



Pergunte ao Euca Expert / Ask the Euca X Pert

www.eucalyptus.com.br

www.celso-foelkel.com.br

Perguntas / Questions

Pergunta nº: 1346/Question nº: 1346

Título:/Title: [Geração de vapor por metro cúbico de biomassa florestal](#)

Por: / By: [José A. Mari](#)

E-mail: jmari@ngmetalurgica.com.br

Questão: /Question:

Prezado Sr. Celso Foelkel, Boa tarde.

Gostaria de saber, para fins de estudo de viabilidade de implantação de geração de energia a partir de eucalipto, se existem dados de que capacidade média de produção de vapor pode ser obtida por metro cúbico de eucalipto, queimado em caldeiras de biomassa, na forma de chips de madeira.

Agradeceria se me pudesse informar esses dados. **Atenciosamente.**

Resposta por Celso Foelkel: / Answer by Celso Foelkel:

Caro José Mari, boa tarde.

Agradeço sua questão e informo que lancei uma série de capítulos no Eucalyptus Online Book sobre o tema de biomassa florestal energética. Incluí seu endereço de e-mail para receber nossas publicações digitais sem custo. Se decidir por não aceitar, me informe.

Nesse primeiro texto escrevi um longo artigo, de onde extrai uma parte para lhe orientar acerca de densidade energética de uma biomassa combustível:

Densidade energética da biomassa florestal de eucalipto

Define-se densidade energética como a quantidade de energia efetiva ou útil disponível por unidade de volume desse combustível.

Quanto menor peso seco, menor poder calorífico e maior peso de água contiver o combustível por unidade de volume, pior será sua densidade energética.

Seguem alguns exemplos práticos com base em um mesmo tipo de biomassa florestal (a mesma madeira de eucalipto, com 30% de teor de umidade e 2.900 kcal/kg úmido tal qual):

Lenha de madeira de eucalipto (toras):

500 kg secos por metro cúbico sólido

714,3 kg úmidos/m³ sólido

Densidade energética = 2,07 Gcal/m³ sólido

Lenha de madeira de eucalipto (toras empilhadas):

325 kg secos por metro cúbico empilhado (estéreo)

464,3 kg úmidos/m³ estéreo

Densidade energética = 1,35 Gcal/m³ estéreo

Cavacos de madeira de eucalipto:

175 kg secos por metro cúbico de cavacos

250 kg úmidos/m³ cavacos

Densidade energética = 0,725 Gcal/m³ cavacos

Agora, vamos considerar a quantidade de vapor que se pode produzir a partir de cada um desses biocombustíveis, considerando um metro cúbico de cada um deles - toras sólidas, toras empilhadas (estéreo) e metros cúbicos de cavacos.

A quantidade de vapor produzido vai depender de alguns fatores, tais como:

- Pressão e temperatura do vapor
- Rendimento energético da caldeira de biomassa
- Entalpia do valor superaquecido
- Entalpia de água

A fórmula que relaciona estes parâmetros técnicos é a seguinte:

$$Q_{\text{combustível}} = [Q_{\text{vapor}} \cdot (H_{\text{vapor}} - H_{\text{água}})] : [R \cdot PC_{\text{útil}}]$$

Onde:

$Q_{\text{combustível}}$ é a quantidade de combustível em peso (kg tal qual)

H_{vapor} = Entalpia do vapor a ser produzido (kcal/kg)

$H_{\text{água}}$ = Entalpia da água que ingressa na caldeira para ser convertida em vapor (kcal/kg)

R = Rendimento térmico da caldeira (em valor unitário e não em percentual)

PC_{útil}: Poder calorífico útil ou efetivo da biomassa florestal em kcal/kg tal qual

Para se aplicar a fórmula, dependemos de dados de nossa caldeira.

Suponhamos que possam ser os seguintes:

Temperatura do Vapor = 300°C

Entalpia do vapor a 300°C = 730 kcal/kg vapor

Entalpia da água = 90 kcal/kg de água

Rendimento térmico da caldeira = 85% = 0,85

PC_{útil} da madeira com 30% de umidade = 2.900 kcal/kg tal qual

Logo, poderemos usar a fórmula acima, considerando as quantidades de madeira úmida a 30% que existem para cada metro cúbico em particular:

1 m³ toras sólidas = 714,3 kg úmidos tais quais a 30% umidade
1 metro cúbico estéreo de lenha = 464,3 kg úmidos tais quais a 30% umidade
1 metro cúbico de cavacos = 250 kg úmidos tais quais a 30% umidade

Voltando à fórmula de geração de vapor, ficaríamos com as seguintes situações:

$$Q_{\text{combustível}} = [Q_{\text{vapor}} \cdot (H_{\text{vapor}} - H_{\text{água}})] : [R \cdot PC_{\text{Útil}}]$$

Madeira sólida:

$$714,3 = [Q_{\text{vapor}} \cdot (730 - 90)] : [0,85 \cdot 2.900]$$

$Q_{\text{vapor}} = \mathbf{2.751,2 \text{ kg de vapor/m}^3 \text{ sólido de madeira na forma de toras sólidas}}$

Logo: $2.751,2 : 714,3 = 3,85 \text{ kg vapor/kg de biomassa a 30\% de umidade}$

Lenha empilhada:

$$464,3 = [Q_{\text{vapor}} \cdot (730 - 90)] : [0,85 \cdot 2.900]$$

$Q_{\text{vapor}} = \mathbf{1.788,3 \text{ kg vapor/m}^3 \text{ estéreo de lenha a 30\% de umidade}}$

Logo: $1.788,3 : 464,3 = 3,85 \text{ kg vapor/kg de biomassa a 30\% de umidade}$

Cavacos de madeira:

$$250 = [Q_{\text{vapor}} \cdot (730 - 90)] : [0,85 \cdot 2.900]$$

$Q_{\text{vapor}} = \mathbf{962,9 \text{ kg vapor/m}^3 \text{ de cavacos a 30\% de umidade}}$

Logo: $962,9 : 240 = 3,85 \text{ kg vapor/kg de biomassa a 30\% de umidade}$

Espero que esteja claro – há apenas que se entender que os resultados variam com as situações dos geradores de vapor e dos tipos e características das biomassas.

Sucessos e um abraço
Celso Foelkel

Outros comentários / Other comments:

Por: / By: [José A. Mari](#)

E-mail:

Prezado Celso Foelkel, Boa tarde.

Suas informações foram de grande ajuda. Terei muito prazer em receber suas publicações digitais.

Muitíssimo grato.
