

USO DE BIOMASSA NA SIDERURGIA ¹

Elisabeth Fialho de Rezende²

Eric Rafael dos Reis³

Janaina Solzelino Brum³

Paulo Santos Assis⁴

Resumo

A presente contribuição técnica divide-se em dois trabalhos que visam estudar a geração de energia e/ou produção de carvão utilizando biomassa como matéria-prima. A primeira parte irá introduzir conceitos fundamentais para a compreensão e justificativa do tema abordado tratando de temas atuais e de extrema importância econômica, social e ambiental; inicialmente descreve-se o processo de produção do álcool anidro, produzido em uma usina de beneficiamento da cana-de-açúcar no município de São Pedro dos Ferros, Minas Gerais onde foi realizada uma visita técnica onde todo o processo produtivo foi acompanhado e coletaram-se amostras para serem estudadas, utilizando a bibliografia disponível para o assunto como ferramenta. A segunda etapa foi um estudo sobre uma fonte de energia para transformar a biomassa em carvão concluindo ser a fonte de microondas um grande potencial como se justificará no texto. O material coletado na empresa acima foi preparado fisicamente e aglomerado usando um meio não convencional na Siderurgia para a produção de biomassa, produzindo o SP que foi caracterizado termicamente para o seu uso como fonte de energia.

Palavras-chave: Processos de cana-de-açúcar; Geração de energia; Briquetes; Microondas.

USE OF THE BIOMASSE IN THE STEELPLANT

Abstract

The present paper is divided in two parts aiming to study the generation of energy and/or production of charcoal using biomass as raw material. The first part introduces basic concepts for understanding and justification of the subject, explaining the main points concerning the theme, that has economical, social and environmental advantages, initially describes the process of production of the alcohol, produced in a beneficiation plant of sugar cane in the city of São Pedro dos Ferros, Minas Gerais where a visit was made for getting details of the process and to collect samples to be studied, using the available literature for the subject as tool. The second stage was a study on a power plant to transform the biomass into charcoal using microwaves. The collected material was prepared and agglomerated using a non conventional method in the Steel plant, producing the Small Pellet that was thermally characterized for its use as thermal source.

Key words: Sugar cane processes; Generation of energy; Briquettes; Microwaves.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Membro da ABM, Engenheira Ambiental da Escola de Minas da UFOP.*

³ *Membros da ABM, Graduandos em Engenharia Metalúrgica da Escola de Minas da UFOP.*

⁴ *Membro da ABM, Prof. Titular da Escola de Minas da UFOP. Prof. da REDEMAT, Pesquisador do CNPq.*

1 INTRODUÇÃO

O presente documento mostra o estado atual da tecnologia de produção de álcool e cana de açúcar no Brasil, bem como aspectos relativos à geração de resíduos, características da biomassa gerada, dados de máquinas usadas para aglomeração e fundamentos do uso da energia em micro-ondas.

Na segunda parte deste trabalho, mostram-se detalhes da metodologia adotada para aglomerar o material e o seu estudo para a possível utilização como fonte de energia.

1.1 Produção de Cana e de Álcool

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia e Austrália. Em média, nas últimas cinco safras, 52 % daquela produção destinaram-se às fábricas de etanol (anidro e hidratado) e 48% às de açúcar (refinado e cristal). A cultura espalha-se pelo Centro-Sul e pelo Norte-Nordeste do País, em dois períodos de safra, que na Região Norte-Nordeste ocorre entre os meses de setembro e março e, na Região Centro-Sul, desenvolve-se entre maio e novembro, ocupando 2,4% da área agricultável do solo brasileiro, perto de 5,5 milhões de hectares.^[1]

A cultura canavieira dessa área representa cerca de 85% da produção brasileira e está compreendida entre os estados de São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Responsáveis pelos 15% restantes da produção de cana-de-açúcar, na Região Nordeste alinham-se principalmente os estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia.^[1,2] De forma global a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar envolve as atividades da colheita, o tratamento da cana, a extração do caldo e a produção de etanol propriamente dita.

A colheita envolve as operações de corte, carregamento e suprimento uniforme e contínuo da matéria-prima à usina, cujo objetivo é trabalhar sempre na sua capacidade máxima, com máxima eficiência, sobre uma cana-de-açúcar fresca e de melhor qualidade possível.^[3]

A destilaria Atenas tem capacidade de moer 2000 t/dia de cana-de-açúcar produzindo 80 l de álcool por tonelada.

O esquema da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é apresentado na Figura 1, onde se pode ver que a primeira etapa do processamento industrial propriamente dito é a lavagem da cana-de-açúcar, quando se realiza a retirada das impurezas carregadas do campo, principalmente areia, argila, palha e pedras.^[3]

Em seguida se realiza o preparo da cana-de-açúcar através das facas rotativas e os desfibradores. As facas rotativas proporcionam a obtenção de um colchão de cana-de-açúcar de espessura quase uniforme e são divididas em niveladoras, que regularizam e uniformizam a carga de cana, e as cortadoras que trabalham a seguir. Os desfibradores destroem por completo a estrutura da cana-de-açúcar, proporcionando a desintegração física para facilitar a extração do caldo, e, portanto da sacarose contida nas células.^[3]

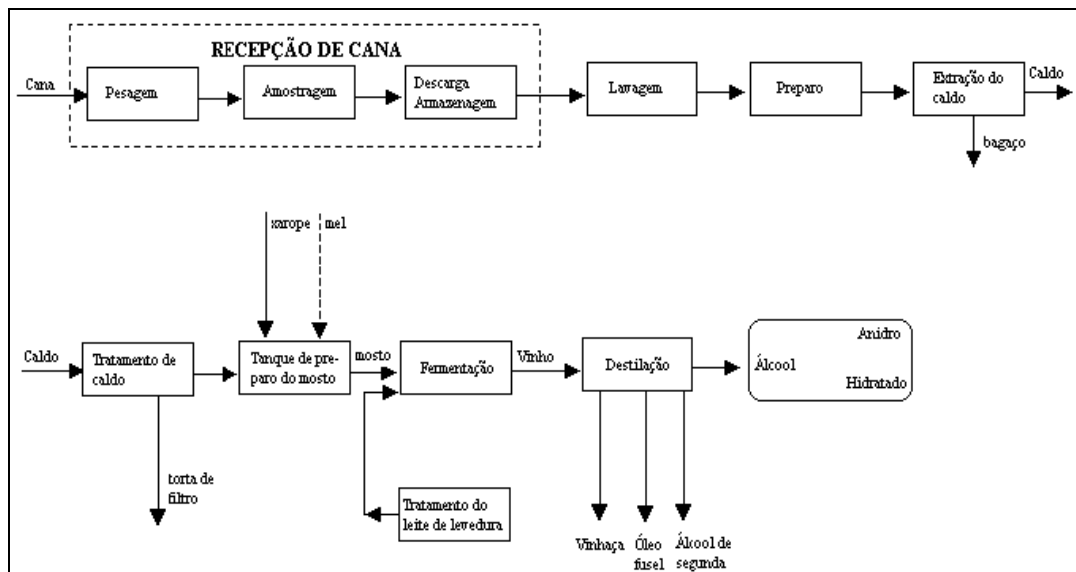


Figura 1: Esquema Geral da Produção de Etanol a partir da Cana-de-açúcar ^[3]

A extração do caldo é então realizada nas moendas. A moenda é a unidade esmagadora constituída basicamente por ternos, conjunto de três cilindros com seus eixos posicionados nos vértices de um triângulo isósceles. Para aumentar a extração de sacarose realiza-se a adição de água à cana-de-açúcar após a passagem pelo primeiro terno da moenda, processo chamado embebição.^[3]

O caldo misto extraído pela moagem, composto pelo caldo da cana-de-açúcar e a água de embebição passa por algumas etapas de tratamento. Na produção de etanol não está definitivamente estabelecida a tecnologia a ser empregada. Algumas unidades já não aplicam nenhum tratamento do caldo misto enviando-o a fermentação após o peneiramento. Outras unidades aplicam após o peneiramento a pasteurização do caldo misto ou seu aquecimento e decantação.^[3] O tratamento do caldo misto inclui a etapa de peneiramento, decantação e a filtração. Seu objetivo é a retirada de impurezas minerais e vegetais em suspensão que desgastam e entopem as centrífugas produzindo perda de levedura, importante na fermentação, e incrustando os equipamentos de processo.^[3] O caldo misto tratado é enviado a fermentação. O processo de fermentação, conversão dos açúcares em etanol, é normalmente realizado de forma descontínua em tanques denominadas dornas. As leveduras e microorganismos unicelulares produzem um conjunto de enzimas que catalisam a reação de fermentação.^[3] No Brasil emprega-se o processo descontínuo de **Melle-Boinot** que reutiliza as leveduras após a separação por centrifugação do mosto fermentado em duas frações: o leite de levedura e o vinho de levedurado. O vinho segue para a dorna volante que é o pulmão da destilaria e o leite de levedura é diluído em água e tratado com ácido sulfúrico, retornando ao processo.^[3] O caldo pasteurizado é recebido nas dornas de fermentação, denominando de “mosto”. Nas dornas recebem primeiramente o fermento das cubas para depois receberem o mosto. Quando o mosto mistura-se com o fermento, tem início a fermentação, que consiste na formação do açúcar existente no mosto em álcool através das leveduras. A fermentação da dorna se encerra quando a dorna “morre”, ou seja, não há mais açúcar a ser transformado em álcool. A etapa seguinte é a centrifugação, o mosto fermentado (vinho) é conduzido até as separadoras centrífugas onde estas separam o vinho do fermento. O fermento retorna para as cubas enquanto o vinho vai para a dorna volante.

A dorna volante alimenta a destilaria e sua finalidade é purificar e concentrar o álcool obtido na fermentação. A destilaria é constituída por uma série de colunas de destilação, variando em número de acordo com o tipo e a qualidade do álcool desejado. Após a seqüência de colunas de destilação, os vapores alcoólicos produzidos através do vapor d'água por troca direta ou indireta são condensados originando o álcool hidratado com 96° GL, o álcool de segunda com 92° GL e subprodutos como a vinhaça, flegmaça e óleo fúsel.^[3]

1.2 Geração de Bagaço

A industrialização da cana resulta vários produtos, merecendo destaque o bagaço, o qual além de permitir a indústria uma auto-suficiência energética, gera uma produção excedente do produto, o que permite o uso deste para alimentação de bovinos (depois de hidrolisado), sendo fonte de fibra para a indústria de papel e combustível de outras indústrias.^[3] A biomassa disponibilizada pela cultura da cana-de-açúcar pode ser dividida em duas categorias: o bagaço de cana, disponível na área das usinas após a extração do caldo e já tradicionalmente utilizado como insumo energético em caldeiras de combustão direta para geração de vapor de acionamento mecânico, energia elétrica e processo, e a palha e ponta da planta, quando esta é colhida sem queimar, que fica disponível no campo e deve ser recuperada e transportada até a usina.^[3]

A quantidade de biomassa residual da cultura da cana-de-açúcar depende da variedade de planta cultivada, da idade da cultura, do estágio de corte, da situação climática, do sistema de colheita, seja cana queimada ou sem queimar, seja manual ou mecanizada, da altura de corte dos ponteiros, entre outros^[3].

No caso do bagaço de cana, o parâmetro fundamental é o coeficiente de resíduo, determinado pela variedade da cana-de-açúcar e suas proporção de fibras. Seu coeficiente de disponibilidade é sempre 100 % uma vez que já se encontra no pátio da usina e a quantidade total de biomassa varia entre 125 e 150 kg_{Bagaço}/t._{Cana}, em base seca, ou 250 a 300 kg_{Bagaço}/t._{Cana}, com 50 % de umidade.^[3]

Na Tabela 1, abaixo, esta relacionada às características da cana-de-açúcar de acordo com as regiões do Brasil.

Tabela 1 – Características da Cana-de-açúcar por Região^[3]

	Norte/Nordeste	Centro/Sul	Brasil
Teor de Fibras Médio (%)	16,15	13,22	13,35

Se se avaliar como resíduos também a biomassa da folhagem da planta, a palha e as pontas da cana ter-se-á o coeficiente de resíduo em torno de 0,70 a 0,90 e o coeficiente de disponibilidade variando de 35 %, quando apenas o bagaço estiver realmente disponível, ao valor máximo de 100 %, quando toda a biomassa encontra condições técnico-econômicas de aproveitamento.^[6] Encontra-se na Tabela 2, a disponibilidade de cada resíduo da cana-de-açúcar, com seus respectivos coeficientes. Para a determinação da quantidade de biomassa residual da cultura da cana-de-açúcar utilizar-se-ão as definições apresentadas.^[3]

Coeficiente de Resíduos (CR): relação entre a quantidade de resíduo total (em base seca) e a massa da colheita com umidade do campo (MC);

Coeficiente de Disponibilidade (CD): relação entre a quantidade de resíduo disponível (em base seca) e a massa total de resíduos, em %;
 Quantidade Total de Resíduos (CRE):

$$CRE = MC * CR$$

Tabela 2 – Disponibilidade de Resíduos de Cana-de-açúcar^[3]

Biomassa Residual	Coeficiente de Resíduo (CR)	Coeficiente de Disponibilidade (CD) (%)	Quantidade Total de Biomassa ^(a) (CRE) (kg _{Biomassa} /t _{Cana})
Bagaço	0,125 a 0,150	100	125 a 150
Bagaço, Pontas e Palha	0,35 a 0,45	35 (só bagaço)	125 a 150
		50 (parcial)	175 a 225
		100 (integral)	350 a 450

(a) todos os valores em base seca

O bagaço é formado por um conjunto de partículas de diferentes tamanhos cuja média está em torno de 2,50 mm, sendo produzido em torno de 25 a 30% do peso de cana.^[3] A cana-de-açúcar é composta de 1/3 de caldo e 2/3 de biomassa (palha e bagaço). Do caldo já se faz açúcar e álcool em grandes quantidades e de forma competitiva. O restante representa um potencial de matéria-prima que começa a ser explorado.^[1]

1.3 Geração de Energia

Para se determinar a potencialidade de um combustível e, poder avaliar se está sendo utilizado dentro de sua plena capacidade, deve-se primeiramente conhecer as suas características fundamentais, ou seja, sua composição química e seu potencial calórico. Estas características fundamentais são a composição elementar, e/ou composição imediata e o poder calorífico.^[3] Na verdade, do conhecimento de sua análise elementar e/ou imediata pode-se estimar o seu poder calorífico. No caso do conhecimento da análise imediata, tem-se de determinar a composição dos voláteis. A composição elementar de um combustível é o conteúdo em porcentagem de massa de carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S), oxigênio (O), nitrogênio (N), umidade (W) e material residual ou cinzas (A). É a característica técnica mais importante do combustível e constitui a base para análise dos processos de combustão, tais como: cálculo dos volumes de ar, gases e entalpia, determinando o poder calorífico do combustível^[3]. A composição imediata de um combustível é o conteúdo em porcentagem de massa de carbono fixo (F), voláteis (V), umidade (W) e cinzas (A). Os voláteis têm um papel importante durante a ignição e as etapas iniciais de combustão da biomassa.^[3]

Determinadas as características físico-químicas da biomassa determina-se então seu potencial calórico ou poder calorífico. O poder calorífico é a quantidade de calor que se desprende durante a combustão completa da unidade de massa do combustível, podendo ser medida em kJ/kg ou kJ/m³.

O poder calorífico apresenta grande variabilidade em função do teor de umidade da biomassa. Define-se o poder calorífico inferior (PCI), ao invés do poder calorífico superior (PCS), quando não se considera o aproveitamento do calor latente de condensação do vapor d'água presente nos gases de combustão, proveniente da

umidade da biomassa e da própria combustão. A diferença entre o PCS e o PCI é a energia requerida para evaporar a umidade e para oxidar o hidrogênio presente no combustível.^[3]

Nos equipamentos de combustão a temperatura dos produtos de combustão na descarga para a atmosfera geralmente é superior a temperatura de condensação da água. Portanto, o calor latente de condensação da água não é utilizado e o PCI possui então, maior aplicação prática.^[3]

Os resíduos de biomassa da cana-de-açúcar podem ser preparados de forma relativamente fácil para obtenção de energia devido a pouca umidade e a facilidade em serem pré-processados. Na sua utilização como energético o poder calorífico é função do teor de açúcar residual e da umidade. Como o primeiro é normalmente baixo, a umidade é o principal fator limitante do poder calorífico.^[3]

Tanto no caso da composição elementar quanto no da composição imediata deve-se determinar o teor de umidade da amostra através de secagem, antes da realização das análises. A umidade interfere diretamente na combustão influenciando a temperatura de ignição e a temperatura de chama.^[3]

Na Tabela 3 pode ser observada a composição química e elementar, juntamente com o poder calorífico do bagaço de cana.

Tabela 3 - Composição Imediata, Elementar e Poder Calorífico do Bagaço de cana ^[3]

Composição Imediata (% massa, base seca)			Composição Elementar (% massa, base seca)					Poder Calorífico (MJ/kg, base seca)	
C fixo	Voláteis	Cinzas	C	H	O	S	N	Superior	Inferior
13	83	4	46,3	6,4	43,3	< 1,0	-	18,9	17,5

Na maioria das unidades de produção de álcool do Brasil, as caldeiras que produzem vapor para o estágio de destilação operam em pressões de 20 bar quando gerando pequena quantidade de eletricidade (15-20 kWh/t de cana), suficiente para as necessidades da unidade. Isto significa que o potencial para cogeração é praticamente inexplorado. A melhoria mais simples para a geração de eletricidade é usar turbinas de vapor do tipo condensação-extração (Cest) e pressões de até 8 MPa (80 bar) e reduzir o uso de vapor de processo a 350 kg vapor por tonelada de cana. A eficiência para a produção de eletricidade em unidades que operam dessa forma pode atingir 10% a 20%, que é superior à eficiência das unidades em operação atualmente. Unidades tipo Cest são usadas rotineiramente em outras partes do mundo e são capazes de gerar um excesso de eletricidade de 80 a 100 kWh/t de cana que pode ser vendida à rede elétrica.^[3] O rendimento em algumas caldeiras, em função da pressão, temperatura e tecnologia pode chegar até a 33%.^[4]

A alternativa tecnológica de ciclo a vapor com condensação e extração é aquela em que o vapor ao final da realização do trabalho na turbina a vapor é, total ou parcialmente, condensado e a parcela de vapor necessária ao atendimento dos requisitos mecânicos e térmicos do processo produtivo é fornecida por extração de vapor na turbina em um ponto intermediário da expansão e pelo vapor de contrapressão das turbinas de acionamento mecânico. Estes ciclos são chamados de condensação e extração, conhecidos e nomeados pela sigla CEST, do inglês *Condensing Extraction Steam Turbine*.^[5] Um sistema Cest é viável para a venda de

eletricidade a 50 US\$/MWh. Se o preço da eletricidade vendida for maior, a consequência é uma redução no custo do álcool. Isto está ocorrendo com a indústria do açúcar do Havaí e Ilhas Maurício, mas não é o caso do Brasil, onde a hidroeletricidade em bloco é vendida a um valor inferior a US\$ 40/MWh. Este é um sério obstáculo à co-geração que exigirá uma melhor avaliação do custo marginal real da eletricidade em bloco no Brasil.^[5]

O seu poder calorífico é relativamente baixo ao ser comparado com outros combustíveis tradicionais. Entretanto, não há dúvidas de que se constitui um valioso potencial energético. O seu poder calorífico é o seguinte:

Poder calorífico superior (PCS) = 2.540 kcal/kg de bagaço (para um bagaço com 50% de umidade).

Poder calorífico inferior = em função dos teores de umidade % de bagaço.^[3]

A comparação entre o bagaço e outros combustíveis pode ser observada na Tabela 4 e sua equivalência correspondente na Tabela 5 abaixo.

Tabela 4: Comparação entre o bagaço e outros combustíveis^[3]

Material	PCI (cal.kg ⁻¹) ^[*]	PCI (MJ.kg ⁻¹) ^[*]
Óleo BPF	9500	39748
Bagaço 50% Umidade	1800	7531
Bagaço 48% Umidade	2250	9414

^[*] PCI: poder calorífico inferior

Tabela 5: Equivalência do bagaço^[3]

Bagaço (kg)	Equivalência de outros combustíveis
5,3	1 kg de Óleo BPF
320	1 m ³ de lenha (= 500 kg ^[*])

^[*] Depende da densidade

Reduzindo-se a umidade do bagaço poder-se-á se um menor consumo de bagaço na geração de energia com maior sobra do mesmo para outros fins^[3]. Na safra 2003/2004, o Brasil moeu 358 milhões de toneladas de cana-de-açúcar correspondentes a 429,6 milhões de barris de petróleo. Contabilizado o potencial energético do álcool, do bagaço e da palha da cana-de-açúcar, o equivalente à produção de 1,17 milhões de barris de petróleo por dia.^[1,2] Um diferencial importante da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é a mínima dependência da energia fóssil no processo de produção. A energia utilizada para a fabricação de açúcar e álcool é proveniente da queima dos resíduos da cana-de-açúcar em caldeiras que geram vapor para a produção de calor ou movimentação de geradores de eletricidade necessários aos processos industriais.^[1]

As usinas e destilarias brasileiras geram 1485 MW de energia elétrica para uso próprio e ainda produzem excedentes, vendidos às concessionárias de energia, da ordem de 619 MW, utilizados para complementar as demandas da matriz de energia do País, contribuindo para torná-la uma das mais limpas do Planeta.^[1] O uso do bagaço *in natura* contribui efetivamente para uma produção sustentável sob o ponto de vista de energia em uma unidade de produção de álcool e açúcar. Uma alternativa para concentrar e poder produzir energia em outros locais que não aqueles onde existe a geração do bagaço é uma alternativa que deve ser pesquisada. Assim, o próximo item mostra esta alternativa, já de domínio tecnológico, que pode ser facilmente usada em casos onde exista excesso ou não necessidade de energia adicional a partir do bagaço de cana.

2. AGLOMERAÇÃO A FRIO

A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa. Em 1 m³ de briquetes contém pelo menos 5 vezes mais energia que 1 m³ de resíduos. Isso, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. Portanto, devido à dimensão e às grandes distâncias internas do país, o aspecto concentração energética assume também grande importância.^[6,7] Além é claro de seu direto em caldeiras para substituição da biomassa usada em vários setores produtivos.

A briquetagem consiste na aplicação de pressão a uma massa de partículas, com ou sem adição de ligante, e com ou sem tratamento térmico posterior.^[7] Existem cinco tipos de equipamentos ou princípios básicos de compactação de resíduos:

Prensa extrusora de pistão mecânico - tecnologia desenvolvida desde o princípio do século XX a bastante conhecida no mundo. Um pistão ligado excentricamente a um grande volante força o material a ser compactado por meio de um tronco de cone. No Rio Grande do Sul existe fábrica deste equipamento, a única do país. Na Figura 2 pode-se observar as características do equipamento e do processo de produção.^[7,8]

Prensa extrusora de rosca sem fim - processo muito usado para resíduos, no exterior. Apresenta excelentes resultados. Seu princípio mecânico é semelhante às marombas da indústria cerâmica. É um equipamento de fácil manutenção a de investimento favorável se comparado aos outros tipos também produzidos no exterior.^[8]

Prensa hidráulica - equipamento que usa um pistão acionado hidráulicamente. O material a ser compactado é alimentado lateralmente por uma rosca sem fim. Uma peça frontal ao embolo abre e expulsa o briquete quando se atinge a pressão desejada. Não é um processo extrusivo e a pressão aplicada geralmente é menor que em outros métodos, produzindo briquetes de menor densidade. No entanto, é o processo com major número de fabricantes na Europa.^[8]

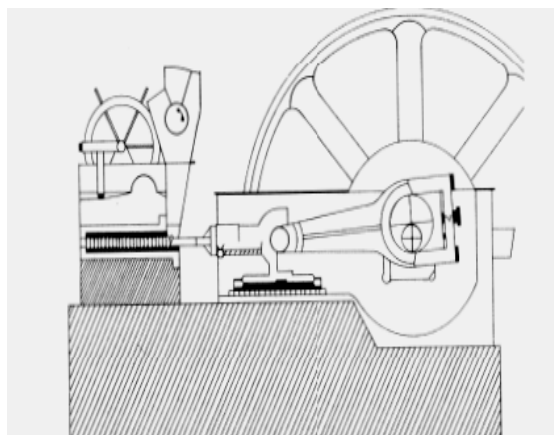
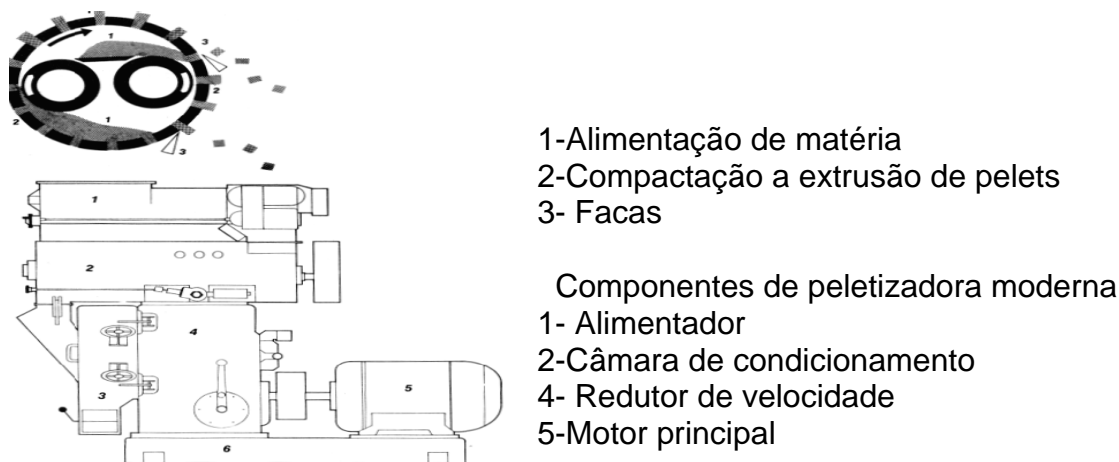


Figura 2 - Extrusora de pistão mecânico e suas características de produção ^[8]

Peletizadora - é um equipamento que opera pelo processo extrusivo. Seu funcionamento é mostrado na Figura 3. É o princípio dos equipamentos de produção

de ração animal, onde há necessidade de injeção de vapor para aquecer a corrigir a umidade. Estes equipamentos vêm sendo experimentados para compactação de resíduos com resultados razoáveis. Operando com bagaço, produz “pelets” de diâmetro igual a 10 mm e 30 a 40 mm de comprimento, densidade relativa de 1,2g/cm³ a densidade a granel de 550 kg/m³.^[8]



- 1-Alimentação de matéria
- 2-Compactação a extrusão de pelets
- 3- Facas

Componentes de peletizadora moderna

- 1- Alimentador
- 2-Câmara de condicionamento
- 4- Redutor de velocidade
- 5-Motor principal

Figura 3 - Peletização de ração animal testada para resíduo.^[8]

Enfardadeira - como o próprio nome indica, o equipamento comprime e amassa o resíduo, elevando densidade do bagaço de cana com 20% de umidade a 500 kg/m³. Não exige pré-secagem do material, o que permite a secagem posterior. No entanto, é aconselhável o enfardamento após a secagem.^[8]

É importante comparar estes processos com relação à exigência de umidade do resíduo, em função do consumo de energia na secagem. As extrusoras de rosca a de pistão mecânico trabalham com material a 10-12% de umidade. As de pistão hidráulico aceitam material com 18-20% de conteúdo de umidade. As peletizadoras trabalham com resíduos com até 20% de conteúdo de umidade, usando pressões de 80 a 320 kg/cm². De qualquer maneira, a umidade que permanece no briquete após a prensagem virá a reduzir seu poder calorífico.^[8]

3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Do ponto de vista físico, o bagaço é constituído por frações. As suas variações são mostradas na Tabela 6.

Tabela 6: Constituição física do bagaço em % peso^[3,8]

Fibra	40 a 47
Sólidos solúveis	1 a 8
Sólidos insolúveis	2 a 3
Água	45 a 52
Sacarose	1 a 4

Os sólidos insolúveis de natureza inorgânica são compostos por terras e outras matérias estranhas.^[6] Os sólidos solúveis formam a fração que se dissolve em água, composto fundamentalmente por sacarose, cuja extração depende das técnicas da unidade industrial.^[6]

Segundo sua natureza, o bagaço é uma biomassa fibrosa que contém, em base seca, as seguintes substâncias, identificadas na Tabela 7.

Tabela 7: Composição estrutural do bagaço % peso ^[6]

Constituinte	Valor (% peso)
Celulose	41 a 44
Hemicelulose	25 a 27
Lignina	20 a 22
Sólidos solúveis	2 a 5
Cinzas	2 a 3

A hemicelulose^[9] (literalmente: "meia celulose") é o polissacarídeo. Junto com a pectina e glicoproteínas, formam a Parede celular primária. É um dos constituintes da parede celular dos vegetais. As hemiceluloses referem-se a uma mistura de polímeros de hexoses, pentoses e ácidos urônicos, que podem ser lineares ou ramificados, são amorfos e possuem peso molecular relativamente baixo.

A celulose^[10] é um polímero de "cadeia longa" composto de um só monômero, carboidratado, classificado como polissacarídeo. É o componente estrutural primário das plantas e não é digerível pelo homem. Alguns animais, particularmente os ruminantes, podem digerir celulose com a ajuda de micro-organismos simbióticos. Celulose é um material comum nas paredes celulares de plantas, sendo assim notado pela primeira vez em 1838. Ela está naturalmente na maioria das fibras puras de algodão, sendo encontrado em toda planta na combinação de lignina com qualquer hemicelulose.

A lignina^[11] ou lenhina é um polímero tridimensional amorfo encontrado nas plantas terrestres, associado à parede celular, cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais. Diz-se que quanto maior o teor de lignina, maior é a chance de se produzir um carvão vegetal de boa qualidade. De posse da caracterização do material, pensou-se que a possibilidade de se produzir carvão vegetal ou energia poderia ser acelerada pelo uso de um forno de micro-ondas. Desta forma, o próximo capítulo mostra os fundamentos do forno de micro-ondas.

4 MICROONDAS

As microondas são radiações eletromagnéticas não ionizantes, cuja frequência está compreendida entre 300 MHz e 300 GHz. São derivadas da energia elétrica, podendo ser refletidas por um espelho simples como uma folha metálica, refratadas em uma interface dielétrica e ser focalizadas por refletores parabólicos ou antenas.^[10] De acordo com a capacidade de dissipação da energia das microondas, os materiais se classificam em condutores, que refletem toda a radiação que incide sobre os mesmos (metais), isolantes, que são transparentes às microondas, ou seja, não interage com essas radiações, e dielétricos, que absorvem a energia das microondas incidentes sobre os mesmos.^[12] A transformação de energia eletromagnética em calor, no interior dos materiais dielétricos, ocorre por um conjunto de mecanismos em escala atômica e molecular, entre os quais sobressaem a condução iônica e a rotação dipolar. Sabe-se que em processos de secagem (remoção de um solvente, como por exemplo, água, ácido ou substância orgânica de alta pressão de vapor, fisicamente adsorvido) de materiais em fornos de microondas, o principal fenômeno responsável pelo aquecimento e conseqüente extração da água é a rotação dipolar.^[12] Pode-se descrever sucintamente esse fenômeno,

lembrando que a molécula de água, apesar de ter carga elétrica total nula, apresenta-se como um dipolo elétrico, pois o centro de gravidade das cargas positivas não coincide com o das cargas negativas. Diz-se que a molécula de água é polar. Sob a ação de um campo elétrico externo, esse mesmo dipolo tende a girar, orientando-se na direção do campo. Essa rotação do dipolo encontra resistência, o que resulta em dissipação de energia eletromagnética do campo, sob a forma de calor, com o conseqüente aumento de temperatura, conforme mostrado na Figura 4.^[10]

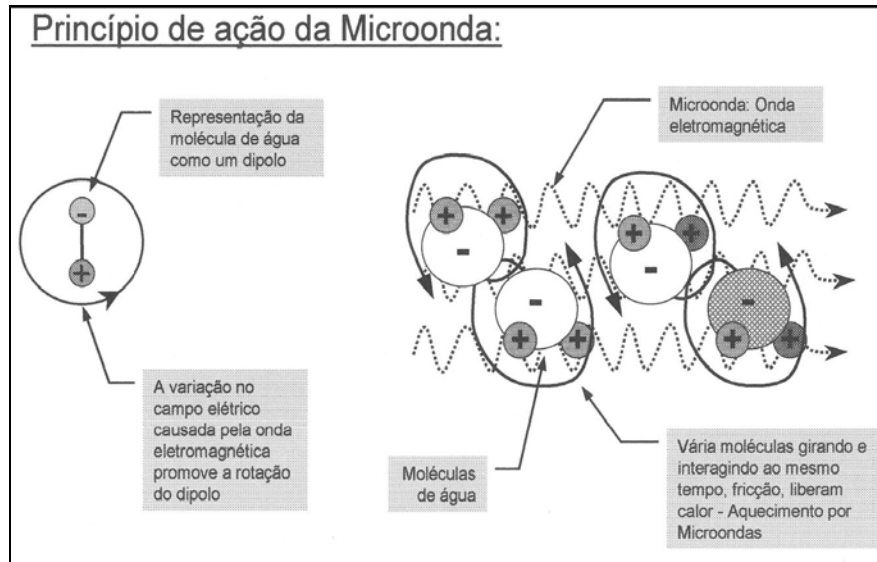


Figura 4 - Princípio de ação das microondas ^[12]

5 DISCUSSÃO

De posse da revisão bibliográfica, considerando o volume de geração de bagaço de cana, considerando os processos produtivos de aglomeração a frio, bem como a possibilidade de usar o micro-ondas, o trabalho se concentrou em amostragem de uma determinada usina, para recolher o bagaço, posteriormente o material foi tratado sob o ponto de vista físico, e feito aglomeração e tratamento térmico, conforme será mostrado na CT mostrada neste seminário ^[13].

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos conceitos e dados apresentados conclui-se:

- o potencial energético do país para uso da cana de açúcar como fonte de energia e de alimento é enorme e se constitui um fato marcante
- existe um potencial enorme de uso dos resíduos gerados no processamento da cana de açúcar, que supera os 1,7 milhões de BEP produzidos por dia
- a aglomeração destes resíduos contribui não só com a geração de energia por si própria, mas também agrega valor econômico a um subproduto, o bagaço, gerando assim para as empresas investidoras uma nova fonte de renda e conseqüentemente empregos a mais pessoas.
- Além disso, o bagaço na forma de briquetes pode ser transportado de uma maneira mais eficiente aumentando a região onde a empresa poderá atuar vendendo o excedente de energia produzido a empresas de diferentes setores produtivos.
- Os processos de aglomeração são importantes como fatores de concentração volumétrica e de uso potencial em caldeiras

- O processo de micro-ondas pode vir a se tornar uma ferramenta para conversão do potencial renovável de energia em fonte carbonosa para a Siderurgia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFOP-Escola de Minas, a FAPEMIG, ao CNPq pelo apoio as pesquisas do orientador das pesquisas orientadas para aproveitamento de resíduos na Siderurgia.

REFERÊNCIAS

- 1 Açúcar e álcool do Brasil, Commodities da Energia e do Meio Ambiente. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Maio de 2004. Disponível em: <http://www.portaunica.com.br/portaunica/files/referencia_publicacoes_institucionais-9-Arquivo.pdf>. Acesso em: 03/07/06.
- 2 Produção de cana-de-açúcar do Brasil das safras 1990/91 a 2005/06. Disponível em:<http://www.portaunica.com.br/portaunica/?Secao=refer%EAncia&SubSecao=estat%EDsticas>> Acesso em: 03/07/06.
- 3 CORRÊA NETO, V. Análise de Viabilidade da Cogeração de Energia Elétrica em Ciclo combinado com Gaseificação de Biomassa de Cana-de-açúcar e Gás Natural. Tese (mestrado). COPPE: Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Março de 2001.
- 4 ASSIS, P.S Notas de seminário realizado no Seminário sobre minério e redução, em Ouro Preto, 12 a 15 de setembro de 2006. ABM, São Paulo, 3p.
- 5 GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. Instituto de Eletrotécnica e Energia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.
- 6 AZEREDO CESÁR, M.A SILVA, F.C. Apostila. ESALQ: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, fevereiro de 1993.
- 7 LUCENA, D.A.; MEDEIROS, R.D.; FONSECA, U.T.; ASSIS, P.S. Aglomeração de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia. In: Seminário sobre minério e redução, em Ouro Preto, 12 a 15 de setembro de 2006. ABM, São Paulo, 10p.
- 8 CORREA NETO, V. Análises de opções tecnológicas para projetos de cogeração no setor sucro-alcooleiro. SETAP: 2002.
- 9 Hemicelulose.[S.l.:s.n.] . Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hemicelulose>> Acesso em 18/07/2006
- 10 Celulose. [S.l.:s.n.].Disponível em: <<http://pt.wikip:edia.org/wiki/Celulose>>; Acesso em: 18/07/2006
- 11 Lignina. [S.l.:s.n.]. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lignina>>. Acesso em: 18/07/2006.
- 12 MAGALHÃES, R.S; LIMA, R.M.F.; SOUZA, H.A. Mineração. *O uso de microondas para determinação de umidade de bauxita*, Ouro Preto, out /dez 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672003000400007&script=sci_arttext>. Acesso em: 18/05/06.
- 13 REZENDE, E.F, REIS, E.R; DANTAS, L.H.T; SILVA V.H & ASSIS, P.S. Utilização do Bagaço de Cana-de-Açúcar na Geração de Energia. CT submetida ao Seminário de Redução e Matérias-Primas da ABM, Salvador, ABM, São Paulo, 9p.