

Estudo de viabilidade de implantação de uma usina de briquetagem

A madeira tem sido empregada como combustível substituindo, em muitos casos, o óleo de origem fóssil, não renovável, principalmente no meio industrial. Um dos recursos renováveis é a Biomassa, que se constitui uma alternativa economicamente viável aos projetos tradicionais. As grandes centrais hidrelétricas têm causado ao longo das últimas décadas impactos sócio-ambientais irreparáveis no Brasil. A geração de energia a partir dos combustíveis fósseis também apresenta-se como opção insustentável, com efeitos ambientais adversos nos níveis local e global.

A baixa expressão da biomassa, apesar do enorme potencial brasileiro, está associada ao baixo desenvolvimento tecnológico aplicado ao beneficiamento da biomassa para fins energéticos e à falta de incentivo governamental, o que não ocorre, por exemplo, com a cana-de-açúcar e a energia hidráulica. A lenha in natura tornou-se obsoleta como fonte energética nos grandes centros urbanos brasileiros devido à grande distância dos locais de produção, cedendo lugar à energia elétrica e gás natural. Com a atual pressão por fontes de energia renováveis e menos poluidoras, a madeira volta a ser requerida, sendo utilizados desde resíduos do seu processamento até a produção exclusiva para fins energéticos.

Briquetagem é a compactação de materiais ligno-celulósicos a elevadas pressões e temperaturas, provocando a plastificação da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira. A briquetagem e a peletização são processos de densificação energética de biomassa, onde os resíduos ligno-celulósicos heterogêneos são tratados por moagem, secagem e compactação, objetivando transformar resíduos em combustível sólido.

Em áreas próximas a pólos de indústria madeireira o briquete surge como alternativa energética viável. Apesar de seu menor valor energético por unidade de massa em relação a combustíveis tradicionais (como os derivados do petróleo), o uso do briquete pode ainda ser estimulado pela possibilidade da obtenção de créditos de carbono.

Atualmente, a cidade de Palmas, no Paraná, tem destaque internacional no setor madeireiro, como grande produtora de placas compensadas de pinus. As empresas de base florestal do município foram responsáveis por exportações superiores a US\$ 150 milhões em produtos de madeira. Destaque para o compensado, sendo os Estados Unidos o principal comprador.

Neste contexto, este trabalho teve por finalidade avaliar a viabilidade econômica de implantação de uma fábrica de briquete no município de Palmas, como alternativa para valorização dos resíduos ligno-celulósicos gerados pelo setor madeireiro do município.

Este trabalho limitou-se ao estudo da briquetagem de produtos oriundos do processo de industrialização da madeira. Inicialmente, foram visitadas onze empresas.

Os resíduos ligno-celulósicos gerados nessas onze empresas foram então classificados quanto à forma em que são gerados (pó de lixa, serragem, maravalha, cavaco ou peças), à quantidade gerada mensalmente, à presença ou não de umidade significativa, ao destino dado ao resíduo e ao valor de venda. Estimou-se ainda a quantidade média de resíduos gerados ao longo de um ano, passíveis de serem utilizados pelo processo de briquetagem. Também fez parte desta etapa o levantamento do mercado consumidor de briquetes.

Compactação

O processo de compactação é simples, mas requer atenção a alguns parâmetros da matéria-prima. Para que a briquetagem tenha sucesso, a umidade do material deve estar entre 8 e 15% e o tamanho máximo das partículas entre 2 e 10 mm. A lignina plastifica a partir de 85° C tornando, por esse motivo, desnecessária a utilização de

composto aglomerante no processo de briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. Para a compactação de resíduos dessa natureza utilizam-se uma das seguintes tecnologias:

- briquetagem com prensa extrusora de pistão mecânico;
- briquetagem com prensa extrusora de rosca sem fim;
- briquetagem com prensa hidráulica;
- peletização (cilindros de pequenas dimensões - diâmetro de 5-18 mm e comprimento até 40 mm - e densidade entre 1000 e 1300 Kg.m⁻³).

Uma usina de briquetagem completa é composta por: local de recepção do material; picador ou triturador; peneira; silo úmido; secador; silo seco; briquetadeira e local para estocagem do briquete pronto, podendo variar em função da matéria-prima a ser processada.

Ao chegar à usina, o material em tamanho acima do admitido pela briquetadeira deve ser triturado em triturador de martelos ou moído em um picador de quatro facas, passar pela peneira onde ficarão retidos pedaços maiores, antes de ser enviado ao silo úmido. Do silo úmido, o material é conduzido ao secador para reduzir a umidade ao nível que permita a briquetagem. O secador utiliza como matéria-prima em sua fornalha, parte dos resíduos ou lenha. Se movido a resíduo, o secador utiliza de 8 a 20% da matéria-prima, dependendo da tecnologia de secagem empregada. Ao sair do secador, o material é conduzido ao silo seco, permanecendo estocado antes de ser briquetado. A briquetadeira recebe o material do silo seco e após a briquetagem, já na forma de briquete, o material é embalado.

Poder calorífico

Poder calorífico é a quantidade de calor liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do combustível. Para combustíveis sólidos é expressa em Kcal.Kg⁻¹. Materiais combustíveis que possuem água em sua composição utilizam parte de sua energia liberada durante a combustão para aquecer e evaporar a água contida, possuindo assim Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI). O PCS da madeira é obtido da combustão de massa constante de madeira que foi submetida à secagem em estufa a aproximadamente 105° C até atingir a estabilização de sua massa. O PCI é obtido da combustão da madeira nas condições em que ela se encontra, ou seja, detentora de umidade significativa. O PCI é calculado a partir do PCS, considerando o teor de umidade do combustível. O PCI retrata melhor a qualidade do combustível, pois o calor de vaporização da água é de 580 Kcal.Kg⁻¹. A diferença entre PCI e PCS está na quantidade de água presente na madeira, ou seja, no calor necessário para vaporizar esta água.

Analisando o PCS de 108 espécies florestais, chegaram à média de 4.732 Kcal.Kg⁻¹ e, se for considerada a mesma madeira com 25% de umidade, o PCI foi de 3.283 Kcal.Kg⁻¹. A lenha adotada pelo Ministério de Minas e Energia como padrão para o cálculo do Balanço Energético Nacional (BEN), possui PCI de 3.100 Kcal.Kg⁻¹, considerando umidade usual de 25%.

O calor obtido pela combustão da madeira varia de acordo com seus constituintes, mas gira em torno de 4.700 a 5.000 Kcal.Kg⁻¹ de madeira seca, independentemente da espécie. Nos resíduos ligno-celulósicos encontra-se PCS semelhante à madeira, variando em função da presença de contaminantes. O poder calorífico do briquete, que possui teor de umidade em torno de 8%, é de 4.800 Kcal.Kg⁻¹.

Para possibilitar a comparação entre diferentes substâncias energéticas, o Ministério de Minas e Energia utiliza como unidade básica na composição do Balanço Energético Nacional (BEN), a Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP). A partir de 2003, passou-se a adotar critérios internacionais que consideram o petróleo como referência, detentor de 10.000 Kcal.Kg⁻¹. Convertendo 1 ton de lenha em TEP, considerando a relação entre poder calorífico da lenha e do petróleo (3.100 Kcal.Kg⁻¹/10.000 Kcal.Kg⁻¹), obtém-se o coeficiente 0,310, ou seja, 1 ton de lenha é igual

a 0,310 TEP. Considerando-se a relação entre poder calorífico do briquete e do petróleo, 1 ton de briquete é igual a 0,480 TEP.

Teor de umidade

Quanto maior o teor de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, que absorve energia da combustão. Em estudos, constatou-se que a umidade é a característica de maior influência sobre os resultados de PCI, concluindo que maiores valores de umidade implicam redução significativa dos valores de PCI.

Os resíduos de madeira apresentam uma média de 45 a 50% de umidade e, para que a briquetagem tenha efeito, deve-se atender à condição prévia de no mínimo 6% e no máximo 16% de umidade; caso não seja atendido o valor máximo de umidade, deverá ser executada a secagem prévia do material.

As briquetadeiras extrusoras de rosca sem fim e de pistão mecânico trabalham com material entre 6 e 16% de umidade, e as de pistão hidráulico aceitam material com 18 a 20% de umidade. O autor chama a atenção a respeito da umidade que permanece no briquete após a prensagem, pois esta reduzirá seu poder calorífico, podendo ainda originar um produto sem estabilidade, desfazendo-se quando estocado ou transportado.

No caso do briquete, a umidade próxima a 8% é um valor ótimo, já que grande parte desse percentual constitui a parede celular dos vegetais, sendo difícil sua total remoção. A remoção da umidade é importante também para evitar a degradação do material durante a estocagem e diminuir custos de transporte. O alto teor de umidade nos resíduos florestais, geralmente em torno de 50%, inviabiliza sua utilização direta como fonte energética, pois proporciona um baixo rendimento calórico.

Densidade a granel

A densidade a granel dos resíduos agroflorestais é expressa em Kg.m^{-3} . Os resíduos briquetados, pela exigência de baixa umidade no processo e elevada densidade relativa aparente, são menos higroscópicos e muito mais resistentes ao apodrecimento e à fermentação que os resíduos in natura, facilitando a estocagem e o transporte, ampliando assim, o raio econômico de seu aproveitamento.

Devido à variedade granulométrica e às características das espécies de árvores processadas, ocorre grande variação na densidade a granel dos resíduos florestais.

Tipo de resíduo	Densidade a Granel (Kg.m^{-3})
Serragem	223 ¹
Pó de lixa	280 ¹
Maravalha	128 ¹
Briquete	1.000 a 1.400 ²

A baixa densidade a granel dos resíduos do setor madeireiro é o principal fator que inviabiliza sua utilização, tornando inviável o transporte.

Densidade energética

Densidade energética é a quantidade de energia por unidade de volume de um combustível. Um metro cúbico

estéreo (m³st) de lenha comercial possui 1.209.000 Kcal. Para se esta lenha for picada e compactada em uma briquetadeira extrusora de pistão mecânico, 1 m³st de briquetes terá entre 1000 e 1300 Kg, com PCI de 4.800 Kcal.Kg⁻¹ e, portanto, 4.800.000 Kcal. Ou seja, o briquete tem uma densidade energética quatro vezes superiores à lenha comercial.

Transporte, estocagem e queima

Segundo dados, 1 m³st de lenha comercial possui 390 Kg. Em 1 m³st de briquetes tem-se 1000 Kg. Isso mostra a vantagem do briquete no transporte e no espaço físico destinado à estocagem de material. A lenha é um material heterogêneo, com forma variável e teor de umidade geralmente elevado, enquanto o briquete apresenta forma regular, umidade próxima de 8% e constituição homogênea devido ao processo de compactação.

Geração de resíduos

O principal destino da maior parte dos resíduos de maior dimensão, que englobam lâminas, costaneiras, destopo e refil, é a queima em caldeira, geralmente nas próprias empresas geradoras dos resíduos. O objetivo da queima é a geração de vapor, utilizado para o “cozimento” de toras e prensas de compensado. Resíduos de pequena granulometria, como o pó de lixa, serragem e maravalha são vendidos, a maior parte para uso em “cama” de aviários e queima em olarias. Há empresas que vendem o pó de lixa para empresa produtora de briquete localizada em Santa Catarina. As fábricas de compensado, de grande porte, possuem sistema integrado de resíduos, transformando-os em cavaco e utilizando em suas caldeiras.

Quantidade mensal em toneladas de resíduos secos e úmidos gerados pelas empresas do município de Palmas, PR.

Resíduo	Umidade	Quantidade mensal gerada por empresa (ton)										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Pó de lixa	seco		28		2,8		30	12,6		4,7	50	15
Serragem	seco		44,6							1,7		
	úmido			120		31	60		105			
Maravalha	seco		12,8	60			7,7					
	úmido					5,4			21,6			
Cavaco	úmido	350										
Peças	seco		50		8							
	úmido			40		50						

Os resíduos classificados como secos possuem umidade que satisfaz a condição previa de briquetagem exigida pela máquina. Já os resíduos classificados como úmidos, estando com teor de umidade que inviabiliza o processo, precisam passar pelo processo de secagem antes da briquetagem. Os resíduos classificados como cavaco e peças (refil e costaneiras) precisam ser picados ou moídos antes da briquetagem.

Total de resíduos gerados mensalmente pelas empresas do município de Palmas, PR.

Resíduo	Umidade	Resíduos úmidos	Resíduos secos
Pó de lixa	seco		143,1
Serragem	seco		46,3
	úmido	316,0	
Maravalha	seco		80,5
	úmido	27,0	

Cavaco	úmido	350,0	
Peças	seco		58,0
	úmido	90,0	

Como pode ser observado, os resíduos apresentam-se de forma heterogênea, tanto em relação ao tamanho quanto em relação à umidade. As empresas pesquisadas geram, mensalmente, aproximadamente 1.110 toneladas de resíduos passíveis de serem briquetados, incluindo resíduos úmidos. Entre serragem e maravalha úmida, a geração mensal é de 343 toneladas, que para atender aos parâmetros de briquetagem precisam passar antes pelo processo de secagem, resultando em aproximadamente 205 toneladas de material seco. A geração de material seco, porém com alta granulometria, é de 58 toneladas mensais. Do total de resíduos gerados, 440 toneladas encontram-se úmidos e em alta granulometria, precisando ser triturados e secos antes da briquetagem. Considerando-se apenas resíduos úmidos, a geração mensal é de 783 toneladas. Reduzindo-se a umidade deste material (de aproximadamente 50%) para valores próximos a 10%, que é a umidade requerida para a realização da briquetagem, restam 470 toneladas. Assim, o total de resíduos gerados mensalmente pelas empresas pesquisadas, se utilizados em sua totalidade como matéria-prima, podem fornecer uma produção média de 798 ton de briquetes.

Mercado consumidor

Nos grandes centros, o briquete tem seu papel destacado, competindo diretamente com a lenha e o carvão vegetal. Na cidade de São Paulo existem 5.000 pizzarias e 8.000 padarias, das quais, aproximadamente 70% utilizam fornos à lenha. Atualmente, os fabricantes de briquetes não têm produto suficiente para atender esse mercado. Uma pizzaria ou padaria utiliza em média quatro toneladas de briquetes por mês. Apenas para abastecer a região metropolitana da cidade de São Paulo são necessárias 36.400 toneladas de briquete por mês, que equivalem a 218.400 m³ de lenha por mês.

Somente em Palmas existem 8.563 domicílios. Com a ocorrência de invernos rigorosos, observa-se que a grande maioria das residências faz uso de fogão à lenha ou lareira para aquecimento doméstico. O briquete pode ser utilizado normalmente em substituição à lenha em fogões e lareiras, bem como ao carvão em churrasqueiras, sem a necessidade de nenhuma adaptação, tornando as residências do município e região consumidores em potencial.

A exportação de briquetes foi liberada pela Instrução Normativa n° 17 de 27 de fevereiro de 2004 e autorizada pela Câmara de Exportação (Camex) do MDIC, já ocorrendo exportação de briquete para países da Europa, principalmente Espanha.

O briquete compete diretamente com a lenha e o carvão vegetal, obtendo vantagens em vários pontos, principalmente em relação aos efeitos do seu uso sobre o meio ambiente, pois é composto apenas por resíduos. A utilização do briquete ainda não faz parte da cultura brasileira, sendo esta a principal barreira à sua inserção no mercado. À medida que o briquete e, principalmente, suas vantagens em relação à lenha e o carvão vegetal, forem mais conhecidas pela população brasileira, certamente ocorrerá grande crescimento da demanda por este produto.

Viabilidade econômica

A redução da umidade (secagem) das 783 toneladas de resíduos geradas utilizando-se de lenha é ambiental e economicamente inviável, pois torna necessária a supressão de florestas nativas. O processo de secagem empregado atualmente, com o uso de secador rotativo de tambor, requer alto investimento na aquisição do equipamento e na sua operação, tornando esse processo inviável economicamente. Assim, para a valorização dos resíduos úmidos com a briquetagem, deve ser desenvolvido um novo sistema com maior eficiência energética para a secagem do material.

O custo da matéria-prima varia entre as empresas, mantendo uma média de R\$ 5,00 o m³.

A mão-de-obra necessária consiste em um gerente administrativo, com salário de R\$ 3.500,00; um motorista para o caminhão, com salário mensal de R\$ 650,00 e dois funcionários para a briquetadeira, com salário base de R\$ 438,00.

O consumo de energia do motor principal da briquetadeira tem valor aproximado de 55,16 kWh. A tarifa praticada no município de Palmas pela COPEL foi de 0,35719 centavos de real por kWh, totalizando R\$ 4.200,00 mensais.

O valor de mercado da tonelada de briquete praticado atualmente, de acordo com profissionais do ramo, na região Sul do Brasil é de aproximadamente R\$ 280,00. Em São Paulo capital, a tonelada é comercializada por valores entre R\$ 400,00 e R\$ 450,00.

O principal custo em uma usina de briquetagem está no processo de secagem com uso de secador rotativo de tambor. A pesquisa realizada demonstrou haver em Palmas disponibilidade de resíduos secos e em granulometria ideal suficiente para uma produção de 1.500 Kg de briquete por hora.

Indicador econômico	Resultado
VPL	R\$ 2.589.348,00

Os valores observados nos critérios de avaliação econômica mostram a viabilidade do empreendimento, uma vez que o mesmo proporciona, em valores atuais, um lucro de R\$ 2.589.348,00 referente ao período de funcionamento de 10 anos, que convertido em valores periódicos, equivale a um lucro anual de R\$ 360.190,00.

O valor observado na Razão Benefício Custo (B/C) indica que o empreendimento apresenta uma rentabilidade de 2,18 unidades monetárias para cada unidade investida.

A TIR verificada indica um retorno percentual do empreendimento da ordem de 110,7 %.

A viabilidade do empreendimento pode ser verificada também por meio do CMP, que comparado ao preço de venda do produto, proporciona um lucro de R\$156,17 por tonelada produzida.

Os resíduos gerados mensalmente pelas empresas pesquisadas, se utilizados em sua totalidade para esta finalidade, podem fornecer uma produção média mensal de 798 toneladas de briquete.

A instalação de uma usina de briquetagem utilizando resíduo úmido como matéria-prima é inviável devido ao baixo rendimento energético do processo de secagem convencional.

A instalação de uma máquina briquetadeira para valorização dos resíduos ligno-celulósicos gerados secos pelas empresas pesquisadas do município de Palmas é econômica e ambientalmente viável.

Fonte: José Marchesini Neto; Rafaelo Balbinot; Gabriel de Magalhães Miranda; Waldir Nagel Schirmer

Para mais informações sobre usinas de briquetagem e/ou máquinas envolvidas no processo de briquetagem, consultar o site da empresa Irmãos Lippel (www.lippel.com.br), empresa referência em processamento de biomassa.