

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE LARANJA VISANDO A OBTENÇÃO DE CARVÃO

Thamara Moreira Lima Pedrosa¹, Ricardo Resplandes de Sousa Paz¹, Pedro Oliveira Bittencour²,
Marcelo Mendes Pedroza³, Elaine da Cunha Silva Paz³

¹Graduando em Informatica-IFTO. e-mail-tahmaranoreira@gmail.com

¹Graduando em Engenharia Civil -IFTO. e-mail- ricardosousapaz@gmail.com

¹Graduando em Engenharia Civil -IFTO. e-mail- peebeittecourt@hotmail.com

³Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - UFRN. Professor do IFTO e-mail: <mendes@ifto.edu.br>

³Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental - UNAERP. Professora do IFTO. e-mail: <elaine@ifto.edu.br>

Resumo: O objetivo do trabalho foi analisar os resultados do produto final da pirólise do bagaço da laranja feita na mufla, com a obtenção de carvão. A secagem do resíduo foi feita a 60°C. Todas as amostras foram trituradas em um liquidificador industrial e peneiradas em uma peneira granulada (30 ASTM - 28 MESH). O rendimento máximo de carvão foi da ordem de 36,47%, sendo o experimento realizado nas seguintes condições: (a) temperatura do sistema 300°C e (b) tempo de reação de 30 min. O menor rendimento foi de 26,04%, foi obtido com as condições experimentais de: (a) temperatura do sistema 500°C e (b) tempo de reação de 30 min. O carvão derivado do bagaço de laranja obtido a partir da pirólise na mufla pode encontrar aplicações no mercado consumidor como carvão vegetal ou até mesmo agir como um agente filtrante de poluentes contidos na água, além de permitir a redução das massas e dos volumes desse resíduo agroindustrial.

Palavras-chave: carvão, pirólise, resíduos industriais

1 INTRODUÇÃO

A citricultura é algo marcante no Brasil, tendo-se como um país com terras férteis para o plantio destas frutas, tais como a laranja e o limão, e um clima favorável. Data-se que as primeiras mudas de laranja vieram da Espanha, trazidas por colonizadores portugueses com o intuito de combater o escorbuto, doença que atacava e dizimava a maioria da tripulação na época pela carência de vitamina C. Atualmente o Brasil é o maior produtor de laranja do mundo, sendo que 70% da produção total é destinada à fabricação do suco que é exportado, transformando assim, o Brasil no maior exportador mundial de suco de laranja.

Tendo em vista que o Brasil é o maior produtor de laranja mundialmente, é de conhecimento que ele também produz uma grande quantidade de resíduo, que é o bagaço da laranja, chegando a ser 50% do peso da fruta. Todo esse resíduo pode acabar gerando problemas ambientais devido ao seu elevado grau de fermentação e degradabilidade.

Assim, a crescente preocupação com a quantidade de resíduos sólidos produzidos, aliado ao desenvolvimento de tecnologia, viabiliza o aproveitamento e reciclagem cada vez maior dos resíduos, promovendo economia de recursos naturais e redução do volume de material a ser disposto (SILVEIRA, 2008). Para a melhora da eficiência energética, transporte e armazenamento da biomassa é preciso compactar resíduos.

A utilização desses resíduos apresenta grandes vantagens, como mudança da matriz energética, com vistas à sua sustentabilidade; favorecimento da interiorização e regionalização do desenvolvimento; ampliação da geração de renda e melhoria de sua distribuição; geração de empregos dentro do agronegócio, além da contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e diminuição dos volumes dos resíduos depositados em aterros sanitários (VIANNA *et al.*, 2000).

O objetivo deste trabalho é contribuir com o estudo cinético da reação de pirólise do bagaço de laranja, além de, analisar a viabilidade da produção de carvão e de subprodutos da pirólise da casca com o bagaço de laranja (*Citrus sinensis*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO/ESTADO DA ARTE

2.1 Utilização do bagaço da laranja como fonte energética

A citricultura vem crescendo no Brasil uma vez que as terras férteis e o clima favorecem o cultivo de frutas como a laranja e o limão, e um clima favorável. Atualmente, o Brasil, é o maior produtor de laranja do mundo, sendo que 70% da produção total são destinadas à fabricação do suco que é exportado, transformando assim, o Brasil no maior exportador mundial de suco de laranja.

De acordo com o IBGE em 2016 a produção brasileira de laranja foi de 17.251.291 toneladas tendo o estado de São Paulo, o maior produtor nacional, com cerca de 12.800.000 toneladas.

Tendo em vista e que cerca de essa produção de laranja e o 50% do peso da fruta é resíduo orgânico e portando de fácil decomposição que no meio ambiente podem causar problemas ambientais como poluição visual, exalação de odor e contribuir para a proliferação de vetores é natural que nessa perspectiva existe uma crescente preocupação com a quantidade de resíduos sólidos produzidos.

Nesse contexto, uma das formas de minimizar o desperdício e a pressão sobre o ambiente se dá por meio do aproveitamento dos resíduos nos quais podem se destacar algumas alternativas como a briquetagem, processo nos quais resíduos lignocelulósicos, como serragem, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana, entre outros, são compactados, possibilitando seu aproveitamento como matérias-primas na substituição da lenha por um produto equivalente (SCHUTZ, *ET AL.*, 2010).

Os briquetes podem dar um destino viável econômica e ambientalmente aos resíduos, além de possuírem formato regular e constituição homogênea, o que resulta em queima uniforme do material é de baixa umidade e possuem maior densidade energética.

A quantidade dos briquetes é avaliada por meio de algumas características ou pelo seu comportamento durante o uso. De acordo com Quirino & Brito (1991), os testes que avaliam as propriedades mecânicas dos briquetes são usualmente os mais empregados.

Segundo Silveira (2008), a reciclagem, e o reaproveitamento aliado ao desenvolvimento de tecnologia, e pode-se promover a economia de recursos naturais e redução do volume de material a ser disposto.

A utilização desses resíduos apresenta grandes vantagens, como mudança da matriz energética, com vistas à sua sustentabilidade; favorecimento da interiorização e regionalização do desenvolvimento; ampliação da geração de renda e melhoria de sua distribuição; geração de empregos dentro do agronegócio, além da contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa e diminuição dos volumes dos resíduos depositados em aterros sanitários (VIANNA *ET AL.*, 2000).

Essa busca por alternativas de energia mais limpas tem aumentado ao decorrer dos anos, uma vez que o petróleo é uma das principais fontes de energia. E a biomassa acaba se encaixando nesses padrões, por ter como matéria prima substâncias de origem orgânica, ou seja, de origem animal e vegetal. A energia proveniente da biomassa é obtida a partir da combustão de matérias orgânicas, tais como, bagaço de laranja, bagaço de cana-de-açúcar, capim, dentre outros. Além de apresentar diversas vantagens, tanto econômicas quanto políticas, dentre as quais podemos citar: o reaproveitamento de resíduos, eficiência energética, baixo custo de operação e a baixa emissão de gases poluentes

A pirólise é o mais antigo e o mais simples processo de conversão de um combustível em outro de melhor conteúdo energético. Este processo possui reações químicas complexas que estão combinadas com processos de transferência de massa e calor, consistindo no aquecimento da biomassa em atmosfera não oxidante, normalmente entre 300°C e 500°C, dando lugar à formação de um resíduo sólido rico em carbono (carvão) e uma fração volátil composta de vapores orgânicos e gases condensáveis (licor pirolenhoso) (ANEEL, 2005). A pirólise pode também ser empregada no aproveitamento de resíduos vegetais, como subprodutos de processos agroindustriais. Nesse caso, os resíduos são compactados, sendo transformados em briquetes. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser utilizados com maior eficiência na geração de calor e potência (LUENGO e BEZZON, 1997).

A pirólise consiste na degradação térmica de materiais orgânicos na ausência total ou parcial de oxigênio, provocando a “quebra” das moléculas mais pesadas em moléculas de menor massa molecular, tais como compostos gasosos, sólidos ou líquidos. O processo de pirólise produz combustíveis líquidos com alto rendimento, porém, ainda existem alguns desafios que precisam ser enfrentados no uso destes produtos. O óleo resultante da pirólise de biomassa, denominado genericamente de bio-óleo, além de ser um combustível líquido renovável, sendo esta a principal vantagem sobre derivados do petróleo, pode ser usado para a produção de inúmeras substâncias químicas.

3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta de resíduos e preparo da amostra

Nessa pesquisa foi realizada a pirólise em mufla do bagaço da laranja, com a finalidade de analisar os resultados do carvão produzido. As amostras do resíduo foram coletadas na Feira da 304 sul, em Palmas (TO) e transportadas em sacos plásticos identificados para as dependências do LARSEN (Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética). A secagem dos resíduos foi feita a 65°C durante 24 horas. Todas as amostras foram trituradas em um liquidificador industrial e passadas em uma peneira granulada (30 ASTM - 28 MESH). A caracterização química das amostras foi feita no laboratório LARSEN (IFTO - Palmas). Na Figura 1 se observa a casca de laranja após a secagem.



Figura 1 - Bagaço de laranja após a secagem

3.2. Produção de carvão a partir da pirólise da biomassa na mufla:

Nos experimentos realizados, lavou e secou-se três cadinhos a 105°C por uma hora na estufa e foram deixados no dessecador para resfriar por 30 min. Após, pesou-se os cadinhos secos e em seguida uma quantidade de amostra. Os cadinhos contendo a amostra foram colocados na mufla, Figura 2, em duas temperaturas diferentes (300 e 500 °C), durante 30 min.



a)



b)

Figura 2 – Mufla usada nos ensaios de pirólise de bagaço de laranja

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Rendimentos de carvão

Os dados experimentais obtidos em ambos os testes realizados da pirólise na mufla do bagaço de laranja são apresentados na Tabela 1 para a produção de carvão. Foi aplicado o Teste-t simulando variâncias equivalentes nos dois experimentos estudados, com o objetivo de se verificar a existência ou não de diferença significativa entre eles na Tabela 2.

Ensaio	Temperaturas (°C)	
	300	500
1	35,10	25,23
2	36,20	26,46
3	38,10	26,43
Média (%)	36,47	26,04
Desvio padrão	1, 517673658	0, 7016409338

Tabela 1 - Dados de rendimentos obtidos nos ensaios de pirólise para a produção de carvão em ensaios de pirólise na mufla de bagaço de laranja.

Variâncias	Temperaturas (°C)	
	300	500
Média	36, 46666667	26,04
Variância	2, 303333333	0, 4923
Observações	3	3
Variância agrupada	1, 397816667	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	10, 80105088	
P(T<=t) uni-caudal	0, 0002083715155	
t crítico uni-caudal	2, 131846786	
P(T<=t) bi-caudal	0, 000416743031	
t crítico bi-caudal	2, 776445105	

Tabela 2 - Análise estatística através do Teste-t simulando variâncias equivalentes para a produção de carvão em ensaios de pirólise na mufla de bagaço de laranja.

Os dados observados na Tabela 2 informam que existe diferença significativa de médias de produção de carvão no processo de pirólise de bagaço de laranja nos dois tratamentos empregados (temperaturas de 300 e 500°C), no nível de 95 % de confiança. Desejando-se obter um maior rendimento de carvão, o teste estatístico aqui empregado, recomenda realizar o processo em temperaturas mais baixas representando assim uma economia de energia do processo.

Segundo Pedroza (2011), o carvão também pode ser empregado na remoção de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas de efluentes, substituindo o carvão ativado comercial. Além disso, podem ser utilizados em caldeiras e fornos tubulares, fornos comerciais (pizzaria, padaria, etc) e uso doméstico (lareiras e churrasqueiras).

5 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biomassa aqui estudada se apresenta como uma fonte alternativa de uso energético, pois resulta em um resíduo potencial para geração de energia, devido a grande quantidade de calor gerado. Além desta vantagem, durante o processo de pirólise são gerados outros produtos com valor comercial e ambiental como o bio-óleo, o qual pode ser empregado como substituto do diesel. Por ser ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional desse tipo de biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita.

A temperatura do processo contribuiu negativamente para a produção de carvão a partir da pirólise da biomassa. Os dados experimentais obtidos mostram que, o aumento da temperatura de 300 para 500 °C favoreceu a diminuição da geração de carvão no processo.

O uso de bagaço de frutas in natura para a geração de energia é uma alternativa de minimização de quantidade de resíduos sólidos urbanos, uma vez que sua disponibilidade é alta em parques e locais turísticos, além de permitir minimizar problemas de saúde pública, já que esse tipo de resíduo é passível de acumular água de chuva, local propício para o depósito e desenvolvimento de vetores transmissores de doenças. Sendo assim, a produção de carvão ativado torna-se uma alternativa de reaproveitamento para resíduos sólidos urbanos e agroindustriais.

REFERÊNCIAS

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador – BA. 2008. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

VIANNA, A.; VIEIRA, L. S. R.; NACIMENTO, M. V. G. Manual de Aplicação de Sistemas Descentralizados de Geração de Energia Elétrica para projetos de Eletrificação Rural – Energia Biomassa – versão 1. In: CEPEL - RELATÓRIO TÉCNICO ADG-A / PER - 789/2000. Acesso: 03/02/2007 <<http://www.cepel.br/~per/download/rer/rt-789-00.pdf>>.

SCHUTZ, F. C. A.; ANAMI, M. H.; TRAVESSINI, R. Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos lignocelulósicos da agroindústria. **Inovação e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2010.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília: IBAMA, LPF, 1991. 18 p. (Série Técnica, 13).

LUENGO, C. A.; BEZZON, G. Energéticos derivados da biomassa. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S. (Coord.). **Tecnologias de conversão energética da biomassa**. Manaus: EDUA, EFEI, 1997.

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica - 2a ed., Brasília: 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., (2011), Características químicas de lodos de esgotos produzidos no Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 4, p. 1-13, 2011.