Projeto de um Pirolisador Solar de Biomassa

AZEVEDO, A.G. [1], COSTA, F.S. [2]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluna de Mestrado do curso de Engenharia e Tecnologias Espaciais - ETE.

[2]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

azevedo.g.aline@gmail.com

Resumo. *O elevado impacto da geração e consumo de energia sobre o meio ambiente tem pressionado a sociedade e a comunidade científica, em particular, na busca por soluções racionais e sustentáveis. A biomassa é uma fonte renovável e com grande potencial para geração de energia limpa. No entanto, o poder calorífico da biomassa é relativamente baixo, assim torna-se necessário o seu pré-tratamento. A pirólise é um processo de decomposição térmica que resulta na produção de carvão, gás e óleo pirolítico. A finalidade desse estudo é realizar o desenvolvimento de um pirolisador de biomassa, empregando radiação solar, especialmente para a geração de bio-óleo. Serão inicialmente realizadas a preparação, caracterização e análise térmica de biomassas. Em seguida será efetuada a produção de biocombustível. Por último serão feitas análises térmicas do bio-óleo (TG, DTG, DTA, DSC), e a determinação do poder calorífico.*

Palavras-chave: Pirólise; Biomassa; Bio-óleo; Energia Solar.

1. Introdução

A crise energética mundial, os efeitos da poluição e as mudanças climáticas têm levado a investimentos em tecnologias sofisticadas usando fontes renováveis para a substituição dos combustíveis fósseis.

A energia solar é uma energia pura, sem vestígios radioativos e sem poluentes, constituindo-se em uma forma ideal de energia para a preservação do meio ambiente [BEZERRA, 2001]. O aproveitamento de energia solar pode ser realizado através de sistemas do tipo fotovoltáico ou do tipo térmico. Sistemas de energia térmica solar realizam a concentração da radiação solar, transformando-a em energia térmica enquanto os sistemas do tipo fotovoltáico transformam diretamente a energia solar em energia elétrica. O concentrador parabólico cilíndrico, utilizado no presente estudo, consiste em uma estrutura côncava espelhada (semelhante a um cilindro cortado ao meio) que converge a radiação solar em uma linha focal onde se posiciona um reator. Esse reator acoplado ao foco do CSP é carregado com biomassa a ser aquecida para que dê procedimento ao processo de pirólise.

A biomassa é uma fonte renovável e com grande potencial para geração de energia limpa. Uma vez que a biomassa pode apresentar um poder calorífico baixo, torna-se necessário o seu pré-tratamento. Atualmente existem dois ramos de processos principais

para a conversão de biomassa em bio-óleo, processos bioquímicos e processos termoquímicos. Entre os processos bioquímicos podem-se mencionar a fermentação, digestão aeróbica e anaeróbica, e a hidrólise enzimática ou ácida [AGENCY, 2004]. Entre os processos de conversão termoquímicos tem-se a gaseificação, pirólise, liquefação e combustão [BASU, 2010].

Um dos processos com maior flexibilidade para a obtenção de produtos distintos é a pirólise. O processo de pirólise de biomassa é capaz de gerar biocombustíveis, biogás, bio-óleos e carvão vegetal em diferentes proporções, dependendo do tipo de processo, reatores e condições de operação utilizadas. A composição e a proporção destes produtos dependem tanto das características próprias da biomassa usada, como das condições de operação, como a temperatura e tempo de aquecimento [BRIDGWATER and GRASSI, 1992].

Os óleos pirolíticos são alcatrões (hidrocarbonetos) que possuem um importante conteúdo energético, e podem ser aproveitados em câmaras de combustão, motores diesel e turbinas, entre outros [CHIARAMONTI, OASMAA, and SOLANTAUSTA, 2007].

O presente trabalho visa desenvolver e testar um pirolisador de biomassa que utilizará energia solar para produção de bio-óleo a partir de diferentes biomassas. Uma superfície refletora cilíndrico-parabólica será utilizada para captar e direcionar a radiação solar sobre um reator cilíndrico, contendo biomassa, visando aquecimento a temperaturas acima de 350 ºC. O projeto compreenderá o desenho do pirolisador, suporte, condensador e acessórios, baseando-se nas características de aquecimento requeridas; a definição e caracterização das biomassas; testes de pirólise e análise dos produtos. Ao final, serão realizadas análises das amostras dos produtos obtidos para comparação dos diferentes tipos de biomassa.

2. Metodologia

As biomassas a serem utilizadas durante os procedimentos experimentais serão casca da laranja, bagaço de cana-de-açúcar e casca de arroz, provenientes dos produtores da região do Vale do Paraíba/SP.

Amostras de biomassa serão secas até teores de umidade abaixo de 15% em base seca. A secagem é essencial para evitar efeitos adversos da água na estabilidade, viscosidade, pH e outras influências do líquido no produto de pirólise. Após a secagem e fragmentação, o reator é alimentado com a biomassa e se inicia o processo de pirólise. O carvão formado no reator atua como um catalisador que pode ser utilizado após a reação como *biochar* (carvão vegetal usado como adubo). No entanto, algumas pequenas partículas de resíduos sólidos são carregadas nos gases voláteis e contaminam o bio-óleo gerado. Os vapores gerados são arrefecidos e condensados a bio-óleo ou hidrocarboneto líquido.

O pirolisador solar é composto basicamente de superfície refletora cilíndrico-parabólica, suporte do pirolisador, reator cilíndrico para decomposição térmica da biomassa, condensador de vapores gerados pelo aquecimento da biomassa e recipiente para armazenamento do óleo condensado e refluxo dos gases residuais, conforme mostrado

na Figura 1. Foram também instaladas válvulas visando o alívio e controle dos gases voláteis gerados, assim como injeção de gás inerte.

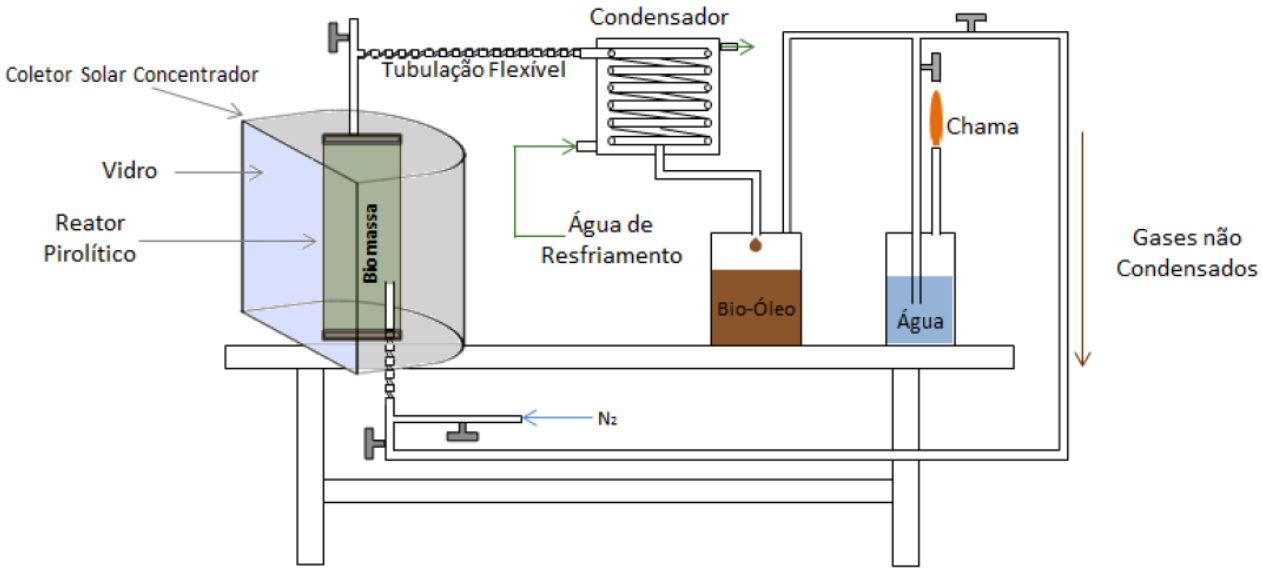

Figura 1. Esquema ilustrativo do aparato experimental.

A função principal da parábola é concentrar os raios solares em direção ao foco, onde estará locado o reator pirolítico. O material a ser utilizado na construção da estrutura é o aço inox AISI-430 espelhado. A chapa polida funcionará como superfície refletora para convergir a radiação solar com melhor eficiência. O perfil parabólico da superfície refletora foi dimensionado por meio de cálculos a partir de uma função quadrática, baseado no foco do coletor concentrador, na temperatura a ser alcançada e nos demais parâmetros disponíveis.

Para dimensionar a calha refletora, primeiramente é calculada a área necessária para absorver a radiação desejada. Visando atingir a meta de variação de temperatura para que ocorra a pirólise, determina-se inicialmente o calor necessário para aquecer a amostra em torno de 350 ºC (temperatura para ocorrer a pirólise) e, assim, dimensionar a área do concentrador.

Considerando uma distância focal de 15 cm (maior que o raio do reator), tem-se a parábola com equação $y^2 = 60x$. O comprimento total da parábola é de aproximadamente 1365 mm pela altura, já definida, de 600 mm.

A pirólise ocorrerá no reator tubular, que recebe do concentrador a irradiância, carregado com biomassa. O material do concentrador foi selecionado considerando sua transmitância, capacidade de operar a temperaturas ≤ 500 /C e custo. Decidiu-se então pelo uso do borossilicato.

Considerou-se uma amostra 2 kg de biomassa com densidade média de 0,5 kg/L e calor específico médio estimado em 2500 J/(kg.ºC) [HOLMAN, 1986]. O volume do reator foi estimado em 4,7 L.

O calor necessário para aquecimento da biomassa até 500 ºC é obtido de $Q = mc\Delta T$, dando $Q = 2{,}5$ MJ.

Considerando uma incidência solar de cerca de 1000 W/m^2 e uma área de abertura da superfície parabólica igual a 0,6 m^2, a potência absorvida máxima é P = 600 W. Assim, o tempo necessário para aquecimento da amostra é $t = Q/P$ = 69,4 minutos.

A estrutura do pirolisador está suportada em uma mesa confeccionada em aço inox para aumentar a vida útil do sistema, reduzindo-se a corrosão.

As extremidades do reator foram fechadas e fixadas por flanges no foco do espelho cilíndrico-parabólico. Optou-se por utilizar gaxetas de grafite para garantir a vedação entre os flanges e o cilindro, sendo esta estrutura apoiada por dois parafusos guias lineares (sem-fim). Foram utilizadas tubulações e válvulas de 1/2'', visando evitar incrustação de alcatrão e outros condensados. Foi instalado um condensador para condensar parte dos voláteis residuais.

Para a obtenção e controle da temperatura no reator ao longo do processo de pirólise, será utilizado a plataforma Arduino. Um Termopar do tipo K estará acoplado a um amplificador e conversor digital MAX6675.

As análises previamente estabelecidas para caracterização das biomassas e produtos de pirólise foram: Termogravimetria (TGA), Termogravimetria Derivada (DTG), e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Poder calorífico e o Teor elementar de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e oxigênio (CHNS-O). Para este trabalho serão utilizados os seguintes equipamentos: Analisador Termogravimétrico – Shimadzu DTG 60, Calorímetro Exploratório Diferencial – TA Instruments, modelo DSC 2010, Bomba calorimética IKA C2000 baseado no método NBR 8633/NBR 11956 e CHNS/O 2400 Perkin Elmer para análise elementar. A análise de umidade foi determinada pelo cálculo da perda de massa em uma estufa a uma temperatura de 80ºC por 24 horas.

3. Resultados e Discussão

Está em andamento o desenvolvimento de um pirolisador solar para produção de bio-óleo a partir do bagaço e casca da laranja tipo pera, bagaço da cana-de-açúcar e casca de arroz. Foi construído um pirolisador com um coletor solar cilíndrico-parabólico de 0,6 m^2. A Figura 2 mostra uma foto do pirolisador.

Um dos principais problemas na utilização do concentrador solar são as perdas térmicas. A fim de minimizá-las, são utilizadas chapas de metal e vidro, envolvendo a parábola, assim como manta térmica e fitas isolantes. Outras formas de redução das perdas térmicas estão sob estudo. Amostras de casca de laranja estão sendo preparadas e caracterizadas.

Figura 2. Foto do Pirolisador Solar de Biomassa.

4. Conclusão

Este trabalho descreve o desenvolvimento inicial de um pirolisador solar de biomassa para a geração de bio-óleo. Foi projetado e construído um pirolisador com espelho cilíndrico-parabólico para produção de cerca de 1 L de bio-óleo por batelada. Foram definidas a metodologia de preparação e caracterização das amostras de biomassa e a metodologia de avaliação do bio-óleo.

Agradecimentos: *á Fundação CAPES pela bolsa de mestrado concedida.*

Referências

Agency, I. E. (2004). Biofuels for Transport. França: OECD, Ed. 1.

Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis. USA: Practical Design.

Bezerra, A. (2001). Aplicações Térmicas da Energia Solar,. João Pessoa: Editora Universitária – UFPb.

Bridgwater, A. and Grassi, G. (1992). Biomass Pyrolysis Liquids Upgrading and Utilization. UK: Elsevier.

Chiaramonti, D., Oasmaa, A. and Solantausta, Y. (2007). Power generation using fast pyrolysis liquids from biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Holman, J. (1986). Heat Transfer. McGraw-Hill, 6a edition.