



18º Congresso de Iniciação Científica

ANÁLISE DIMENSIONAL DE GASEIFICADORES DO TIPO DOWNDRAFT PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM COMUNIDADES ISOLADAS

Autor(es)

LIAN SOTO IZQUIERDO

Orientador(es)

FERNANDO DE LIMA CAMARGO

Apoio Financeiro

FAPIC/UNIMEP

1. Introdução

Devido ao esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, como o petróleo, no mercado se evidencia um aumento considerável dos preços dos produtos provenientes desta “commodity”. Como solução para este problema e na procura de uma redução da poluição ambiental, muitos países têm investido na obtenção de energia por meio de fontes renováveis como energia eólica, solar e hidráulica. A utilização de biomassa como energia é um dos recursos que ajudará a reduzir a escassez de energia no planeta.

Do ponto de vista energético, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. É uma forma indireta da utilização da energia solar, que é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos (ANEEL, 2005). A biomassa pode ser representada pela lenha, resíduos florestais e agrícolas como a palha e o bagaço de cana, resíduos de indústrias madeireiras, papelarias, agroalimentares, entre outras.

No Brasil a imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, da queima de bagaço em fornos, caldeiras e outros usos não comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica.

É comum encontrar no vasto território brasileiro, inúmeras comunidades de difícil acesso, que ficam isoladas e privadas de qualquer tipo de geração de energia. São comunidades que ainda no século XXI, não conhecem as bondades das últimas tecnologias criadas pelo homem.

Como alternativa para solucionar o problema citado sugere-se a utilização da biomassa para gerar energia elétrica nestas comunidades isoladas utilizando gaseificadores de pequeno porte e, desta forma, garantir a chegada de novos meios de comunicação como a TV e a internet. Sem dúvida esta alternativa pode ser considerado um recurso muito importante e decisivo para aumentar o índice de desenvolvimento humano e o nível cultural dos habitantes. Seguindo esta idéia a proposta deste trabalho é fazer uma revisão bibliográfica do processo de gaseificação empregado em gaseificadores de pequeno porte, assim como a principal técnica de dimensionamento de um gaseificador de tipo “downdraft”.

2. Objetivos

Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre gaseificação de biomassa, considerando o funcionamento dos diferentes gaseificadores,

além da avaliação econômica na instalação de um gaseificador de pequeno porte.

Explicar o principal método de dimensionamento, difundido na literatura, para o projeto de um gaseificador de tipo concorrente “downdraft”.

3. Desenvolvimento

Técnica de gaseificação

A gaseificação de biomassa é basicamente a conversão de combustíveis sólidos (madeira, rejeitos de agricultura, etc.), em um gás energético conhecido como gás de baixo poder calórico, através da oxidação parcial deste material a temperaturas elevadas (Glauco; Silva; Happ, 2002). A combustão parcial ocorre quando o ar, ou mais precisamente o oxigênio, está em quantidade inferior ao que seria necessário para uma queima completa da biomassa.

O gás resultante da gaseificação da biomassa, ao contrário do gerado a partir de fontes não renováveis, tem conteúdo de enxofre insignificante. Quanto à emissão de gás carbônico, se a biomassa for produzida e consumida de maneira sustentável, fecha-se o ciclo de consumo-produção do gás carbônico, tudo o que é emitido é consumido no crescimento desta fonte renovável.

A vantagem da utilização do gás está na sua versatilidade, que vai desde a substituição de combustíveis fósseis na geração de potência e calor, à produção de combustíveis líquidos e substâncias químicas. Este gás, também conhecido como gás pobre, é geralmente utilizado em outro processo de conversão, adequando sistemas em que a biomassa sólida não seria possível de ser utilizado diretamente (Ribeiro, 2007).

Princípios do funcionamento do gaseificador

O gaseificador é essencialmente um reator químico onde ocorrem várias reações. Dentro do gaseificador a biomassa perde umidade, aquece, sofre pirólise, oxida e se reduz por toda a extensão do reator, saindo do referido equipamento como uma mistura de combustível gasosa e cinzas. Em linhas gerais os quatro processos típicos que ocorrem dentro do reator são: secagem da biomassa, pirólise, oxidação e redução. Embora existam zonas onde mais de uma reação ocorra, pode-se dizer que dentro do reator existem regiões bem definidas para cada uma das reações mencionadas.

Secagem

A secagem ou retirada da umidade pode ser feita quando a biomassa é introduzida no gaseificador, aproveitando-se a temperatura ali existente, produto da influência dos gases quentes provenientes da combustão parcial. A faixa de temperatura nesta zona varia de 40 a 200 oC. Contudo a operação com biomassa seca é mais eficiente.

Pirólise

A biomassa seca desce da zona de secagem e entra na zona de pirólise onde a faixa de temperatura situa-se entre 315 a 1000 oC. O processo de pirólise é caracterizado pela decomposição de matéria orgânica, através do calor e na ausência de oxigênio, onde ocorre uma vaporização de voláteis e fragmentação de partículas sólidas, gerando uma complexa mistura de compostos orgânicos (frações sólidas, líquidas e gasosas). “Durante este processo os agentes gaseificadores adicionados se combinam com o carbono sólido em temperaturas elevadas, aumentando o rendimento dos gases à medida que consome o material carbonado” (Fonseca, 2009, p. 30).

De acordo com Melo (2008), num estudo realizado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), na Equação (1.1) é mostrado a principal reação que acontece na etapa de pirólise.

Biomassa + Calor → Alcatrão + Coque + Gases + Condensáveis (1.1)

Oxidação

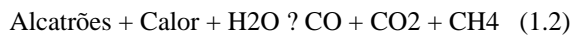
A zona de oxidação, ou oxidação parcial, é a responsável por fornecer calor para a zona de pirólise e ainda para a primeira zona de secagem. O carvão e as cinzas resultantes da zona de pirólise seguem de forma descendente para a referida região, denominada também como zona de combustão, onde os resíduos entram em contacto com o oxigênio provocando uma oxidação parcial do carvão e a formação de dióxido de carbono e vapor de água em uma reação exotérmica. Nesta região é alcançada uma temperatura que pode estar na faixa de 700 e 2000 oC.

Redução

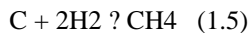
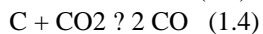
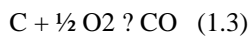
Seguindo a etapa de oxidação encontra-se a região de redução, na qual ocorrem reações endotérmicas em uma faixa de temperatura compreendida entre 800 a 1100 oC. Nesta terceira etapa ocorre a gaseificação propriamente dita que inclui as reações heterogêneas e as homogêneas.

As equações a seguir descrevem as principais reações que acontecem nesta etapa (Melo, 2008).

Reação de quebra (cracking) dos alcatrões Equação (1.2):



Algumas das principais reações de oxidação parcial Equação (1.3) e redução Equações (1.4 e 1.5) dos produtos provenientes da pirólise:



Principais gaseificadores existentes na atualidade

Do ponto de vista construtivo em relação ao movimento relativo da biomassa e o agente da gaseificação, existem basicamente 4 tipos de gaseificadores: os de leito fixo que podem ser do tipo contracorrente ou concorrente, os de fluxo reverso e os de leito fluidizado. São apresentadas na Tabela 1.1 as condições operacionais dos diferentes gaseificadores existentes na atualidade.

Dimensionamento do gaseificador concorrente “downdraft” estratificado

Após uma detalhada revisão da literatura e considerando as principais vantagens e desvantagens dos diferentes gaseificadores de pequeno porte atualmente comercializados no mercado, foi selecionado o gaseificador “downdraft” estratificado como o reator que melhor se adéqua a solução da falta de energia elétrica nas comunidades isoladas.

Neste reator o movimento do combustível é produzido da gravidade e da sucção ocasionada, devido à pressão negativa provocada por um motor de combustão interna. A principal diferença com respeito a outros equipamentos é que, neste reator o ar e a biomassa entram pela parte superior enquanto o gás é extraído na parte inferior. Nesta configuração os voláteis passam necessariamente pela zona de redução, sendo transformados em compostos de menor peso molecular, eliminando até 99% do alcatrão e condensáveis. Por este motivo é considerado o tipo mais adequado para integrar-se a um motor de combustão interna (Wander, 2001).

O modelo matemático apresentado a seguir descreve o comportamento e as dimensões do gaseificador “downdraft” estratificado. Consiste em prever o comprimento das zonas de pirólise e de oxidação em função de algumas características físico-químicas das frações de biomassa: densidade, volume e dimensões. Neste modelo, também influenciam outras propriedades do gaseificador, como o diâmetro, a velocidade de alimentação do combustível e a transferência de calor. Na Tabela 1.2 são apresentados os valores necessários para dimensionar um gaseificador “downdraft” estratificado para diferentes tipos e tamanhos de biomassa (Reed, T.; Dass, A., 1989).

As Equações (1.6 a 1.9) apresentam o procedimento matemático para construir o gaseificador.

Inicialmente admite-se como referência uma temperatura na zona de pirólise de 600 oC. O valor da energia específica emitida nessa zona é de $h_p = 2081 \text{ J/g}$, enquanto para o vapor de água nesta mesma temperatura é de $h_w = 3654 \text{ J/g}$. Na Equação (1.6) é apresentado o cálculo do tempo de residência do combustível na zona de pirólise. Este valor é estimado empregando os valores da Tabela 1.2.

$$t_p = (h_p + F_w h_w) V / A q \quad (1.6)$$

Utilizando a Equação (1.7) e os valores da Tabela 1.2 é calculada a velocidade do combustível.

$$V_f = m D_g (1 - F_V) \quad (1.7)$$

Obtendo-se finalmente o comprimento da zona de pirólise na Equação (1.8) usando os valores obtidos nas Equações (1.6 e 1.7).

$$l_p = V_f t_p \quad (1.8)$$

O comprimento da zona de oxidação é obtido através da Equação (1.9), utilizando o tempo de residência do combustível na zona de oxidação ($t_c = 100 \text{ s}$).

$$l_c = V_f t_c \quad (1.9)$$

O desenho final do gaseificador é mostrado na Figura 1.1.

4. Resultado e Discussão

As características da comunidade denominada isolada devem ser semelhantes às inúmeras localidades isoladas no Brasil: falta de acesso à rede elétrica convencional, elevados custos de fornecimento de energia e baixo poder aquisitivo da população. Com o aproveitamento dos resíduos de biomassa, regionalmente disponíveis, é possível atender a todos os pressupostos que, direta ou

indiretamente, conduzem a um modelo de sociedade na qual o crescimento e o desenvolvimento com base na gestão racional dos recursos naturais respeitem limites técnicos, econômicos e legais.

A revisão bibliográfica desenvolvida no presente trabalho ajudara na identificação e determinação dos principais parâmetros para a construção de um gaseificador do tipo "downdraft", destinado a comunidades isoladas com grandes problemas com o consumo de energia elétrica.

Chamado de gaseificador "downdraft", é um equipamento que devido a suas características físico-químicas se encaixa muito bem para resolver os problemas relacionados ao consumo de energia elétrica nas referidas comunidades. É uma tecnologia barata, de fácil manuseio e que não precisa de grandes conhecimentos técnicos para sua utilização.

5. Considerações Finais

O trabalho desenvolvido contribuiu para o questionamento de um dos problemas mais graves da atualidade, ou seja, da viabilidade de alternativas energéticas renováveis e de baixo impacto ambiental, incidindo diretamente no desenvolvimento científico e tecnológico referente à área de energia.

O estudo foi considerado como um passo inicial para os próximos projetos de pesquisa dedicada à implementação física do gaseificador do tipo concorrente "downdraft".

Referências Bibliográficas

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas, 2005. Disponível em:<
http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/index.html > Acesso em: 11 set. 2009. 14 00'.

GLAUCO, C. S.; SILVA, E. L.; HAPP, J. F. Gaseificação. In:_____ Tecnologia da combustão. UNICAMP. [s.n], 2002. Cap 7, p. 2-54 Disponível em < <ftp://ftp.fem.unicamp.br/pub/IM351/Comb-Cap7.pdf> > Acesso em: 5 ene. 2010. 09 00'.

RIBEIRO, R. C. Investigação experimental e integração de um sistema de geração de energia elétrica por gaseificação de biomassa para comunidades isoladas. 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

FONSECA, A. D. BIOMASS-TO-LIQUIDS: Uma contribuição ao estudo da obtenção de bicompostíveis sintéticos através da SÍNTESE FISCHER-TROPSCH. 2009. 143 p. Dissertação (Mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) - EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 2009.

MELO; B. A. Avaliação computacional de um sistema de gaseificação em leito fluidizado utilizando ou software CSBF, 2008. p. 137. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica. Itajubá, Minas de Gerais, 2008.

CENBIO – Centro Nacional de Referencia em Biomassa. Comparação entre tecnologias de gaseificação de biomassa existente no Brasil e no exterior e formação de recursos na região norte: Estado da arte da gaseificação. São Paulo: CENBIO, set, 2002.

WANDER, P. R. Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativa de energia renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2001. 106 p. Teses (Doutorado em Energia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

REED, T., DASS, A. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Solar Energy Research Institute (SERI), U.S. Department of Energy Solar Technical Information Program. Third Printing, 140p. 1989

OLOFSSON, I.; NORDIN, A. SÖDERLIND, U. Initial review and evaluation of process technologies and systems suitable for cost-efficient medium-scale gasification for biomass to liquid fuels. Umea: University of Umea, 90p. 2005.

Anexos

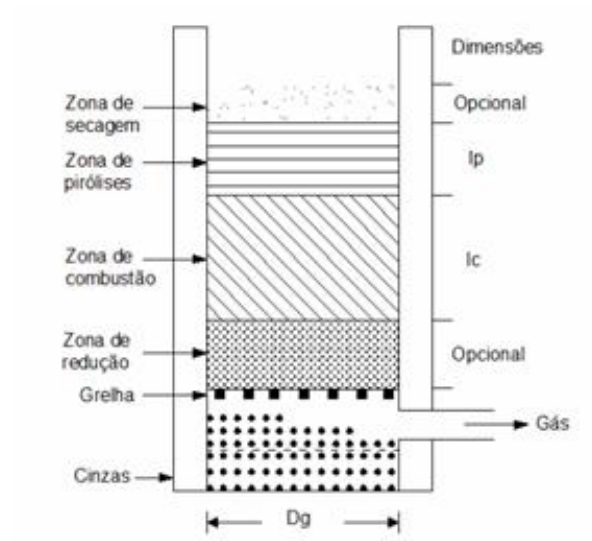


Figura 1.1 Gaseificador *downdraft* estratificado (Reed, T.; Dass, A., 1989).

Tabela 1.2: Parâmetros de construção de gaseificadores “downdraft” (Reed, T.; Dass, A., 1989).

Parâmetros			Lascas pequenas de biomassa	Lascas maiores de biomassa	Cubos de biomassa	Cubos maiores de biomassa
Entrada do gaseificador						
Análise aproximada						
Voláteis			0.90	.803	0.90	0.65
Carbonização			0.10	0.188	0.10	0.35
Cinza			0.01	0.009	0.01	0.05
Água	F_w		0.20			
Propriedades da biomassa						
Densidade	ρ	g/cm ³	0.40	0.40	1.00	1.10
Densidade volumétrica		g/cm ³	0.20	0.15	0.50	0.45
Fração mola	F_v		0.50	0.63	0.50	0.59
Comprimento		cm	1.00	2.00	5.00	1.00
Largura		cm	1.00	2.00	3.00	0.30
Altura		cm	0.20	0.50	3.00	0.30
Média do diâmetro		cm	4.41	1.56	4.41	0.51
Volume	V	cm ³	0.20	2.00	45.00	0.07
Área	A	cm ²	2.80	12.00	78.00	1.38
Propriedades do gaseificador						
Diâmetro	D_z	m	0.15	0.15	0.15	0.15
Transferência de calor	q	W/cm ²	2.00	2.00	2.00	2.00
Taxa de alimentação	M	kg/h	10.00	10.00	10.00	10.00
Taxa específica de alimentação	m	Kg/m ³ h	566	566	566	566
Parâmetros a calcular						
Zona de pirólise						
Tempo da reação	t_r	s	43.00	73.00	656	93.00
Velocidade da biomassa	V_r	cm/s	0.079	0.105	0.031	0.035
Comprimento da pirólise	l_r	cm	3.38	7.64	20.33	3.26
Zona de oxidação						
Tempo da reação	t_o	s	100	100	100	100
Comprimento da oxidação	l_o	cm	7.90	10.50	3.10	3.50

Tabela 1.1. Condições operacionais dos gaseificadores (OLOFSSON, NORDIN, SÖDERLIND 2005).

Tipo de Gaseificador	Contracorrente	Concorrente	Fluxo Cruzado	Fluidizado Borbulhante	Fluidizado Circulante
Tipo de combustível	madeira	madeira	madeira	madeira	madeira
Alimentação de biomassa (t d ⁻¹) base seca	<10	<15	<1	5-180	10-110
Poder calorífico (MJ Nm ⁻³)	4 a 5 (ar)	5 (ar)	-	4,5 a 7,9(ar), 4 a 6 (ar e vapor) e 5,5-13 (O ₂ e vapor)	4 a 7 (ar)
Conteúdo de alcatrão (mg Nm ⁻³)	35.000	500-1.000	-	13.500	baixo
Agente gaseificador	ar, oxigênio ou vapor	ar, em alguns casos pode-se usar vapor	ar	ar; oxigênio ou vapor	ar, oxigênio ou vapor
Pressão (bar)	atmosférica	atmosférica	atmosférica	1 a 35	1 a 19
Temperatura (°C)	300-1.000	300-1.000	300-1.000	650-950	800-1.000