

UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR NA GERAÇÃO DE ENERGIA ¹

*Elisabeth Fialho de Rezende*²

*Eric Rafael dos Reis*³

*Luis Henrique Torres Dantas*³

*Victor Hugo da Silva*⁴

*Paulo Santos Assis*⁴

Resumo

A segunda parte desta Contribuição técnica mostra a utilização da biomassa de cana-de-açúcar para geração de eletricidade. Partiu-se de uma resenha bibliográfica sobre o assunto, visando inicialmente estudar a possibilidade de uso do material para fabricação de carvão. Para isto, o material foi prensado e produziu-se um briquete, “small pellet” (SP). Este material foi levado ao forno de micro-ondas para se tentar a produção de carvão vegetal. Diante dos resultados pífios obtidos, já esperados, pois a atmosfera adotada foi oxidante, e considerando a literatura sobre o assunto, passou-se a segunda etapa que seria o estudo da possibilidade de uso deste material para geração de energia. Este material foi submetido ao forno de micro-ondas, demonstrando a possibilidade de sua queima, bem como análises químicas foram realizadas e daí pode-se demonstrar a possibilidade de uso do SP, em condições bastante favoráveis para geração de energia.

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

USE OF THE BAGASSE OF THE SUGAR CANE IN THE ENERGY GENERATION

Abstract

The second part of this Contribution technique shows the use of the biomass of sugar cane-of-sugar for electricity generation. The study of the possibility of the material for manufacture of charcoal was tried so a bibliographical review was made as well. The material was pressed and produced a briquette, “small pellet” (SP). This material was put into the microwaves furnace to try the production of charcoal. Ahead of the gotten irrelevant results, already waited, therefore the adopted atmosphere was oxidant, and considering literature on the subject, second stage was transferred it that would be the study of the possibility of use of this material for energy generation. This material was submitted again into the microwaves furnace, having demonstrated the possibility of its burning, as well as chemical analyses had been carried out and from there the possibility of use of the SP can be demonstrated, in sufficiently favorable conditions for energy generation.

Key words: Processes of sugar cane-of-sugar; Generation of energy; Briquets, 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

Na parte 1 desta CT, mostrou-se uma resenha bibliográfica sobre o tema de produção de cana de açúcar, álcool e a geração de um dos resíduos no processo em questão, que é o bagaço de cana. Nesta segunda parte, é mostrada a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa, os resultados obtidos, a sua discussão e conclusões.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido por Índia, Tailândia e Austrália,⁽¹⁾ e é responsável por 45% da produção mundial de etanol combustível. A cultura da cana permitiu uma produção nacional de etanol de 14,5 bilhões de litros em 2005, mais de 2 bilhões dos quais destinados a exportação. A área dedicada a esse cultivo abrange 6,2 milhões de hectares, 1,7% da área agricultável e 18,3% da área utilizada para culturas anuais, como se pode observar na Tabela 1.^[1]

Tabela 1. Áreas ocupadas pela agricultura no Brasil ^[1]

Área	Valor (ha)
Total do Brasil	851.404.680
Não agricultável (estradas, cidades, Amazônia legal etc)	497.793.441
Agricultável	353.611.239
Com agricultura perene	7.541.626
Com agricultura anual (a)	34.252.829
Ocupada com cana-de-açúcar (2004) (b)	6.252.023
% Área com cana-de-açúcar (b/a)	18,30%
Em repouso (c)	8.310.029
De pastos naturais (d)	78.048.463
De pastos artificiais	99.652.009
Com florestas naturais	88.897.582
Ocupada com plantações florestais	5.396.016
Não utilizada (e)	16.360.085
Inapta para agricultura	15.152.600
Possível de expansão com cana-de-açúcar [(c+d+e)/2]	51.359.289

As regiões com a maior extensão de plantios estão localizadas nas zonas subtropicais do Sudeste e nas áreas atlântico-tropicais do Nordeste do Brasil. Os tradicionais grupos produtores do Nordeste têm redirecionado seus investimentos para o Sudeste e Centro-oeste. Atualmente a região Sudeste é responsável por 80% da produção de etanol destinada à exportação. A região sudeste, especificamente o estado de São Paulo, é responsável por um constante acréscimo da produção e responde atualmente por 88% do volume de cana-de-açúcar, 89% do de álcool e 90% do de açúcar produzido no Brasil.⁽²⁾ Dentre os principais estados produtores destacam-se ainda o Paraná e Alagoas. Ambos, porém têm uma participação menor se comparada à produção do sudeste situando-se, cada um, na casa dos 8,5% da produção nacional.^[1]

Na safra 2004/05 foram processadas 416,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo 55% para etanol hidratado e anidro e 45% para açúcar.⁽¹⁾ Com essa estrutura dual, a agroindústria canavieira é capaz de reagir rapidamente às oscilações nos mercados internacionais, o que representa uma vantagem competitiva em relação aos países que produzem apenas açúcar. A produção de açúcar e etanol está em expansão e a estimativa para a safra 2006/2007 prevê o processamento de 469,8 milhões de toneladas, o que representa um aumento de

8,9% em relação à anterior. Isso ocorre em virtude do aumento de 5,4% da área plantada e de um ganho de 3,4% em produtividade neste período.^[1]

A distribuição desse montante apresenta a seguinte configuração: 50,5% são destinados à fabricação de açúcar, 39,6% ao etanol e os 9,6% restantes para outras finalidades - cachaça, sementes, ração animal, açúcar mascavo e outras.^[1]

1.1 Potencial Futuro

As expectativas do Governo Brasileiro, expressas na Política Nacional de Agroenergia (2005), lançam projeções de crescimento do consumo interno de 1,5 bilhões de litro ao ano, o que representa uma demanda estimada de 25 bilhões de litros para 2013, e uma oferta total de etanol próxima a 30 bilhões de litros para 2015, agregando-se aí o volume previsto para exportação. A consolidação das expectativas de consumo e exportação de etanol e açúcar deve representar, uma demanda adicional por 220 milhões de toneladas de cana e a incorporação de 3 milhões de hectares de novas áreas.^[1]

A região Centro-Oeste tem despontado nas últimas safras como nova área de expansão do cultivo, sobretudo, o estado de Goiás que teve um aumento de 81% da área plantada entre as safras de 1999/2000 e 2003/2004 e já responde por 6,6 % da produção canavieira no Brasil ⁽²⁾. O leste do estado de Mato Grosso do Sul e o sudeste do estado de Minas Gerais, também no Cerrado, acompanham esta tendência de expansão das novas áreas.^[1]

2 METODOLOGIA

Como foi mencionada acima, a amostra do bagaço foi coletada em uma Destilaria chamada Atenas localizada no município de São Pedro dos Ferros, Minas Gerais, em maio de 2006.

O bagaço coletado estava estocado no pátio, exposto ao tempo como mostra a Figura 1. Assim, já ocorrera a fermentação podendo este ser utilizado como adubo orgânico para a plantação de cana-de-açúcar. Foram coletados dois sacos deste bagaço, para serem aglomerados, de forma aleatória, com aproximadamente 40 kg cada um.

Este foi enviado para São Paulo onde ocorreu à aglomeração. A aglomeração foi feita pela prensa extrusora de pistão mecânico, mostrada abaixo (Figura 2). Para isto, o bagaço passou por uma peneira com diâmetro menor que 2 mm. Distribuição granulométrica típica do material antes de aglomerar pode ser vista na Tabela 2.



Figura 1 - Bagaço estocado exposto ao tempo.

Tabela 2: Granulometria do material antes de aglomerar

Malha	Retido
4,75	2,7%
3,36	6,3%
2,83	20,4%
1	37,4%
< 1	33,3%



Figura 2 – Máquina usada para briquetar o bagaço de cana, em São Paulo.

Da análise da composição estrutural do bagaço de cana-de-açúcar, pode-se inferir que existe pequena possibilidade de se produzir carvão. Foi feito ensaio de carbonização dos briquetes utilizando um forno de microondas. Este ensaio foi realizado variando a quantidade do material e a intensidade do forno de microondas.

Os SP testados corresponderam a uma outra produção de material, feita nos idos de abril de 2006.

Foi realizada análise elementar do material prensado, briquetes, juntamente com a sua composição química e materiais voláteis. De posse destes resultados, fez-se uma pesquisa para se achar modelos de cálculo do PCI do material produzido, sendo que finalmente fez-se uma discussão dos resultados obtidos, projetando-se o estudo para escala nacional.

3 RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 3 mostra a granulometria do material antes de ser aglomerado, podendo concluir que se trata de um material fino devido sua maioria ter sido retido na malha < 2,83 mm.

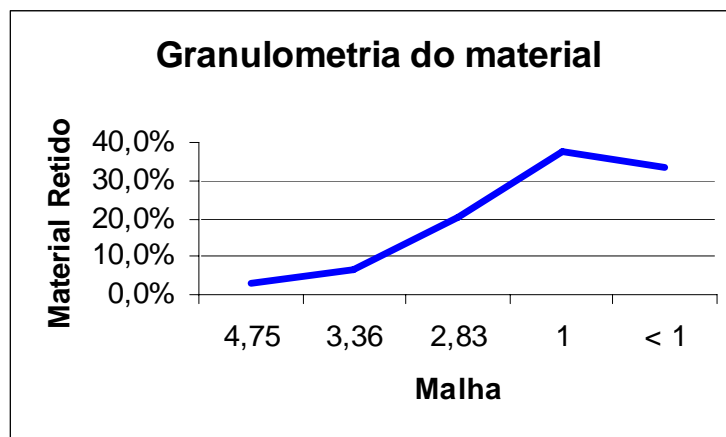


Figura 3 - Distribuição granulométrica do material antes de aglomerar.

A Figura 4 mostra o material que ficou retido na peneira, ou seja, o material acima de 2,83 mm. Este material pode e deve ser cominuído, para um eventual processo de fabricação, visto que representa quase 30 % do material que lhe deu origem.



Figura 4 - Material retido na peneira de 2,83 mm

Na Figura 5, tem-se o material aglomerado, ou seja, o briquete (ou o SP) de bagaço de cana-de-açúcar.



Figura 5 - Briquetes de bagaço de cana-de-açúcar

O resultado do ensaio de carbonização dos briquetes utilizando um forno de microondas não foi satisfatório visto que se tornou um material muito quebradiço, ou seja, inadequado para os fins a qual seria destinada, produção de gusa em altos-fornos. Além de ter havido em alguns casos a sua queima total. O que poderia acontecer, diante da atmosfera oxidante usada.

O resultado da análise imediata e elemental encontra-se mostrados na Tabela 3, e, com ele calculou-se o PCI dos briquetes utilizando a fórmula de Dmitri Vlassov para combustível gasoso.

Com base no poder calorífico de 9,23 MJ/kg, verificou-se que se pode produzir uma energia de 2,56 kWh/kg de briquete. Sendo que de acordo com a tabela 1, ter-se-ia o equivalente a 4,86 kWh/kg de bagaço.

Tabela 3: Composição imediata, elemental e poder calorífico do briquete.

Composição Imediata (% massa, base seca)			Composição Elemental (% massa, base seca)				Poder Calorífico (MJ/kg, base seca)
C fixo	Voláteis	Cinzas	CO	H ₂	CO ₂	CH ₄	Inferior
16,46	78,28	5,26	20	56	15	9	9,23

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tendo em vista a grande procura e utilização de carvão vegetal pelas siderúrgicas hoje em dia aqui no Brasil, e, a grande fabricação de insumos provindos de cana-de-açúcar, houve então, a tentativa de utilizar o resíduo das usinas de cana-de-açúcar e, assim, diminuir seu passivo ambiental e a queima de grandes florestas nativas para fabricação de carvão vegetal.

Como já foi mencionado anteriormente, este trabalho foi realizado com o intuito de produzir carvão e ou geração de energia, utilizando bagaço de cana-de-açúcar. Esse carvão feito a partir do bagaço seria utilizado nas siderúrgicas, especificadamente nos altos-fornos. Mas como se pode ver o resultado não foi satisfatório, pois o carvão do briquete de cana-de-açúcar apresentou com pouca resistência ao

cisalhamento, eventualmente até se queimando durante o processo de carbonização. Pela avaliação dos constituintes do bagaço, mostrados na Tabela 3, existe perspectiva de se produzir carvão, todavia com baixo rendimento e com um carvão de pior qualidade, visto o teor de lignina do mesmo ser bastante abaixo de madeiras como eucalipto.

No entanto, pode-se vir a pensar em utilizar esta biomassa no alto-forno, porém, seriam necessários mais testes com a utilização de outro ambiente que não seja o oxidante, e, quem sabe, utilizar o bagaço misturado a outro tipo de substância ou resíduo.

Frisa-se novamente que o resultado das análises realizadas foi dentro do que se esperava comparando-o com a bibliografia utilizada.

Foi realizado apenas o cálculo do poder calorífico inferior, pois, como é mencionada na literatura, a temperatura dos produtos de combustão na descarga para a atmosfera é superior a temperatura de condensação da água, logo, não foi utilizado o cálculo do poder calorífico superior.

O PCI do briquete foi intensificado como se havia pensado, é claro que esta intensificação é volumétrica e não gravimétrica. Neste caso, sendo mais baixo do que o bagaço sem prensar, conforme literatura utilizada.^(3,4) Entretanto, como foi dito o bagaço utilizado já tinha sido fermentado por bactérias, logo, estava com pouco ou quase nenhum açúcar e com pouca umidade. Isso é de grande importância visto que o poder calorífico é em função do teor de açúcar residual e da umidade como foi mencionado na literatura utilizada. Logo, se teve uma baixa geração de energia. Entretanto, esta baixa geração de energia é compensada pela estabilidade dada ao sistema que não se tem ao queimar diretamente o bagaço. Afora a questão do transporte, que fica muito mais facilitado através do uso direto do SP, tem-se uma homogeneidade muito maior para geração de energia usando o mesmo, em substituição ao bagaço *in natura*.

É interessante mencionar que o uso de briquetes sendo estes de resíduos é de grande importância, tanto pelo lado ambiental, quanto pelo lado econômico. Por se tratar da utilização um resíduo que muitas vezes é descartado de qualquer forma por não haver uma adequação em sua eliminação ou é não utilizado em sua máxima eficiência.

O bagaço prensado gasta uma área menor para ser armazenado do que ele *in natura*. Sendo assim, também mais fácil de ser transportado. Pode vir a aumentar a receita das usinas, pois, pode ser vendido a outras indústrias que também necessite de energia para aquecer suas caldeiras no processo de produção.

Para o caso de Minas Gerais, considerando os dados obtidos como representativos pode-se antever uma geração de $1,786 \times 10^6$ GWh derivado da utilização de pelo menos 15 % de bagaço gerado em 1 tonelada de cana-de-açúcar moída, mostrando assim, um potencial energético enorme na matriz energética mineira.

5 CONCLUSÃO

Do trabalho realizado, concluiu-se que o uso de tecnologias existentes como microondas, associado com briquetagem podem tornar o aproveitamento do bagaço de cana uma alternativa para uso na siderurgia, quanto na área energética;

A matriz energética brasileira poderá ser melhorada sob o aspecto de aproveitamento de resíduos, e como corolário melhora-se o aproveitamento de resíduos, reduzindo-se o passivo ambiental do setor sucro-alcooleiro;

O uso adequado da tecnologia, juntamente com o processo de prensa da biomassa, pode vir a trazer uma economia tanto no gasto de energia, quanto uma significativa diminuição nos resíduos gerados por usinas de cana-de-açúcar, de celulose entre outras.

É de grande interesse, não apenas das indústrias, mas de todos, que se venha produzir meios eficientes de se utilizar à biomassa dentro de seu próprio processo produtivo.

E para utilizar os briquetes em um alto-forno, é necessário mais estudo nesta área como a mudança no meio do forno de microondas, a mistura do bagaço com outras substâncias que possam lhe garantir uma maior resistência, o aumento da umidade do bagaço para que o briquete possa vir a ter um maior poder calorífico.

É possível produzir small-pellet (SP) de bagaço de cana. Por ano, a energia produzida a partir de parte 33 % de todo o bagaço de cana gerado no país pode atingir simplesmente atingir a cifra de 0,94 milhões de Gwh, ou seja, dobrar a capacidade de geração de energia ^[5] elétrica no país.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das empresas Atenas, em São Pedro dos Ferros, da Pelmec, em São Paulo e da Reciclos e Solvi em Timóteo. Da UFOP e Fundação Gorceix, em Ouro Preto e da FAPEMIG, do CNPq ao apoio ao grupo de pesquisas na área de resíduos.

REFERÊNCIAS

- 1 Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Disponível em: http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf Acesso em: 15/06/07
- 2 Rezende. E. F. A utilização do bagaço de cana-de-acucar na geração de energia. Monografia do Curso de Engenharia Ambiental apresentada a Escola de Minas – UFOP e aprovada em 2 outubro de 2006, Ouro Preto, 96p.
- 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. SETAP, 2002
- 4 ASSIS, P.S.; Seminário da ABM, Set 2006, Baterias de coque “Non Recovery”. Notas do seminário.
- 5 Usinas e Centrais Geradoras de energia elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/UsinaListaSelecao.asp>. Acesso em 17 de junho de 2007.