

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confecção de
Briquetes

Julio Cesar Marchiori de Paula

Orientadora: Érika da Silva Ferreira

Seropédica, RJ
2006

Aproveitamento de Resíduos de madeira para Confecção de Briquetes

RESUMO

Este trabalho discute o aproveitamento dos resíduos, produzido desde a exploração florestal até o processamento mecânico da madeira, e sugere como fonte alternativa para geração de energia a fabricação de briquetes. No Brasil ocorrem problemas ambientais relacionados a contaminação do solo, ar e água, através do descarte inadequado de resíduos gerados durante o processo de transformação da madeira. Portanto, torna-se necessário obter-se mais informações sobre os problemas inerentes à origem e quantidades envolvidas neste processo, no sentido de proporcionar um uso mais adequado desses materiais. Existem várias opções para o aproveitamento dos resíduos, dentre as mais relevantes pode-se citar: a utilização como cama para aves em granjas, indústrias de painéis de madeira reconstituída, compostagem, geração de energia pela queima direta ou transformação dos resíduos em briquetes. Reutilizando os resíduos como matéria-prima na produção de briquetes, o que era descartado torna-se um novo produto, contribuindo para o controle do desmatamento e economia de energia.

Palavras-chave: Resíduos de madeira, briquete, bioenergia.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confecção de
Briquetes

Julio Cesar Marchiori de Paula

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Florestal, como
requisito parcial para obtenção do
Título de Engenheiro Florestal,
Instituto de Florestas da
Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro.

Orientadora: Érika da Silva Ferreira

Seropédica, RJ
2006

Monografia aprovada em 22 de setembro de 2006.

Comissão examinadora,

Orientadora: _____
Prof. Msc. Érika da Silva Ferreira

Titular 1: _____
Prof. Dr. Edvã Oliveira Brito

Titular 2: _____
Prof. Dr. Alexandre Miguel Nascimento

Utilization of Wood Residues for Briquetts Production

ABSTRACT

This work discusses the use of residues, produced from the forest exploration up to mechanical processing of wood, and it suggests as alternative source for generation of energy the briquetts production. In Brazil it happens environmental problems related of the contamination of the soil, air and water through the inadequate discard of residues generated during the process of transformation of the wood. Therefore, it becomes necessary to obtain more information on the inherent problems to the origin and amounts involved in this process, providing more appropriate uses of those materials. Several options exist for the use of the residues, among the most important it can be mentioned: the use as covering for chicken farms, industries of panels of reconstituted wood, composting, generation of energy for the burns direct or transformation of the residues in briquetts. Reusing the residues as raw material for briquetts production, the one that was discarded becomes a new product, in that way the control of the deforestation is aided and it contributes with the economy of energy.

Keywords: Wood Residues, briquetts, bioenergy.

A Deus, porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. Aos meus amados pais, Sra. Aurea Regina Marchiori de Paula e Sr. Marco Antonio de Paula, pelo apoio e o incentivo em todos os momentos de minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me sustentado e fortalecido a cada manhã.

Aos meus pais por dedicarem as suas vidas com amor para a formação do meu caráter, o que me levará a um futuro de sucesso. Eu os amo muito.

À minha irmã, Juliana Marchiori de Paula que sempre teve uma resposta para as minhas dúvidas e por ser um referencial de sucesso para minha vida.

À minha querida namorada, Carolinne Matias de Souza por sempre estar ao meu lado me incentivando com muito amor, semeando fé em meu coração para crer que eu venceria mais esta etapa da vida e por ser a pessoa mais linda e especial que Deus pode dar para um homem.

Ao meu cunhado Marcelo Lemos Stoltzenburg , pelo incentivo, pelo exemplo de vitória e pela ampliação da minha visão de futuro.

À família da minha namorada, Sr. Orlando, Sr. Kátia e Jéssica por me acolherem e me incentivarem em todos os momentos em que precisei.

Ao Pr. Vladimir e Pra. Éster pelas orações e incentivo.

Ao Pr. Márcio Rocha e Pra. Marisângela Ciqueira por sempre profetizarem bênçãos sem medida e me fazerem crer que o melhor de Deus ainda está por vir.

Ao Pr. Marcus Gregório e Pra. Cristina Almeida por me fazer entender o princípio de prosperidade e sabedoria divina.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que foi a instituição que me recebeu e formou o meu caráter profissional.

À minha orientadora Érika da Silva Ferreira que aceitou o desafio, acreditou em meu potencial e contribuiu de forma significativa com os seus conhecimentos para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Edva de Oliveira Brito, que contribuiu com apoio, informação e orientação para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alexandre Miguel do Nascimento, pelo auxílio durante a minha jornada acadêmica.

Ao Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho, que através dos seus conhecimentos, contribuiu para o enriquecimento da minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Azarias Machado de Andrade, que contribui diretamente para o sucesso do presente trabalho.

Aos professores do Departamento de Silvicultura, pelos conhecimentos oferecidos para a minha formação profissional.

A todos os professores do Departamento de Produtos Florestais, que me deram conhecimento e me apoiaram nas horas necessárias.

Aos funcionários Sebastião, Zé Carlos e Daniel, pelo apoio em todos os trabalhos desenvolvidos durante a graduação e pelos momentos de descontração.

À Empresa BIOMACHINE, pelas informações disponibilizadas com bastante eficiência e clareza sobre o tema abordado.

Ao Sr. Edgard Jorge, por ter me ensinado que onde há vontade, há um caminho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. A PROBLEMÁTICA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL..	4
3. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (MME, 2005)	12
3.1. Energia Primária.....	12
3.1.1. Lenha	19
4. BRIQUETAGEM.....	22
4.1. Processo de Briquetagem.....	23
4.1.1. Resíduos Ligno-Celulósicos	23
4.1.2. Carvão Vegetal	24
4.2. Quadro comparativo briquete x lenha.....	29
4.3. Mercado Consumidor.....	30
4.4. Utilizações do Produto.....	30
4.5. Custos de Implantação de uma Usina de Briquetes.....	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas dos processos de industrialização da madeira e descrição dos resíduos gerados.	7
Figura 2. Etapas do processo de industrialização da madeira e descrição dos resíduos gerados.	11
Figura 3. Estrutura da Oferta Interna de Energia - OIE (%) renovável e não renovável no Brasil e no Mundo.	13
Figura 4. Consumo setorial de biomassa no Brasil por um período de três décadas.	15
Figura 5. Variação da oferta mundial de energia por tipo de fonte analisada, década de 70 e atual.	17
Figura 6. Variação do consumo mundial de energia por tipo de fonte analisada, década de 70 e atual.	17
Figura 7. Consumo de lenha, para geração de energia e consumo comercial, por setor.	20
Figura 8. Fluxograma: geração de resíduos x processo de briquetagem.	27
Figura 9. Diversos tipos de materiais briquetados.....	28
Figura 10. Exemplos de utilização em aquecedores para hotéis e piscinas.	31
Figura 11. Exemplos de utilização em secadores e torradores de grãos.	31
Figura 12. Exemplos de utilização em caldeiras.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tipos de resíduos que são gerados ao longo da cadeia produtiva florestal	8
Tabela 2. Consumo de lenha no Brasil 2003 / 2004, nos vários setores do país (10 ³ t)	19
Tabela 3. Quadro comparativo (briquete x lenha)	29
Tabela 4. Quadro comparativo	29
Tabela 5. Comparação entre consumo mensal de briquetes x lenha	30
Tabela 6. Custos de implantação de uma usina de produção de briquetes	32

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, ocorrem problemas ambientais relacionados a contaminação dos solos e lençóis freáticos devido ao acúmulo e descarte inadequado de resíduos das indústrias madeireiras.

De modo geral a serragem gerada é queimada ou disposta em aterros inadequados acarretando o desprendimento de chorumes provocando danos ao ambiente, principalmente em córregos, rios e mananciais.

O grande volume de resíduos gerados pelas indústrias de transformação da madeira é um problema existente em praticamente todas as serrarias brasileiras. Embora as empresas modernas incluam em sua atividade o gerenciamento ambiental e o aproveitamento integrado de seus subprodutos, a maioria das serrarias instaladas ainda está despreparada para o descarte apropriado de seus rejeitos (Revista da Madeira, 2005).

A indústria brasileira produziu 166.310 milhões de metros cúbicos de madeira de reflorestamento ou nativa no ano de 2000, estima-se que pelo menos a metade desse volume, cerca de 80 milhões de metros cúbicos de madeira foi transformada em resíduos (CARVALHO & CÂMARA, 2002).

Quanto mais informações e conhecimento sobre os problemas inerentes à sua geração, de suas características, da qualidade que pode ser obtida e das quantidades envolvidas,

maiores serão as chances de um uso mais adequado desses materiais (ESTEP, 1973).

Existem várias opções para o aproveitamento dos resíduos, como exemplo pode-se citar a utilização como coberturas em granjas, indústrias de painéis de madeira reconstituída, compostagem, geração de energia pela queima direta ou transformação dos resíduos em briquetes, entre outras possibilidades.

A produção de briquetes já é bastante conhecida no exterior, principalmente nos EUA e Europa, através da briquetagem de carvão vegetal. No Brasil, não existe uma tradição industrial na produção de briquetes de carvão vegetal ou de resíduos ligno-celulósicos.

Segundo QUIRINO (2003), entre 30 e 40 usinas de briquetagem já funcionam no país, produzindo briquetes dos mais variados resíduos ligno-celulósicos.

O alto poder calorífico torna o briquete ideal para uso em caldeiras industriais, fornos de padarias, pizzarias, cerâmicas, lareiras e outros.

Com o reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima na produção dos briquetes, o que era resíduo se transformará em energia, ajudando assim na preservação da natureza e na economia de energia.

Este trabalho disponibiliza uma visão crítica sobre o aproveitamento dos resíduos gerados desde a exploração

florestal até o processamento mecânico da madeira, bem como a utilização dos mesmos como fonte alternativa para a geração de energia e produção de briquetes.

2. A PROBLEMÁTICA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL

Segundo QUIRINO (2003), resíduo é tudo aquilo que resta de um processo de exploração ou produção, de transformação ou utilização. Sendo também considerado toda substância, material ou produto destinado por seu proprietário ao abandono.

Os resíduos originados do processamento da madeira em indústrias madeireiras ou moveleiras, palletes em desuso, móveis velhos, artigos de madeira em geral, estacas, moirões, galhos de árvores podadas, resíduos de culturas agrícolas, como palha de arroz, bagaço de cana-de-açúcar etc, são resíduos ligno-celulósicos. Os resíduos ligno-celulósicos geralmente apresentam formas e granulometria bastante heterogênea, baixa densidade e elevado teor de umidade (QUIRINO, 2004).

A exploração florestal é uma grande fonte de resíduos ligno-celulósicos. Até mesmo no lixo urbano é encontrada uma porcentagem significativa destes resíduos provenientes de utensílios e embalagens de madeira (QUIRINO, 2004).

QUIRINO (2003) observa que resíduos ligno-celulósicos também podem estar associados a outros produtos químicos, tais como, madeira associada a tintas, resinas, vernizes e produtos de conservação. Estes fatores podem atribuir aos resíduos, características de emissões contendo gases tóxicos durante a utilização energética destes resíduos.

Sem a presença destes materiais contaminantes, o resíduo pode ser considerado como banal e não inerte, pois é biodegradável classificado pela NBR 10004 (ABNT, 1987) como classe 2¹, com possibilidades de ser reaproveitado em processos de reciclagem por processos diferentes dos processos industriais iniciais e de ser transformado em produtos de uso similar ou diferente ao da madeira serrada inicial (TEIXEIRA, 2005).

Segundo QUIRINO (2004), esses resíduos podem ser transformados em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira, sendo também utilizado energeticamente na produção de calor, de vapor ou de eletricidade em termoelétricas. Outro aproveitamento deste material é sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal.

Os resíduos das serrarias podem ser queimados em caldeiras, gerando energia. A maior parte destes resíduos são depositados em áreas periféricas das serrarias e quando queimados contribuem com aumento da poluição do ar provocando danos ao meio ambiente e às populações existentes próximas a essas indústrias (SILVA, 2002).

O aproveitamento de toda a árvore pelas indústrias madeireiras está em torno de 30% a 60%, variando de empresa para empresa (IBAMA, 2000; FREITAS, 2000).

¹Classe II (não-inertes) - apresentam periculosidade, porém não são inertes e podem ter propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Ex: papel, lamas de sistemas de tratamento de águas, resíduos provenientes de caldeiras e lodos.

De modo geral, os resíduos gerados em uma cadeia produtiva de madeira serrada constituem-se de 7% de casca, 10% de serragem e 28% de pedaços, isto sem considerar as perdas na extração da madeira (REMADE, 2005).

TEIXEIRA (2005) constatou que os resíduos industriais de madeira são oriundos do processamento mecânico das toras. Durante o processo de descascamento, desdobro primário, desengrosso, aplainamento e usinagem há geração de vários tipos de sobras sólidas peculiares a cada etapa citada.

O resíduo de madeira é considerado a sobra após uma ação ou processo produtivo passando a serem descartados e acumulados no meio ambiente (REFERÊNCIA, 2003).

GONÇALVES & RUFFINO (1989) correlacionaram cada etapa da cadeia produtiva à geração de diferentes tipos de resíduos, como pode ser observado na figura 1.

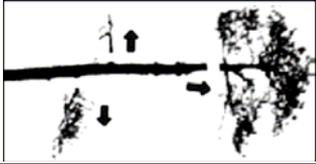
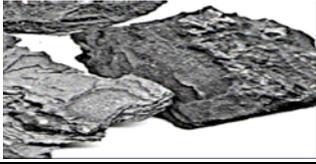
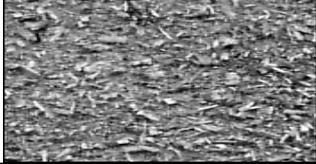
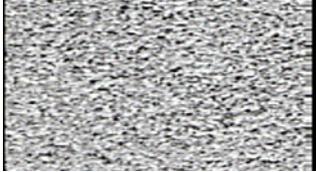


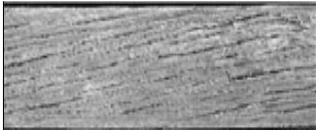
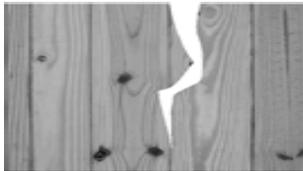
FONTE: GONÇALVES & RUFFINO (1989).

Figura 1. Etapas dos processos de industrialização da madeira e descrição dos resíduos gerados.

Normalmente, os resíduos são dispostos em silos expostos ao tempo ou em terrenos nas cercanias do setor produtivo. Este tipo de armazenamento pode levar à degradação do resíduo pelo encharcamento por água da chuva ou apodrecimento por agentes biológicos (TEIXEIRA, 2005). Os diferentes tipos de resíduos encontrados estão discriminados na tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tipos de resíduos que são gerados ao longo da cadeia produtiva florestal

RESÍDUO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
GALHOS E ÁPICES	Sobras do processo para deixar apenas a árvore livre de partes finas e perpendiculares à parte principal do tronco.	
CASCAS	Sobra do processo de descasque, quando se retira toda a parte da proteção natural do tronco (casca).	
COSTANEIRAS	Sobra no formato de meia-lua contendo uma parte de madeira e casca não removida, proveniente da redução da tora em peças de seção retangular ou quadrada.	
DESTÔPO	Proveniente do corte das pontas estragadas ou inúteis dos troncos, tábuas ou pranchas.	
SERRAGEM	Proveniente da ação mecânica de serras e máquinas de desbaste da madeira. Para cada tipo de máquina ou de serra há um resíduo peculiar, mas podem-se classificar tais sobras como finas ou grossas, conforme mostradas abaixo:	
• SERRAGEM GROSSA	Formada de lascas, flocos, maravalha e cavacos. Mantém uma boa quantidade das fibras do tronco.	
• SERRAGEM FINA	Formada por pó de serra de diferentes tamanhos de partícula. Apresenta-se parecida como a farinha de mandioca.	
PÓ DE LIXAMENTO	Proveniente do processo de lixamento, na fase de acabamento, de uma peça. Apresenta-se como um pó muito fino cuja partícula varia de acordo com o número de aspereza da lixa.	

SOBRAS	Peças processadas e acabadas, apresentando boa qualidade técnica e comercial, mas que não foram usadas nos produtos finais.	
REJEITOS	Peças que, ao sofrer o processamento, ficaram abaixo dos padrões técnicos ou comerciais geralmente por estarem quebrados, empenados, rachados ou trincados.	

FONTE: TEIXEIRA (2005).

Classificação dos usos de resíduos oriundos de empresas moveleiras e seus impactos no ambiente Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná - IBQP (2002):

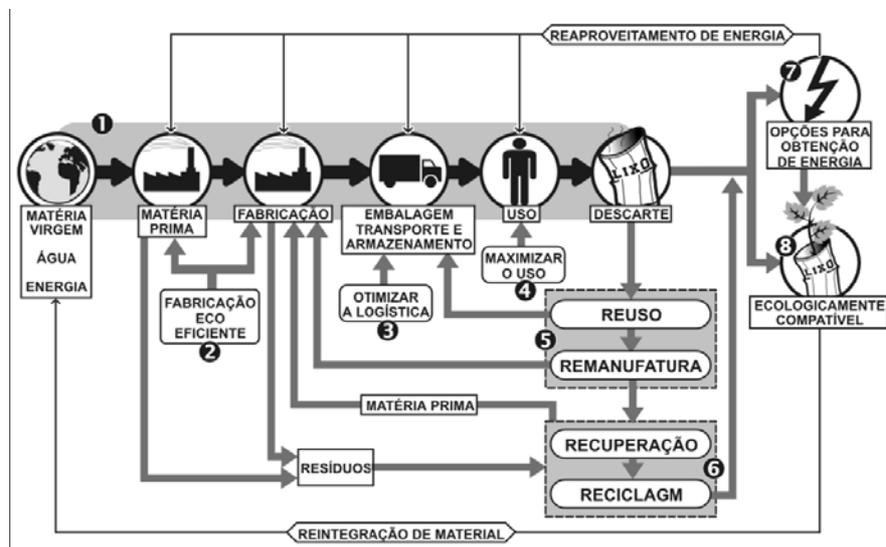
- a) Tipo de matéria-prima utilizada - no caso da madeira maciça o resíduo não é tóxico, podendo ser aproveitado em granjas como cama para a criação de animais, e também na agricultura para auxiliar na retenção de umidade do solo. O descarte indevido pode causar poluição nos recursos hídricos, inutilização de áreas que poderiam ser mais bem aproveitadas e poluição de maneira geral;
- b) Tipo de processo empregado - o maquinário mais moderno dispõe de recursos que reduzem perdas e coleta resíduos com maior eficácia;

- c) Tamanho da empresa - em pequenas empresas existe menor controle na geração de resíduos, na sua coleta e reaproveitamento;
- d) Localização da empresa - o aproveitamento dos resíduos pode ser facilitado pela proximidade de setores que os utilizem em seus processos.

Acredita-se que aumentando e melhorando o aproveitamento de resíduos com a otimização do uso da madeira contribuir-se-á na redução dos efeitos da potencial escassez. Nesse sentido, torna-se relevante a realização de cursos de curta e média duração havendo a disseminação de idéias para as empresas empregarem novas técnicas de classificação, estimarem a quantidade de resíduos gerados, planejarem formas de armazenamento, transporte e transformação em subprodutos de maior valor agregado (IBQP, 2002).

Atualmente já são verificadas iniciativas de aproveitamento de resíduos onde os fabricantes de painéis reconstituídos compram de serrarias, através de contratos de médio e longo prazo, painéis compensados, e das indústrias de móveis, grandes quantidades de resíduos de madeira: serragem, cavacos, dentre outros. O destino final é a produção de aglomerado e MDF (IBQP, 2002).

A indústria madeireira vista de maneira global usa os recursos naturais de maneira ineficiente, tanto na obtenção da matéria prima, quanto na fase de produção dos produtos, como também no descarte dos produtos no fim de sua vida útil, significando uma grande exploração dos recursos madeireiros principalmente das florestas nativas, e a grande geração de resíduos é a prova desta ineficiência (TEIXEIRA, 2005).



Fonte: TEIXEIRA e CÉSAR (2004); TEIXEIRA (2005).

Figura 2. Etapas do processo de industrialização da madeira e descrição dos resíduos gerados.

A figura 2 demonstra todo o caminho do material, desde a geração até o descarte e seu reaproveitamento. Tornando o processo produtivo mais eficiente e valorizando os resíduos, reduz-se o impacto negativo do descarte ao meio ambiente.

3. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (MME, 2005)

A estrutura geral do balanço energético nacional é composta por quatro partes:

- Energia primária;
- Transformação;
- Energia secundária;
- Consumo final.

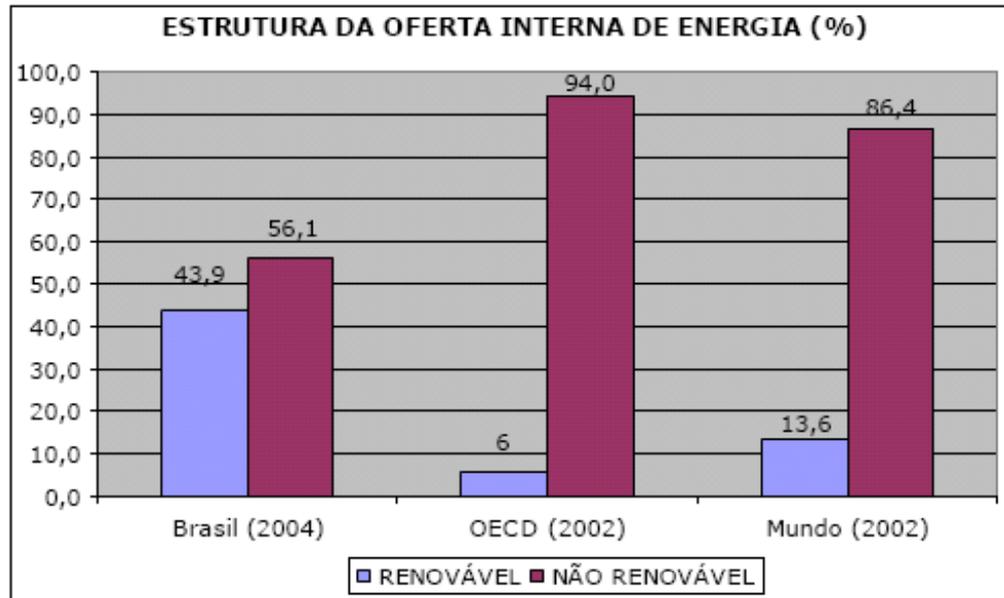
A interação de cada parte influenciará na obtenção da matriz energética nacional e demonstra o perfil de consumo por setores de produção.

3.1. Energia Primária

É caracterizada por produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica, lenha, produtos da cana-de-açúcar, etc.

No Brasil, cerca de 43,9% da Oferta Interna de Energia (OIE) tem origem em fontes renováveis (figura 2) enquanto que no mundo essa taxa é de 13,6% e nos países desenvolvidos é de apenas 6%. Dessa participação da energia renovável, 14,4% correspondem à geração hidráulica e 29,4% a biomassa. Os 56,1%

restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis.



Fonte: MME, 2005

Figura 3. Estrutura da Oferta Interna de Energia - OIE (%) renovável e não renovável no Brasil e no Mundo.

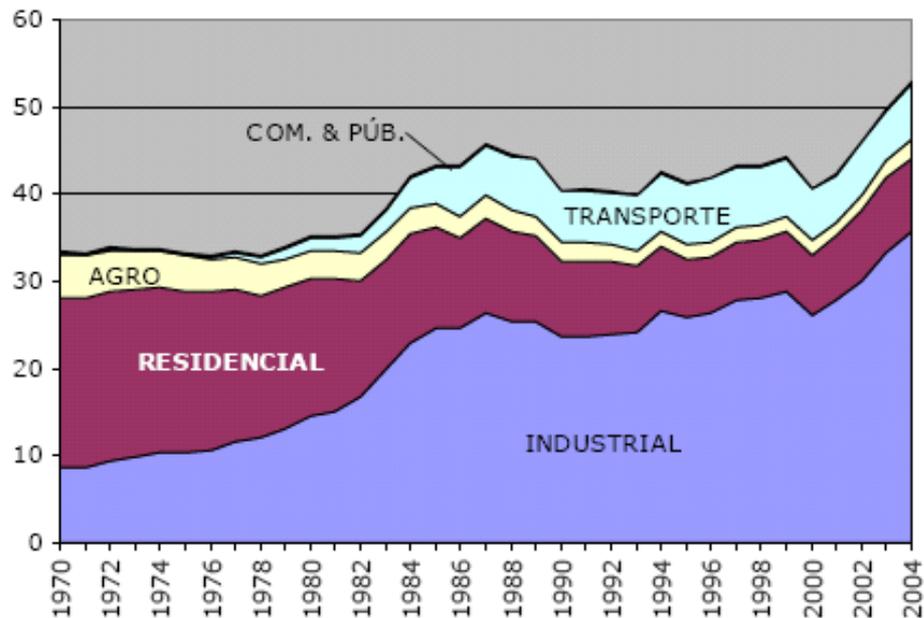
Essa característica, bastante particular do Brasil, resulta do grande desenvolvimento do parque gerador de energia hidrelétrica desde a década de 50 e de políticas públicas adotadas após a segunda crise do petróleo, ocorrida em 1979, visando à redução do consumo de combustíveis oriundos dessa fonte e dos custos correspondentes à sua importação, à época, responsáveis por quase 50% das importações totais do país.

No Brasil, a década de 70 foi especialmente marcada por grande substituição da lenha por derivados de petróleo, o que

reduz significativamente a sua participação na OIE. No início da década de 80 o processo de substituição na indústria é atenuado, com a elevação dos preços internos do óleo combustível e do gás natural, favorecendo um maior uso da lenha e do carvão vegetal.

No que diz respeito à biomassa (figura 4), o setor industrial com cerca de 67% do consumo (inclui o uso de bagaço na produção de álcool), e o residencial com cerca de 16%, são os principais consumidores. Em seguida vem o setor de transporte com 12%, em razão da utilização do álcool carburante. O alto incremento do uso industrial de biomassa, na primeira metade da década de 80, se deve ao carvão vegetal, em substituição ao óleo combustível; ao bagaço de cana utilizado na produção de álcool e à expansão da siderurgia a carvão vegetal. O consumo de biomassa nos setores residencial e agropecuário cai em razão da menor utilização da lenha.

CONSUMO SETORIAL DE BIOMASSA (10⁶ tep)



Fonte: MME, 2005

Figura 4². Consumo setorial de biomassa no Brasil por um período de três décadas.

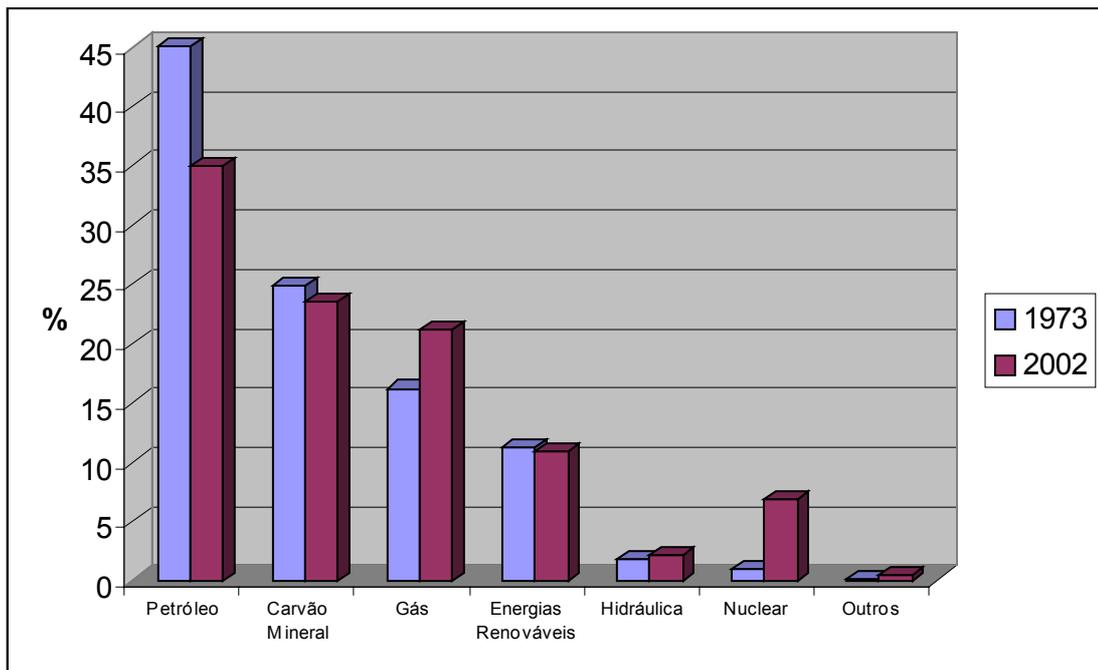
A partir de 1985, com a queda nos preços internacionais do petróleo (de mais de 40 dólares o barril, para cerca de quinze dólares), as vantagens comparativas das fontes nacionais de energia foram perdendo força, havendo o retorno parcial dos derivados de petróleo.

De 1985 a 1993, foi atenuado o ritmo de crescimento das exportações de produtos intensivos em energia e houve boa recuperação dos combustíveis ciclo Otto. Apesar de sucessivos planos, a economia não deslanchou, apresentando taxa média de

² tep - tonelada equivalente ao petróleo;
COM. & PÚB. - Comercial e Público.

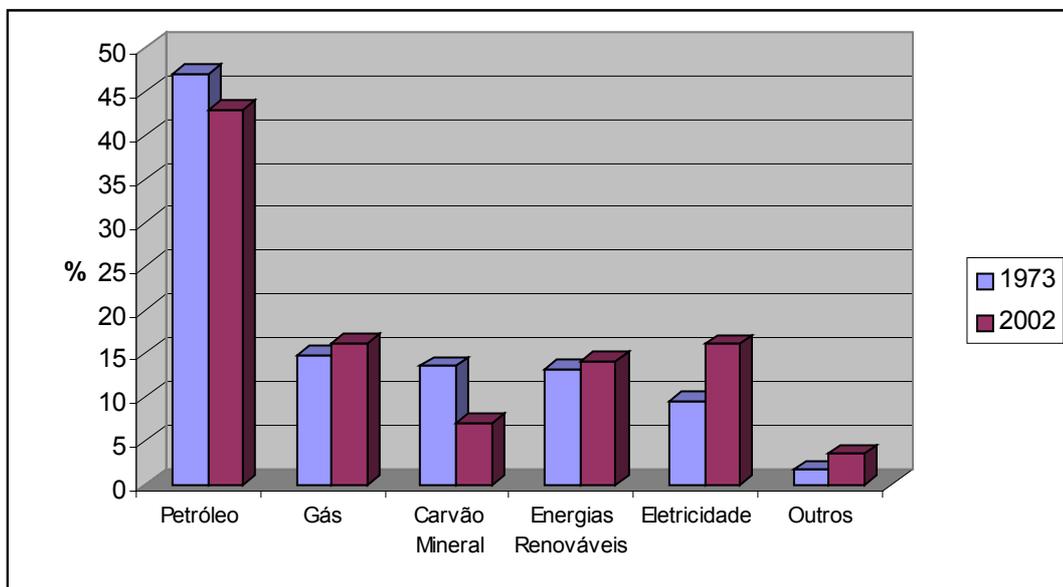
crescimento de 1,8% aa. A OIE cresceu a 1,7% aa, com o ciclo Otto crescendo a 4,6% aa, a eletricidade a 4,2% aa e a biomassa, com performance negativa de 1% aa.

De 1993 a 1997, com a estabilização da economia, estabeleceu-se um novo ciclo de desenvolvimento que elevou os índices de expansão da economia e do consumo de energia. Nesse período o PIB cresceu a 3,9% aa e a OIE cresceu a 4,8% aa, com os derivados de petróleo apresentando taxa média de crescimento de 7% aa, a eletricidade de 5,1% aa e a biomassa de 2% aa, correspondendo, respectivamente, a elasticidades de 1,79, 1,31 e 0,52 em relação ao PIB. A eletricidade residencial (8,4% aa) e comercial (8,6% aa), a gasolina automotiva (13,8% aa) e o querosene de aviação (9,4% aa) foram os grandes indutores das altas taxas de consumo de energia, por conta da melhor distribuição de renda, causada pelo Plano Real. Neste período, as exportações de produtos intensivos em energia estagnaram ou regrediram.



Fonte: MME, 2005

Figura 5. Variação da oferta mundial de energia por tipo de fonte analisada, década de 70 e atual.



Fonte: MME, 2005

Figura 6. Variação do consumo mundial de energia por tipo de fonte analisada, década de 70 e atual.

O Brasil aumentou ainda mais as vantagens comparativas com o resto do mundo em termos de utilização de fontes renováveis de energia. No país, em 2004, 43,9% da OIE foi de energia renovável, enquanto que, em 2002, a média mundial foi de 13,6% e nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD foi de 6%.

Os países com elevada geração de eletricidade de origem térmica apresentam perdas de transformação e distribuição entre 25% e 30% da OIE. No Brasil estas perdas são de apenas 7%, dada a alta participação da geração hidráulica. Esta vantagem, complementada por grande utilização de biomassa, faz com que o Brasil apresente baixa taxa de emissão de CO₂, de 1,62 tCO₂/tep, pela utilização de combustíveis, quando comparada com a média mundial, de 2,32 tCO₂/tep.

3.1.1. Lenha

Os números da tabela 2 mostram que a utilização da lenha no Brasil é ainda significativa, principalmente, nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências.

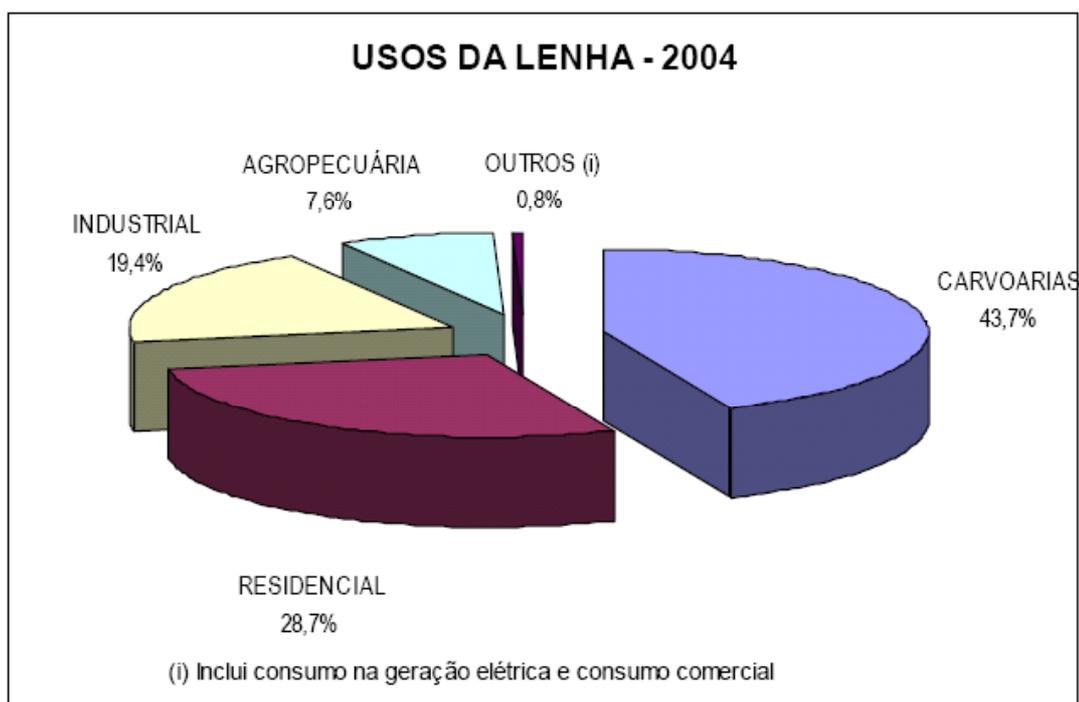
Tabela 2. Consumo de lenha no Brasil 2003 / 2004, nos vários setores do país (10³t)

ESPECIFICAÇÃO	2003	2004	% 04/03
PRODUÇÃO DE LENHA	83758	90896	8,5
CONSUMO EM CARVOARIAS	34277	39702	15,8
CONSUMO FINAL DE LENHA	49090	50814	3,5
CONSUMO RESIDENCIAL DE LENHA	25691	26044	1,4
CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL	8409	9834	16,9

Fonte: MME, 2005

Em 2004, o setor residencial consumiu cerca de 26 milhões toneladas de lenha, equivalentes a 29% da produção (figura 7) e 1,4% superior ao consumo de 2003 (tabela 2). Este acréscimo, embora com menor vigor, repete o comportamento dos últimos anos, complementando o baixo desempenho do consumo residencial de GLP na cocção. Na produção de carvão vegetal foi consumida cerca de quarenta milhões de toneladas (44% da

produção), em razão, do forte crescimento da produção de ferro gusa a carvão vegetal. Os restantes 17% representam consumos na agropecuária e indústria.



Fonte: MME, 2005

Figura 7. Consumo de lenha, para geração de energia e consumo comercial, por setor.

Em 2004, o consumo de carvão vegetal cresceu 16,9% (tabela 2), resultado da continuidade de boas performances da produção de ferro gusa e da produção de silício metálico.

A lenha e carvão vegetal representaram 13,2% da matriz energética brasileira de 2004, resultado 0,3% acima de 2003.

Analisando-se os dados referentes a matriz energética nacional fica evidente a dependência do país aos recursos naturais renováveis dando ênfase à lenha e ao carvão vegetal.

O consumo de lenha no Brasil em 2004 atingiu 90.896 milhões de toneladas, considerando-se que de todas as tipologias florestais de onde provém esta lenha ocorra um rendimento médio de 200 estéreos por hectare, e que cada estéreo tenha 300kg, o consumo de lenha corresponderia a uma área de aproximadamente 1.515 milhões de hectares de florestas. A produção de briquetes pode, sem dúvida, diminuir a extração de madeira nas áreas florestais plantadas e nativas, deixando-as para serem utilizadas com um fim mais nobre.

Desse modo torna-se necessário à utilização dos resíduos gerados pelas indústrias de base florestal para a produção de alternativas energéticas, sendo uma delas a confecção de briquetes como substituto da lenha reduzindo a pressão nas florestas nativas.

4. BRIQUETAGEM

A briquetagem é um processo de densificação de resíduos. Todo resíduo de origem vegetal pode ser compactado pela briquetagem, bastando atender às necessidades de granulometria e teor de umidade exigido pelo processo. Esse processo possui a vantagem de transformar um resíduo de baixíssima densidade em uma lenha de alta qualidade (QUIRINO, 2004).

Em 1848, foi concedida uma Patente para William Easby para um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos. "A utilidade e a vantagem da descoberta são que, através desse processo, um artigo de pequeno valor, quase desprezível, pode ser convertido em um artigo valioso de combustível para navios a vapor, forjas, culinária e outras finalidades, assim economizando o que agora é perdido" (BROSCH & FURUNO, 1968).

A lenha ecológica, como é conhecido o briquete produzido com pó de serragem e com restos de madeira descartados por indústrias, pode ser uma boa alternativa de produção de energia além de um meio adequado de se lidar com os resíduos vegetais.

Além de carvão e resíduos de madeira, outros resíduos ligno-celulósicos podem ser utilizados na produção de briquetes, como por exemplo, a casca de arroz, palha de milho,

sabugo, bagaço de cana, etc., e obter briquetes com qualidade superior a qualquer lenha.

4.1. Processo de Briquetagem

4.1.1. Resíduos Ligno-Celulósicos

A densificação do resíduo através deste processo consiste na compactação a elevadas pressões, o que provoca a elevação da temperatura do processo da ordem de 100°C. O aumento da temperatura provocará a plastificação da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira. Isto justifica a não utilização de produtos aglomerantes (resinas, ceras, etc). Para que a aglomeração tenha sucesso, é necessária que a umidade do resíduo esteja compreendida entre 8 e 15% e que o tamanho da partícula esteja entre 5 e 10 mm (LIPPEL, 2006).

O diâmetro ideal dos briquetes para a queima em caldeiras e fornos em geral está entre 83 mm e 93 mm e comprimento entre 250 e 400mm. Diâmetro de 63 mm são bem aceitos em estufas, fogões com alimentação automática, grelhas, churrasqueiras etc (LIPPEL, 2006).

Quando se dispõem de resíduos com estas características, a fabricação de briquetes é muito rentável (40 a 60 KWh/t).

4.1.2. Carvão Vegetal

O carvão vegetal, sendo um combustível sólido de baixa densidade e elevada friabilidade, gera grande quantidade de finos na produção durante o transporte e na estocagem. Além disso, pelas suas características, apresenta inconvenientes como, rápida combustão, implicando recargas a curtos intervalos de tempo e elevado gasto de transporte (FONTES, 1989).

Para a briquetagem de finos de carvão, a indústria recebe os finos de outros fornecedores ou faz o carvoejamento de cavacos de madeira em retorta contínua. Um moinho de martelo é usado para promover uma distribuição granulométrica previamente determinada por testes de resistência com o briquete. A faixa granulométrica ideal, normalmente abaixo de 3mm, é função da natureza do carvão, do tipo de prensa, da forma e do tamanho do briquete. A granulometria influi diretamente no consumo de ligantes e na resistência final. O grau de moagem considerado correto, é o que produz uma quantidade de pó suficiente para preencher os vazios entre as partículas maiores, evitando a desagregação na prensagem. O material, que sai do moinho, passa em uma peneira vibratória e os pedaços retidos são recirculados (ANTUNES, 1982).

O próximo passo na produção é a mistura com o ligante. Praticamente qualquer adesivo pode ser usado como ligante. A

seleção é feita em função do custo e do uso final que se pretende para o briquete. Um briquete típico contém: 87% de carvão, 8% de amido e 5% de umidade (ANTUNES, 1982).

Os ligantes podem ser classificados entre os "não emissores de fuligem", que incluem amido, melaço de cana, cimento e licor sulfítico (subproduto da fabricação de papel). O principal componente aglomerante dos licores sulfíticos é a lignina. Os ligantes "emissores de fuligem", incluem o pixe de petróleo e o alcatrão de carvão vegetal ou mineral (ANTUNES, 1982).

A proporção de amido no briquete pode variar de 1 a 8%, dependendo do tipo de carvão e do método usado. No caso de se usar amido em pó, este é misturado ao carvão juntamente com 5 a 10% de água. É desejável deixar a mistura esfriar levemente antes de enviá-la à prensa. Isto permite que a massa adquira um grau de coesão maior do que o grau de adesão, contribuindo para evitar formação de trincas e a colagem de material dentro das cavidades da prensa (ANTUNES, 1982).

Segundo ANTUNES (1982), nos EUA os seguintes aditivos são adicionados na composição dos briquetes:

- Serragem de madeira, para introduzir o sabor "defumado" nos churrascos;
- Óleo vegetal ou mineral, para tornar o acendimento mais fácil;

- Argila plástica, para evitar a formação de chamas, tornando a queima mais prolongada e suave;
- Carvão mineral, para reduzir o custo.

Após a mistura do fino de carvão com o ligante, inicia-se a briquetagem propriamente dita, que é a aplicação de pressão sobre a massa. A intensidade e o período de aplicação da pressão variam com as características do material e com o tipo de prensa. A prensa de cilindros giratórios é o modelo mais utilizado pela indústria americana, por ser a mais adequada para alta produção. A pressão e o tempo de aplicação são funções do tamanho da cavidade, do diâmetro e da velocidade dos rolos. A alimentação insuficiente resulta em um briquete frágil e de baixa densidade (ANTUNES, 1982).

A forma mais indicada para briquetes de carvão vegetal, é a de uma pequena "almofada" quadrada, com os cantos arredondados. Esta forma evita quebra em cantos vivos, gera baixo índice de vazios na estocagem e permite a manutenção fácil dos cilindros (ANTUNES, 1982).

Outra prensa utilizada é a de extrusão, que produz briquetes com a forma de pequenos cilindros. Este modelo é mais indicado para materiais com alto teor de matérias voláteis. São briquetados sob alta pressão, sem a necessidade

de ligantes, como a serragem, bagaço de cana e resíduos agrícolas (ANTUNES, 1982).

Pela briquetagem do carvão vegetal, consegue-se um combustível com homogeneidade granulométrica, bem maior densidade e resistência à geração de finos. O efeito de densificação proporcionado pela briquetagem produz um combustível com maior concentração energética por unidade de volume, que, aliado à resistência adquirida, viabiliza técnica e economicamente o transporte a distâncias maiores (FONTES, 1989).

Na figura 8 pode-se observar detalhadamente como ocorre o processo de briquetagem, desde a exploração florestal, geração de resíduos até a obtenção do produto final.

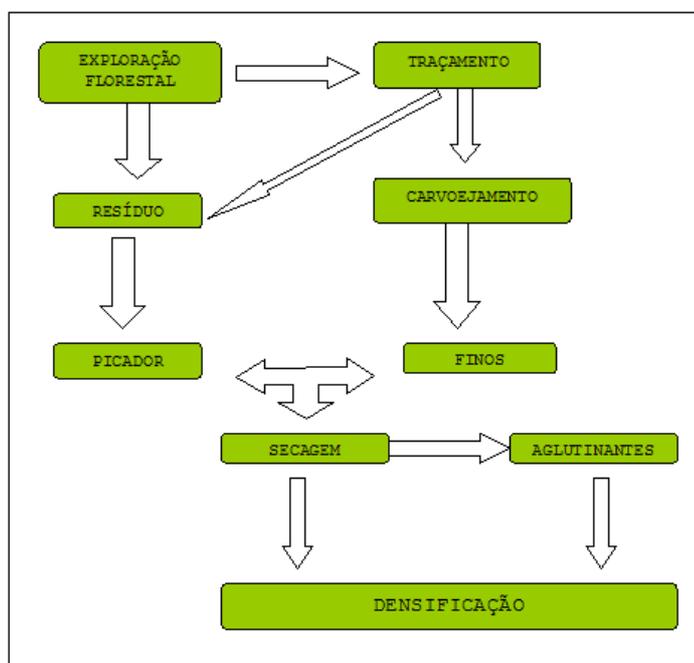


Figura 8. Fluxograma: geração de resíduos x processo de briquetagem.

Na figura 9 pode-se observar diferentes briquetes obtidos através de diversos tipos de materiais.



FONTE: BIOMACHINE, 2006

Figura 9. Diversos tipos de materiais briquetados.

4.2. Quadro comparativo briquete x lenha

Tabela 3. Quadro comparativo (briquete x lenha)

BRIQUETE	LENHA
Alto poder calorífico	Baixa temperatura da chama
Armazenagem racional paletizada	Grandes áreas para armazenamento
Redução da mão de obra no manuseio	Maior mão de obra
Redução de volume na estocagem e no transporte	Sujeira no local de estocagem e no transporte
Menos poluição com mais energia	Grande quantidade de cinzas
Maior temperatura da chama	Quebras de partes internas da fornalha
Isento de licenças especiais	Licenças especiais
Baixo teor de cinzas	Baixa uniformidade de calor
	Material com grande umidade

Fonte: BIOMACHINE, 2006

Tabela 4. Quadro comparativo

BRIQUETES							LENHA COMERCIAL
TIPO DE MATERIAL	CASCA DE ARROZ	RESÍDUOS DE ALGODÃO	RESÍDUOS DE PINUS	RESÍDUOS MADEIRA DE LEI	RESÍDUOS DE EUCALIPTO		
PODER CALORÍFICO Kcal/Kg	3.800	4.300	4.680	4.900	4.800		2.200- 2.500
PESO ESPECÍFICO	1,1	1,1	1,17	1,2	1,18		0,6
PESO A GRANEL/M ³	650-700	650- 700	700 - 750	750 - 800	720 - 780		350 - 400
UMIDADE	11 %	12 %	9 %	11 %	11 %		25 - 30 %

Fonte: BIOMACHINE, 2006

4.3. Mercado Consumidor

Toda empresa que possuir um forno ou uma caldeira na qual possa ser utilizado lenha é um cliente potencial para usar o briquete, tais como padarias, pizzarias, lareiras, caldeiras, churrasqueiras e outros.

Tabela 5. Comparação entre consumo mensal de briquetes x lenha

QUADRO	Consumo Mensal de Briquetes	Consumo Mensal de Lenha
Fogões a lenha	1,0 ton	7 m ³
Lareiras médias	1,0 ton	7 m ³
Padarias - forninho	1,5 ton	11 m ³
Pizzarias - forno 6 pizzas	2,0 ton	14 m ³
Caldeiras 2tn k/hr	15 ton	105 m ³
Caldeiras 4tn k/hr	30 ton	210 m ³

Fonte: BIOMACHINE, 2006

4.4. Utilizações do Produto

A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa. Um metro cúbico de briquetes contém pelo menos cinco vezes mais energia que 1,00 m³ de resíduos. Isso, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. Devido à dimensão e às grandes distâncias internas do país, o aspecto concentração energética assume também grande importância (QUIRINO, 2003).

O briquete pode ser utilizado em fornos de pizzarias e restaurantes, em lareiras, para aquecimento de água em hotéis, em lavanderias, para aquecimento de piscinas, etc (LIPPEL,2006).

O briquete é uma lenha ecológica que substitui com muita eficiência o óleo bpf utilizado em caldeiras industriais, o gás, a energia elétrica e outros(LIPPEL,2006).



Fonte: LIPPEL,2006

Figura 10. Exemplos de utilização em aquecedores para hotéis e piscinas.



Fonte: LIPPEL,2006

Figura 11. Exemplos de utilização em secadores e torradores de grãos.



Fonte: LIPPEL,2006

Figura 12. Exemplos de utilização em caldeiras.

4.5. Custos de Implantação de uma Usina de Briquetes

Na tabela 6 é demonstrado os custos totais para a implantação de uma usina de briquetagem com uma linha de produção.

Tabela 6. Custos de implantação de uma usina de produção de briquetes

	Modelo	Capacidade	Motor Princ.	Pot.Total	Preço
Briquetadeira	B 85/ 210	1100 Kg/h	60 cv	68,5 cv	R\$ 216.617,00
Silo Seco		4 m ³		3 cv	Incluso
Secador Tambor	B 12000	1100 Kg/h		7 cv	R\$ 142.600,00
Ventil. Exaustão			15 cv	16,5 cv	Incluso
Ventil. Transporte			7,5 cv	9 cv	Incluso
Silo úmido ou Redler		3 m ³		5 cv	R\$ 26.074,00
Total da Usina		1100 Kg/h		80 KW	R\$ 385.291,00
Picador	BM 600/160		75 cv		101.857,00
Transp. Picador p/ Silo Úmido					R\$ 27.661,00
Total c/ picador					R\$ 514.809,00

Fonte: BIOMACHINE, 2006

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a grande área florestada e reflorestada brasileira, é ampla a utilização da madeira processada (madeira serrada, móveis, usos na construção civil, polpa celulósica, etc.) e fins energéticos (carvão e lenha). Com a baixa agregação de tecnologia no setor florestal, é evidente a elevada geração de resíduos, sendo estes, produzidos em toda as etapas da manipulação da matéria-prima até a obtenção do produto final.

Portanto, deve-se estimular o aprimoramento da eficiência durante o processo produtivo e a valorização dos resíduos, principalmente pela transformação das indústrias convencionais em sistemas eco-eficientes.

O uso destes resíduos como matéria-prima para novos produtos ajudam a preservação dos recursos florestais, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas e plantadas.

A utilização destes resíduos para a produção de briquetes poderá torna-se viável, desde que sejam utilizados equipamentos de qualidade, que a linha de produção seja constante sem a ocorrência de períodos ociosos do maquinário, uma matéria-prima física e quimicamente adequada e principalmente se houver mercado consumidor para que o produto seja escoado com relação custo-benefício positivo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R. C. **Briquetagem de Carvão Vegetal**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Produção e Utilização de Carvão Vegetal. Belo Horizonte, 1982. Série de Publicações Técnicas nº8 p:197 - 206.

BIOMACHINE. Disponível em:<<http://www.biomachine.com.br>>.

Acesso em: 04 set. 2006.

BROSCH, C. D. & FURUNO, J. K. - Aproveitamento dos Finos de Carvão Vegetal. Divisão de Metalurgia do IPT. Contribuição Técnica número - 748. **XXII Congresso Anual da ABM**. Vitória, Julho, 1968.

CARVALHO, T. C. S. & CÂMARA, J. B. D. IBAMA, **GEO Brasil 2002 - Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. - Brasília: Edições IBAMA, 2002.

ESTEP, E. M. **Wood residue: what and where**. Madison: FPRS, 1973. 14 p.

FONTES, P. J. P. **Aspectos Técnicos da Briquetagem do Carvão Vegetal no Brasil**. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 1989.

FREITAS, L. C. **A baixa produtividade e o desperdício no processo de beneficiamento da madeira: um estudo de caso.**

(Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2000. 165p.

GONÇALVES, M. T. T. & RUFFINO, R. T. Aproveitamento do Resíduo Gerado na Indústria Madeireira. III EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. **Anais...** USP - EESC. São Carlos, SP. 1989. p 129 à 140.

IBQP- Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná.** Curitiba. 2002. 345 f. Relatório Final.

LIPPEL. **Planejando Uma Usina de Briquetagem.**

Disponível em:<http://www.lippel.com.br/usina_briquetagem.pdf>

Acessado em: 02 set. 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Balanço Energético Nacional. 2005 ano base 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acessado em: 15 jun. 2006.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais.** Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 2003. 14p.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de Resíduos Ligno-celulósicos.** Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 2004. 10p.

Rev. da Madeira. Bioenergia. Energia Limpa e Abundante. Curitiba, Lettech Editora e Gráfica Ltda, 2005.

Rev. Referência. Resíduo de Madeira parte 2. A sobra que vale ouro. Curitiba, Ed. Jota Comunicação, 2003.

SILVA, C. A. P. Linha Redonda - um exemplo de uso racional da madeira. 1º Congresso Internacional de Pesquisa em Design e 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. **Anais...** Brasília, UNB, 2002.

TEIXEIRA, M. G. **Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira.** 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

TEIXEIRA, M. G. CÉSAR, S. F. **Resíduo de madeira como possibilidade sustentável para produção de novos produtos.** I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** São Paulo, 2004.