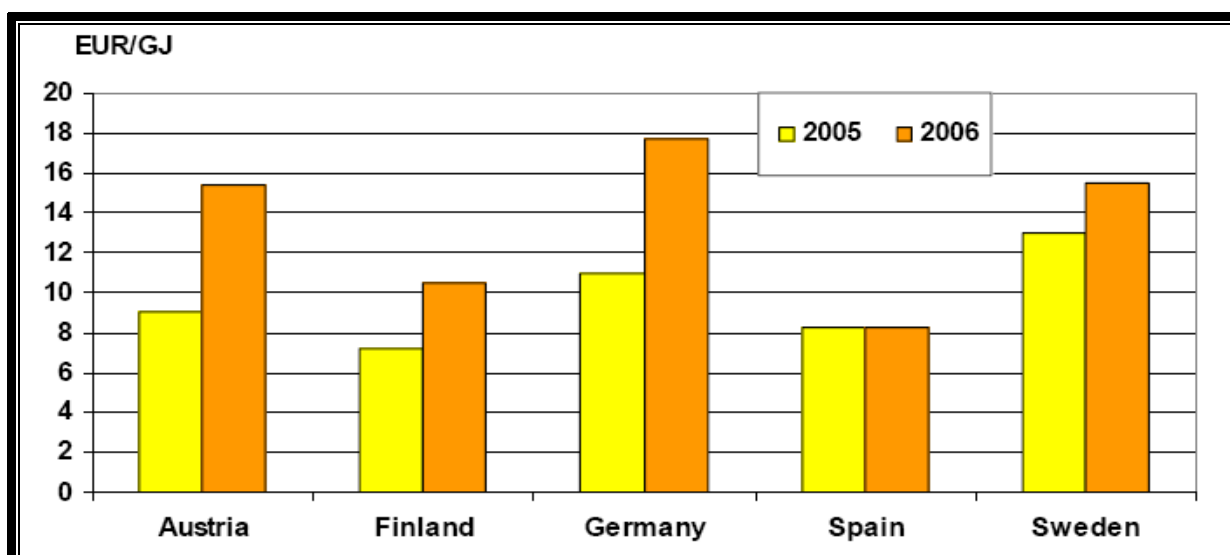


Figura 20: Variação dos preços de pellets na EUROPA no período 2005 e 2006.

Na Alemanha no período de Abril 2007 a Abril 2008 (Figura 21), não houve grandes variações de preços que se mantiveram numa média de € 187 Euros/tonelada. Essa estabilização dos preços no período analisado se deve a entrada de mais produtores de pellets no mercado e o equilíbrio entre oferta e demanda (SOLAR, 2007).

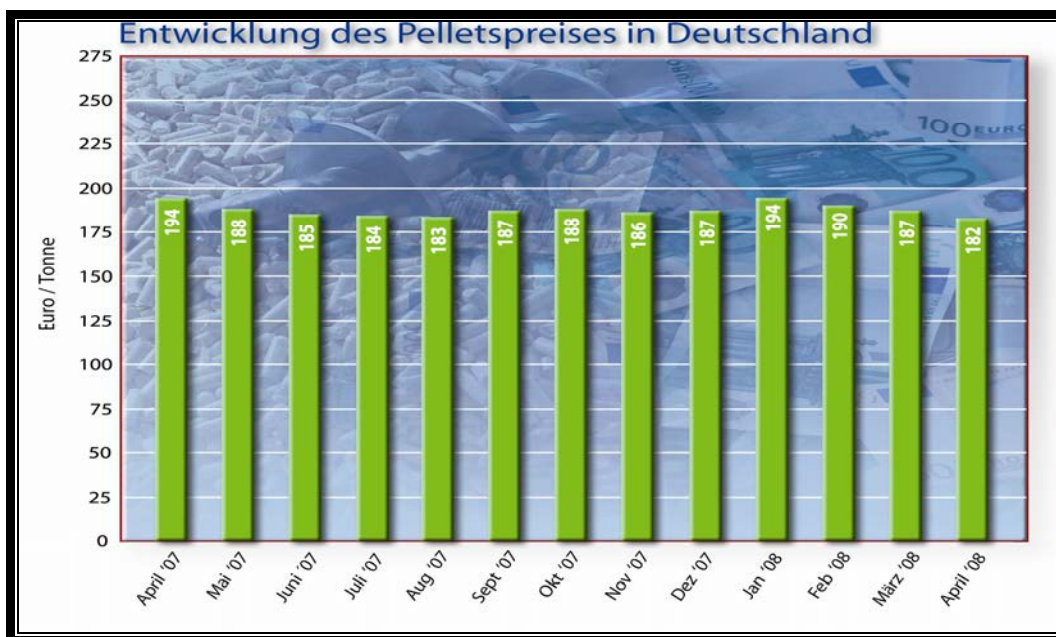


Figura 21: Variação dos preços de pellets na Alemanha em EUROS / tonelada

Nos EUA e Canadá, segundo Kaiser (2008), o preço médio é de US \$ 150 a tonelada e este preço varia de US\$ 120 a US\$ 200 dólares por tonelada dependendo da região e das estações do ano. Muitos consumidores americanos aproveitam o preço baixo e fazem estoques para o inverno já que este combustível é fácil de armazenar e não se degrada se guardado em local longe de umidade.

A qualidade dos “pellets” é medida através do seu teor de cinzas residual: Menos de 1% são chamados de “Premium Grade” e de 1 a 3% são chamado de “Standard Grade”. O primeiro tipo é recomendado para usos residenciais devido ao baixo teor de cinzas e o segundo para aplicações industriais. Outras diferenças entre os dois tipos de “pellets” são mostrados na tabela 5.

Tabela 5: Diferenças entre pellets premium e standard

Características	Premium Grade	Standard Grade
Diâmetro	6 a 8 mm	
Comprimento	≤ 38 mm	
Densidade	≥ 640 kg/m ³	
Teor de cinzas	< 1%	< 3%
Finos < 3 mm	< 0,5 % da massa	
Cloretos	< 300 ppm	

Fonte: Kaiser (2008)

Nos Estados Unidos, em torno de 95% da produção é do tipo “Premium Grade” e são poucas as empresas que o produzem com teor de cinzas de 3% porque o mercado não aceita.

A empresa portuguesa de consultoria Aarsal Ambiente (2008) pontua como sendo um dos benefícios dos “pellets”, a reduzida volatilidade dos preços, na medida em que a estabilidade dos preços é garantida, ao contrário do que acontece com os combustíveis fósseis que vêem seus preços aumentarem constantemente devido à escassez e à dificuldade em garantir o seu fornecimento. Na Figura 22, Rakos (2007) analisou a evolução dos preços, na Europa, dos “wood pellets” ao longo dos anos de 2003 a 2007 e salientou que a estabilidade dos preços do biocombustível é relativa mostrando que os preços, no período analisado, ficaram entre € 175 e € 400 Euros a tonelada de “pellets” indicando que seu preço não é tão estável assim.

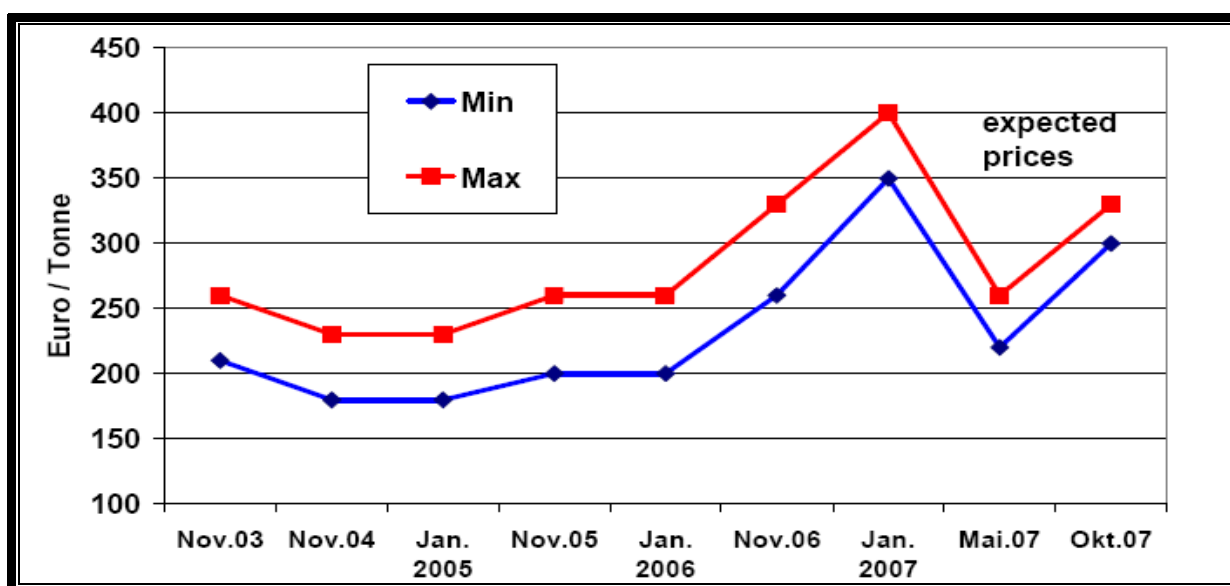


Figura 22: Variação dos preços dos pellets na Europa de 2003 a 2007.

Segundo o Pellet Fuels Institute - PFI, os preços dos “pellets” são mais vantajosos, nos Estados Unidos, que outros combustíveis e disponibiliza uma tabela de conversão “on line” (Figura 23) para os próprios clientes compararem a evolução dos preços do biocombustível (KAISER, 2008).

Compare Fuel Costs

Pellet fuel is a cost stable and price competitive fuel. A good way to understand the price benefits of pellet fuel is to compare it against other home heating fuels. The following chart can assist in comparing home heating fuels.

The values shown are national averages. You may enter your own costs to compare. Enter amounts in dollars except for the cost of electricity, which is in cents. Do not enter a decimal point.

Fuel Type	Cost Unit	Cost Value	Appliance Efficiency (%)
Wood Pellets	Cost per ton in dollars	\$ 225	80
Fuel Oil #2	Cost per gallon in dollars	\$ 3.26	78
Electricity	Cost per kWh in cents	10	100
Natural Gas	Cost per therm in dollars	\$ 1.55	78
LP Gas / Propane	Cost per gallon in dollars	\$ 2.47	78
Hardwood (air dried)	Cost per cord in dollars	\$ 190	60
Coal	Cost per ton in dollars	\$ 250	75

Calculate

Figura 23: Conversão dos preços de pellets para outros combustíveis.

Numa dessas simulações, Kaiser (2008) concluiu que os “pellets” de madeira são mais vantajosos (nos EUA) que o óleo diesel, gás propano e até eletricidade (Tabela 5).

Tabela 6: Comparação de preços dos pellets com outros combustíveis nos EUA

Combustível	Custo dólar US \$	Custo em dólar US \$/ MMBTU ¹	Eficiência da Combustão	Custo em dólar c/ eficiência
wood pellets	275,00 / t	19,27	87%	22,15
Óleo diesel	2,38 / galão ²	21,56	80%	26,95
Eletricidade	0,10 / KWh	29,31	100%	29,31
Gás Propano	2,05 / galão ²	28,06	80%	35,07

1. MMBTU (Million British Thermal Units) ≈ Qtde de energia liberada pela queima de 8 galões de gasolina

2. Galão Americano ≈ 3,78 litros

Fonte: Kaiser (2008)

A eficiência da combustão é dada por:

$$\text{Perdas [\%]} = \frac{\text{energia que sai}}{\text{energia que entra}} \times 100$$

$$\eta \text{ (Eficiência da combustão) [\%]} = 100 - \text{Perdas}$$

Além do fator econômico pode-se considerar ainda os benefícios ambientais dos “pellets” (que poluem menos) e é uma fonte de energia renovável inesgotável pois espécies de reflorestamentos podem ser utilizados para sua produção.

2.9 Normas de qualidades e especificações para os “pellets”

A normatização é utilizada cada vez mais como um meio para se alcançar a redução de custo da produção e do produto final, mantendo ou melhorando a qualidade dos produtos oferecidos. No Brasil, ainda não existe nenhuma norma para a padronização de combustíveis sólidos como os “pellets”. De acordo com Dolzan (2006), países como Áustria (norma M7135), Suécia (norma SS187120) e Alemanha (normas DIN 51731) têm suas normas específicas e os demais países seguem normas da União Européia para combustíveis sólidos. No entanto, há um comitê Técnico trabalhando para estabelecer uma norma comum para toda a Europa. Um comparativo dos padrões utilizados por essas normas é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Comparativo entre normas e padronizações para os pellets.

Especificação	Áustria		Suécia			Alemanha
	Norma M 7135		Norma SS 187120			Norma DIN 51731
	Pellets de madeira	Pellets de casca	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Várias classes
Diâmetro [mm]	4 a 20	4 a 20	4	5	6	4 a 20
Largura [mm]	máxima 100	máxima 100	máx. 100	máx. 100	máx. 100	máx. 100
Densidade [kg/m ³]	> 600	> 500	>600	>500	>500	> 500
Teor de Umidade	< 12%	< 18%	< 10%	< 10%	< 12%	< 12%
Teor de cinzas	< 0,5%	< 6 %	< 0,7%	<1,5%	<1,5%	< 1,5%
Poder Calorífico [MJ/kg]	>18		>16,9			>17,5 a 19,5
Enxofre	< 0,04%	< 0,08%	< 0,08%			< 0,08%
Nitrogênio	< 0,3%	< 0,6%	Deve ser especificado			< 0,3%
Cloro	< 0,02%	< 0,04%	< 0,03%			< 0,03%
Aditivos naturais	Max. 2%		Deve ser especificado			
Durabilidade mec. [%]	90 a 97,5		90 a 97,5			90 a 97,5

Fonte: Dolzan (2006)

Para os exportadores, seguir esses padrões normalizados é vital para manter clientes e não ser excluído do mercado. Durante o transporte nos petroleiros, por exemplo, com enchimento pneumático, o atrito mecânico entre os grãos no armazenamento é elevado e os “pellets” de má qualidade ou fora das especificações produzem grandes quantidades de poeira ou finos que podem gerar, em casos extremos, explosão (DOLZAN, 2006).

Os elevados teores de cinzas dos “pellets” produzidos da casca da madeira formam-se devido aos extrativos presentes neste resíduo e compromete seu uso residencial. A durabilidade mecânica é um importante fator porque determina a quantidade de “pellets” que deverão permanecer intactos nas embalagens. Devido ao pequeno diâmetro e baixa resistência a fratura frágil, este parâmetro é difícil de ser mantido e é um dos principais desafios da produção.

Em alguns países as etiquetas de qualidade (Figura 24) funcionam como um substituto para a falta de um padrão nacional e em outros funcionam como um complemento ao padrão nacional e um diferencial para o consumidor final (WPAC, 2008) como é o caso dos Estados Unidos e Canadá.

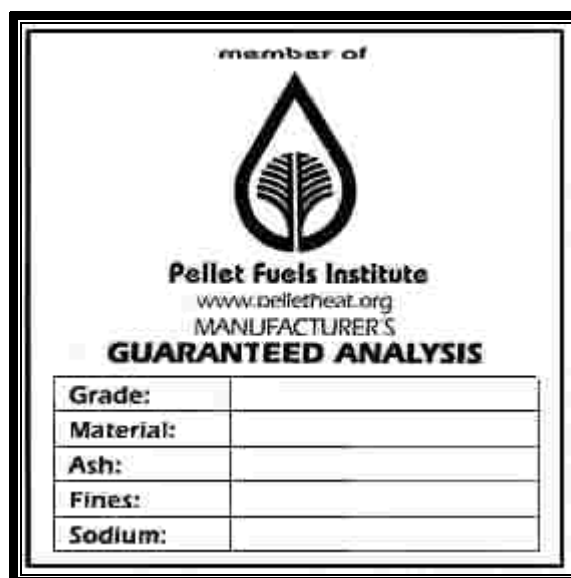


Figura 24: Modelo de etiqueta de produtos pellets

O sódio (sal), se em quantidades elevadas, pode causar a corrosão do sistema de aquecimento. Naturalmente a madeira terá menos de 300 ppm (parte por milhão) de sódio solúvel em água, mas determinados combustíveis feitos da madeira compensada, painéis (MDP e MDF) e papel podem ter níveis elevados de sódio

devido aos aditivos e adesivos utilizados na fabricação desses produtos. Os produtores americanos devem divulgar, na etiqueta de qualidade, o nível de sódio dos “pellets”, de que material ele foi feito, qual o grau de qualidade (premium ou standard), o teor de cinzas e a quantidade de finos encontrados.

2.10 Aplicações e usos dos “pellets”

O desenvolvimento técnico das caldeiras de combustão dos “pellets” progrediu consideravelmente durante os últimos anos. As caldeiras de aquecimento predial automáticas podem igualmente ser usadas nos edifícios com a mesma eficiência de sistemas de aquecimento convencionais com óleo ou gás. De acordo com Shaw (2006), os principais usos deste biocombustível atualmente são:

- a) Sistemas de aquecimento em grande escala para indústrias: Esta aplicação é encontrada primeiramente na Suécia por causa do baixo custo deste combustível em relação ao combustível fóssil (devido aos subsídios dados pelo governo). Há empresas termoelétricas que utilizam os “pellets” para produzir a eletricidade.
- b) Sistemas de aquecimento de tamanho médio para indústrias e comércio: A situação na Alemanha e Áustria é a mesma que para dispositivos de aquecimento em grande escala na Suécia. Na Baviera há uma unidade de demonstração que funciona com 10 MW de potência usada em um secador industrial.
- c) Aquecimento em escala reduzida para pequenos edifícios e casas: Os “pellets” são economicamente viáveis e tem a vantagem técnica da menor complexidade do armazenamento, alimentação e os custos de investimento para implementação são baixos.
- d) Pequena central de aquecimento para casas: Uso residencial em aquecimento interno. Pequenas estufas que utilizam “pellets” com melhor qualidade. Estudos revelam que em todos os países da Europa há um grande crescimento nas vendas de estufas residenciais para aquecimento usando os “pellets” (Figura 25).
- e) Fogões e fornos movidos a “pellets”: Uso residencial em regiões que utilizam a lenha como combustível. Na falta da lenha ou dificuldade de encontrá-la usam-se os “pellets” no seu lugar.

Para o Brasil não há aplicação dos “pellets” em sistemas de aquecimento residencial onde são utilizados mais a eletricidade e o gás como fontes de energia. Mas o setor industrial e as pequenas e médias empresas como as pizzarias, padarias e olarias são clientes em potencial.



Figura 25: Sistema de aquecimento residencial movido a “pellets”

Há quatro tipos principais de sistemas de aquecimento apropriados para os “pellets” e diferem, basicamente, na potência instalada e nos preços. Nos Estados Unidos esses sistemas residenciais custam, em média, de US \$1500 a US \$ 2500 cada. O fogão pequeno tem de 6 a 10 kW de potência e são utilizados em casas com uma família apenas. Os médios têm de 10 a 20 kW de potência e podem ser utilizados em pequenas centrais de aquecimento que abastecem duas ou três casas ao mesmo tempo. As estufas grandes têm de 20 kW a 50 kW e são ideais para prédios ou muitas casas (Figura 26). Além desses, existem os sistemas industriais, como as termelétricas, por exemplo, com maiores potências (SHAW, 2006).



Figura 26: Sistema de aquecimento com “pellets” para edifícios ou condomínios

2.11 Desafios técnicos dos “pellets”

Há diversos fatores que dificultam uma maior penetração deste biocombustível no mercado global. Segundo Passalacqua (2004), alguns destes gargalos produtivos são:

a) Produção e qualidade

Mesmo com o mercado cada vez mais profissional e os avanços tecnológicos conseguidos ao longo dos últimos 10 anos, permanecem ainda, alguns problemas a respeito da durabilidade e da qualidade consistente dos “pellets”. Produção de alta qualidade mecânica capaz de suportar a abrasão durante o transporte e a armazenagem são os principais desafios para os fabricantes. Os “pellets” de alta qualidade são particularmente importantes para mercados residenciais com suas unidades pequenas de combustão, especialmente porque as de qualidade baixa causam problemas em sistemas de carregamento e unidades da combustão.

b) Transporte

O carregamento e o enchimento de silos ou de depósitos de armazenamento causam forte abrasão mecânica que podem levantar grandes quantidades de poeira, além disso, o transporte nos petroleiros, com sistemas pneumáticos de carregamentos, podem esmagar os “pellets” e resultar na produção de grandes quantidades de finos e material degradado que ocasionam riscos de explosão e baixam a qualidade dos “pellets”. As empresas portuárias não têm experiência ainda no transporte destes combustíveis sólidos.

c) Fogões e sistemas de aquecimentos

A eficiência dos queimadores de “pellets” e os preços praticados no mercado são desafios para a popularização do seu uso. Além disso, são relatados casos em que a empresa não dispõe de técnicos para dar suporte no pós-vendas ou manutenção nos equipamentos. A cooperação entre produtores de “pellets” e os fabricantes de estufas com o objetivo de resolver estes pequenos problemas são desafios que já estão sendo superados pela indústria através de congressos técnicos, exposições e treinamentos.

Além destes desafios técnicos a superar existem outros de ordem não técnicas que também necessitam de cuidados:

- Há ainda uma falta do conhecimento, de informação e de confiança a respeito deste combustível. Não há projetos bem sucedidos para demonstração (principalmente aqui no Brasil). O aquecimento com biomassa é associado ainda com os sistemas de carregamento manual que não são considerados práticos e convenientes. Esta falta da informação refere-se não somente a consumidores, mas igualmente aos políticos, as administrações locais, comerciantes, arquitetos e engenheiros. Em consequência disto, atores importantes desta inovação preferem soluções de aquecimento tradicionais usando o gás, o óleo ou a eletricidade. A maioria dos proprietários europeus que já utilizam os “pellets” obtiveram informação nas feiras de comércio, exposições e através dos amigos. Para o Brasil este é um caminho a seguir.
- Os aspectos econômicos têm grande influência na escolha do sistema de aquecimento. Os custos de investimento nas instalações de “pellets” para o aquecimento, carregamento e armazenamento são, em média, duas vezes mais elevados que aqueles para sistemas de aquecimento com óleo. Em alguns

países (Suécia, Áustria e Alemanha) há bons subsídios governamentais que ajudam a diminuir os custos finais tornando-o viável.

2.12 O Estado da arte – Tecnologia

Depois de 26 anos da implantação da primeira indústria de “pellets” na Suécia e todos os avanços tecnológicos que aconteceram neste intervalo de tempo não alteraram muito os processos tradicionais de peletização atuais que podem ser resumidos em quatro principais segundo Passalacqua (2004):

1. Secagem – O matéria-prima a ser peletizada não pode conter teor de umidade maior do que 17% (base úmida).
2. Picador - A matéria- prima tem que ser moída para produzir o material uniforme para alimentar a peletizadora. O tamanho das partículas é determinado pelo diâmetro dos “pellets” a produzir.
3. Peletizar - O material uniforme é acondicionado numa matriz de aço que o pressiona através dos furos. No lado oposto sai o material que é cortado por uma faca em tamanhos padronizados conforme o diâmetro.
4. Acondicionamento - Quando os “pellets” saem da máquina estão muito quente s (normalmente 90 a 95°C). O processo da peletização libera a umidade, que tem que ser removida junto com o calor. O acondicionamento ou assemblagem ajuda-o a estabilizar, endurecer e dar formas finais.

Muitas empresas oferecem máquinas com grandes capacidades de produção e avançados controles dos processos que trazem como benefícios: economia de dinheiro e tempo, maior segurança, maior vida útil, facilidade de manutenção e ajustes. O modelo CPM 790 da empresa Califórnia Pellet Mills, por exemplo, oferece ajuste por controle remoto dos rolos da matriz perfurada de aço que faz a compactação da matéria-prima (Figura 27) tem potência de 423 HP e produção média de 5 toneladas por hora.

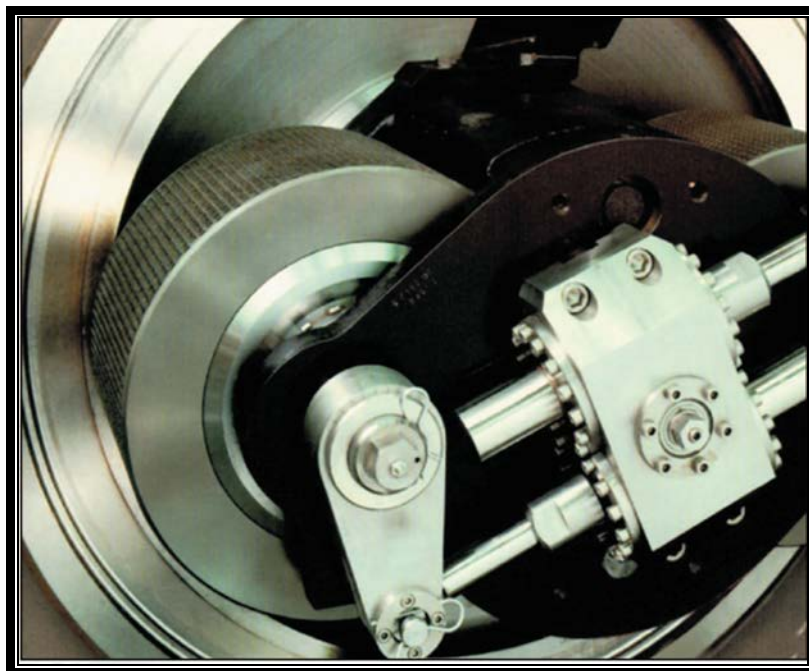


Figura 27: Peletizadora CPM 790 c/ ajuste automático – California Pellets Mills

A empresa Austríaca Andritz Sprout oferece a peletizadora modelo PM30 especialmente desenhada para a demanda de “pellets” de madeira com dois rolos de compactação com diâmetros de 400 mm cada e 423 HP de potência e produção de 5 toneladas por hora (Figura 28).



Figura 28: Peletizadora PM30 potência de 423 HP – Andritz Sprout

A tradicional empresa alemã Bühler Group divulga que suas máquinas podem produzir até 30 toneladas por hora. Tem rolos de compactação de 440 mm e potência de 423 HP com ajustes automatizados (Figura 29).

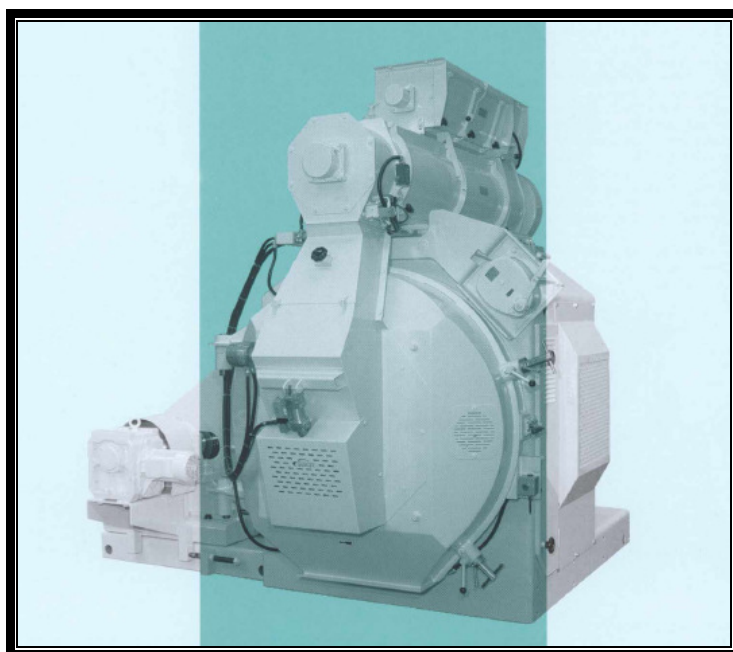


Figura 29: Peletizadora DPGC potência de 423 HP - Bühler Group

Mas a grande inovação tecnológica no setor de peletização vem da empresa italiana Ecotree System que patenteou uma nova tecnologia industrial para obtenção dos “pellets” de resíduos agroflorestais (Figura 30). Segundo a empresa, esse novo processo reduzirá os custos de produção porque reduz o consumo de eletricidade em até metade dos valores atuais. O sistema funciona sem nenhum aditivo e a temperatura de funcionamento máxima é de 60°C, quando o equipamento alcança sua máxima capacidade de produção. Essa baixa temperatura do processo tem como vantagens menor eliminação de vapores (energia dissipada), empacotamento direto sem necessidade de estabilização e baixo custo de investimentos em equipamentos. Além disso, o equipamento pode processar com umidade da matéria-prima em torno de 30 a 35%, eliminando desse modo, a necessidade de um secador e os gastos de energia para este processo. Toda a operação é automatizada e monitorada em um painel de controle com um microprocessador que adapta, automaticamente, os parâmetros de funcionamento às características do material a ser peletizado. Dependendo do tipo de serragem de madeira, a densidade dos “pellets” (com diâmetro de 6 mm e comprimento de 12 mm) pode variar de 650 a 780

kg/m³. Segundo o fabricante, todas as especificações e características de qualidade cumprem com os padrões europeus e americanos oficiais.



Figura 30: Peletizadora modelo ETS[®] P 600/2/RS - EcoTreSystem

Segundo a empresa EcoTre System (2008), a máquina pode produzir de 2 a 4 toneladas de “pellets” por hora com muito mais economia que os modelos atuais do mercado.

2.13 Vantagens e desvantagens dos “pellets”

A International Energy Agency (IEA, 2006) fez um estudo em parceria com a Unicamp – Universidade de Campinas sobre o mercado mundial dos “pellets” de madeira. O relatório apresenta muitas vantagens e algumas desvantagens na utilização dos “pellets” em comparação com outros combustíveis como o carvão mineral e o óleo.

a) Vantagens gerais do uso dos “pellets”

- Reduz a dependência do petróleo e gás
- Fonte de energia renovável e sustentável
- Preço estável e previsível, não ligados a eventos no mundo como o petróleo
- Reduz o desperdício de resíduos florestais e diminui custos de produção
- Fornece oportunidades de emprego local (desenvolvimento regional)
- Baixa emissão de poluentes com baixo teor de cinzas

b) Vantagens para uso industrial e doméstico dos “pellets”

- Fácil armazenagem e não se degrada devido à baixa umidade
- Alto poder calorífico e ocupa pequeno espaço para armazenagem
- Exige pouca manutenção, somente remoção mínima de cinzas ao final.
- Menor custo em relação aos derivados do petróleo e maior eficiência
- Fácil abastecimento podendo ser sistemas automatizados
- Ignição inicial fácil devido à baixa umidade e tamanho regular
- Combustão limpa que libera quantidades mínimas de poluentes
- Combustão previsível e saída de calor constante
- Maior eficiência da queima devido à baixa umidade

c) Desvantagens do uso dos “pellets”

- Grande quantidade de energia utilizada para sua fabricação devido aos vários processos de produção.
- Em comparação com o óleo, há a necessidade de um maior estoque de armazenagem, maior controle do processo e remoção regular das cinzas.

2.14 Os 10 maiores produtores de “pellets”

O Grupo VAPO é o líder mundial do mercado de biocombustíveis. Com empresas na Finlândia, Suécia, Dinamarca, Letônia, Rússia e Polônia têm facilidades de entrega de grandes quantidades de “pellets” em qualquer parte da Europa com rapidez e economia. Esta flexibilidade logística, a produção em grande escala aliada aos 60 anos de experiência no ramo de biocombustível faz deste grupo o maior produtor de “pellets” do mundo (Tabela 8).

Tabela 8: Os 10 maiores produtores mundiais de pellets

Posição	Empresa	País	Produção Anual [t]
1º	VAPO Pellets	Suécia	500.000
2º	Energy E2	Dinamarca	280.000
3º	Premim Pellets	Canadá	200.000
4º	SCA BioNorr AB	Suécia	160.000
5º	Pacific Bioenergy Corp	Canadá	140.000
6º	Skelleftea Kraft	Suécia	130.000
7º	BBG Hansa Grannul	Estônia	120.000
8º	BBG Graujas Granula	Latvia	110.000
9º	Fulghum Fibres Fuels	EUA	110.000
10º	Labee Group	Holanda	100.000

Fonte: Bioenergyinternational Journal nº 17 (2005)

A matéria prima para a fabricação dos “pellets” são variadas: madeira, resíduos agroindustriais e florestais. A empresa também fabrica briquetes de diversos diâmetros.

3. DISPOSIÇÕES FINAIS

Com base nos textos e artigos consultados neste trabalho, pode-se afirmar que o mercado dos “wood pellets” está crescendo rapidamente em todos os países da Europa, América do Norte, Ásia e no Brasil começam a se formar as primeiras indústrias com intenção de exportação para o mercado Europeu.

Os constantes aumentos do preço do petróleo e as crescentes mudanças climáticas causadas por emissões de dióxido de carbono (CO₂) impulsionaram o mercado.

O fator crítico para montar uma indústria com grande escala de produção é a disponibilidade de matéria-prima próxima e o transporte, devido ao grande volume ocupado pela biomassa e sua baixa densidade.

Empresas do setor sucroalcooleiro começam a produzir “pellets” com o bagaço da cana de açúcar para agregar valor ao subproduto e obter maiores rendimentos financeiros.

Todas as vezes que houver resíduos de biomassa lignocelulósica é preferível densificá-la ao invés de utilizá-la no estado natural. Essa medida facilita o transporte, uniformiza o material, favorece a estocagem e aumenta o poder calorífico (compactação e umidade), tornando a queima mais eficiente. Além disso, a utilização da biomassa como matéria-prima para a produção de biocombustíveis elimina áreas de estocagem de resíduos nas indústrias, facilita as operações dos tratamentos culturais na floresta e agrega mais valor aos resíduos.

O biocombustível compactado poderá ser uma fonte de rendimentos para as empresas, através da venda do seu excedente ou da sua utilização em plantas de co-geração de energia.

Por ser fonte de energia limpa e renovável, a biomassa absorve CO₂ da atmosfera no crescimento e ao queimar libera-o novamente, por isso tem CO₂ neutro, porque simula o ciclo natural da madeira na combustão.

Os “pellets” têm um melhor tempo de armazenagem e não se degradam facilmente podendo ser integrados a sistemas com alimentação automática nas indústrias. O Brasil tem um potencial enorme a ser desenvolvido na área de “pellets” de madeira devido às suas imensas áreas com reflorestamentos e o crescimento do setor sucroalcooleiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAKANGAS, E. **Biomass fuel trade in Europe. Summary Report.** EUBIONET II. [ppt] Intelligent Energy Europe. Finlândia, 2007. 57p.
- ARSAL AMBIENTE. Equipamentos e consultoria Ltda. **Sistema de Produção de Pellets de Madeira.** Disponível em: <<http://www.pelletslar.com/?option=5>> . Acesso em: 04 Mai. 2008.
- BP, Beyond Petroleum. **Statistical Review of World Energy June 2008.** Londres. 48 p. Disponível em: <<http://www.bp.com/home.do?categoryId=1>>. Acesso em: 08 Jul. 2008.
- BRASPELLET Comércio & Indústria de pellets Ltda. **Relatório da First Place Empreendimentos.** Disponível em: <<http://www.ecopellet.com.br/index.htm>> Acesso em: 23 Mai. 2008.41p.
- BIOENERGY INTERNACIONAL JOURNAL. **The Pellets Map 2007.** n.23, v.3. Stockholm, 2006.28p.
- COUTO, L.; MÜLLER, M. D.; JUNIOR, A.G.S.; JOSÉ, L. e CONDE, N. **Produção de pellets de madeira – o caso da Bio-energy no Espírito Santo.** Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/artigos/005-LCouto-2004-B&E-45-52.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2008.7p.
- DIAS, J.J.M. **Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas.** Universidade Técnica de Lisboa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Lisboa, 2002. 112p.
- DIN 51731: **Testing of solid fuels** – Compressed untreated wood, Requirements and testing, Deutsches Institut für Normung (Ed.). Berlin, 1996.
- DOERING, A. **Densification of Agricultural Biomass.** Agricultural Utilization Research Institute. University of Minnesota. Minnesota, 2007.17p.
- DOLZAN, P. IEA Bioenergy. **Global Wood Pellets Markets and Industry: Policy Drivers, Market Status and Raw Material Potential.** Organizado pela IEA- International Energy Agency – Task 40. Paris, 2006. 112p.
- ECOTRE SYSTEM. Servizi e Impianti Tecnologici Brevettati. **The New Frontier of Pelleting Process.** Disponível em: <<http://web.tiscali.it/homecotresystem/>>. Acesso em: 29 Jun 2008.
- GRIMM, A. **Preliminary Tests with Birch Wood Pellets in Up-Draft Air Gasifier.** Division of Chemical Reaction Engineering. Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries. Stockholm, 2005. 46p.

I.E.A. **Global Wood Pellets Markets and Industry**. Organizado pela IEA-International Energy Agency – Bioenergy Task 32. Paris, 2006. 87p.

JOHANSON, K. **Pellet production**. In: Pellets / 2007 Conference. Seminar presentations. Orebra, 2007. 35p.

JONES, J. **Why pellets are packing the power**. Editor of Renewable Energy World. Disponível em: < www.renewable-energy-world.com>. Acesso em: 14 Mai. 2008.12p.

KAISER, D. **Pellet Fuels Institute**. Price Pellets. Disponível em: <<http://www.pelletheat.org/3/industry/index.html>>. Acesso em: 20 Mai. 2008.

KAYAL, T. M.; Chakravarty, M. Mathematical modelling of continuous updraft gasification of bundled jute sticksa low ash content of woody biomass. **Biores. Technol.** p.49 - 61. 1994.

LIMA, C. R. Viabilidade econômica da produção de briquetes a partir da serragem de Pinus sp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. **Anais...** São Paulo: CBPE, 1998. p.1-4.

MATSUMURA, Y. Amount, availability, and potential use of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan. **Biomass and Bioenergy** n. 29, p. 347-354. Ohio, 2006.

MACHADO, P. Jornal do Comércio e Indústria. Disponível em: <<http://www.dci.com.br>>. Acesso em: 10 Mai. 2008.

MME. **Balanco Energético Nacional**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 04 Abr. 2008.

MELLO, M. G. **Biomassa Energia dos Trópicos em Minas Gerais**. LabMídia / FAFICH, Belo Horizonte, 2001. 32p.

MOGLIORINI, A. J. **Densificação de Biomassa Florestal**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n.2. 1980.

OLSSON M. Emissions from burning of softwood pellets. **Biomass and Bioenergy** n. 27. p.607–611. Goteborg, 2004.

PASSALACQUA, F. **Pellets in southern europe. the state of the art of pellets utilization in southern europe. new perspectives of pellets from agri-residues**. 2° World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, p.10-14. Roma, 2004.12p.

PELLETS LAR. **Indústria de pellets de Portugal**. Layout industrial. Disponível em: <<http://www.pelletsLAR.com>>. Acesso em: 29 Abr. 2008.

QUIRINO, W.F. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Piracicaba: ESALQ. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991.64 p.

REIS, J. C. **A sustentabilidade do álcool combustível-Relatório**. Disponível em: <www.infinitybio.com.br>. Acesso em: 16 Mai. 2008.

RAKOS, C. **Recent developments in European pellet markets**. Pro Pellets. In: Conference International Pellets for Bioenergy. Viena, 2007. 29p.

REED, T. **Densified biomass a new form of solid fuel**. Golden, Solar Energy Research Institute. Colorado, 1978. 30p.

SHAW, M. **Feedstock and process variables influencing biomass densification**. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agronômicas). Department of Agricultural and Bioresource Engineering University of Saskatchewan .Saskatoon, 2008.159p.

SWAAN, J. **Domestic and International Markets for Wood Pellets**. Diretor Executivo da Wood Pellet Association of Canadá. Alberta, 2006. 42p.

SIMÕES, V.P.M. **Produção de briquetes de carvão vegetal com alcatrão de madeira**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.53p.

SCHNEIDER, B. **Relatório anual em pdf**. Diretor Executivo da Buhler Group. Suíça. Disponível em: <<http://www.buhlergroup.com/18812PT.htmgrp=60>>. Acesso em: 20 Abr. 2008.

SOLAR, P. GmbH. **Seminário sobre energia na Alemanha**. Disponível em: <www.interpellets.de>. Acesso em: 14 Mai. 2008. 25p.

SS 18 71 80: Biofuels and Peat – **Determination of mechanical durability of pellets and briquettes, pellets**. Classification Swedish Standards. Stockholm, 1999.

ONORM M 7135. **Compressed wood or compressed bark in natural state - Pellets and briquettes, Requirements and test specifications**, Osterreichisches Normungs Institut, Vienna, 2000.

VERDESIO, J.J. **Viabilidade das energias renováveis no Brasil**. Universidade de Brasília. Palestra. Brasília, 2008.68p.

W.P.A.C. **Wood Pellet Association of Canada**. Disponível em: <<http://www.pellet.org>>. Acesso em: 16 Abr. 2008.