

# MEDIÇÃO INFERENCIAL DE CONSUMO DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR EM CALDEIRAS

B. S. CASTRO<sup>2</sup>, A. M. B. SILVA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Elétrica

<sup>2</sup> Universidade de Uberaba, Programa de pós-graduação – Mestrado profissional em Engenharia Química

**RESUMO** – O sistema de cogeração no Brasil é utilizado nas indústrias Sulcraolcooleiras. A análise da eficiência das caldeiras tem beneficiado tanto da geração de energia elétrica quanto na produção de açúcar e etanol. Foi realizado cálculos dos dados do conjunto de alimentadores de uma caldeira, foram considerados as informações do bagaço com a umidade a 50% e a densidade aparente média de 198 kg/m<sup>3</sup>. Ao realizar os cálculos, eles apresentaram uma diferença de 16%. Com isso o consumo de bagaço de cana-de-açúcar está sendo menor que o cálculo em função do vapor, o que se obtém um estoque maior de bagaço.

Palavras-chave: Cogeração, Resíduos, Caldeiras.

*ABSTRACT* – The cogeneration system in Brazil is used in the Sulcraolcooleiros industries. The analysis of the efficiency of boilers has benefited both from the generation of electricity and from the production of sugar and ethanol. Calculations of data from the set of feeders of a boiler were performed, considering the information on bagasse with moisture at 50% and average bulk density of 198 kg/m<sup>3</sup>. When performing the calculations, they showed a difference of 16%. With that the consumption of sugarcane bagasse is being smaller than the calculation in function of the steam, which obtains a larger stock of bagasse.

*Keywords:* Cogeneration, Waste, Boilers.

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de energias renovadas em industriais está sendo cada vez mais sendo difundida. E uma das principais causas que levam a esta implantação são os malefícios que as fontes não-renováveis vêm gerando ao meio ambiente. Dentre os meios de energia renováveis tem-se a proveniente da biomassa (INNOVA, 2020).

No Brasil a bagaço de cana-de-açúcar é considerado de maior potência para geração de energia. As lavouras canavieiras possuem alta produtividade que gera grandes quantidades de resíduos que podem ser

aproveitados na geração e em sistema de cogeração. As indústrias utilizam deste sistema para ter autossuficiência, além de vender o excedente da energia (BERNARDES, 2021).

O processo de utilização do bagaço-de-cana de açúcar é realizado por meio da queima de bagaço em caldeiras a vapor, onde a mesma geração vapor que transformam energia térmica em energia mecânica, e esta é transformada em energia elétrica. O excedente do vapor é utilizado no processo de produção de açúcar e etanol.

Em um sistema de Cogeração a eficiência em uma caldeira determina a variação de perdas tanto na geração de energia quanto na produção de açúcar e etanol. Além das perdas, a eficiência na queima da biomassa pode gerar poluição para o meio ambiente gerando resíduos.

Em consonância com essas premissas, o objetivo deste trabalho é desenvolver um cálculo que permita a medição da alimentação de bagaço de cana-de-açúcar na caldeira de forma inferencial por meio do motor que realiza a alimentação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo trata de analisar o consumo de bagaço nas caldeiras. O sistema de alimentação das caldeiras é realizado por meio de um conjunto de alimentadores, que são compostos por uma tubulação, um motor, um redutor e dois cilindros espalhadores. Conforme a capacidade da caldeira maior ou menor o número de conjunto, a caldeira em estudo possui 5.

A matéria prima que está sendo utilizada em questão é o bagaço de cana-de-açúcar o qual possui propriedades físicas que influencia nos cálculos de vazão. Por meio desta, está sendo considerada a umidade de 50% b.u. (base úmida). A densidade do bagaço de cana-de-açúcar tem influência direta conforme a umidade, como, o bagaço é considerado um material poroso, a densidade a ser utilizada foi a densidade aparente, pois leva em consideração o espaço poroso. Por meio disto, foi utilizado a média entre dois valores, sendo  $198 \text{ kg/m}^3$ .

A necessidade de realizar o cálculo do consumo de bagaço tem como necessidade chegar aos valores mais precisos do estoque de bagaço e realizar um controle de combustão mais eficiente. O cálculo será realizado utilizando a equação da vazão mássica. Para esta aplicação o cálculo está levando em consideração a área livre do alimentador, por onde o bagaço passa, a densidade aparente média do bagaço e a velocidade média, que por sua vez será em função da frequência do motor.

O significado de inferencial de acordo com Significados (2021) defini que “Inferir é deduzir um resultado, por lógica, com base na interpretação de outras informações. Inferir também pode significar chegar a uma conclusão a partir de outras percepções ou da análise de um ou mais argumentos.” Com base neste significado a medição inferencial seria o cálculo de vazão por meio da frequência do motor, conforme a frequência aumenta, a vazão aumenta e o mesmo ocorre conforme ela diminui.

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu no período de outubro a novembro de 2021 em uma usina na região do triângulo mineiro. Para o estudo utilizou-se os seguintes dados:

- Conjunto dos Alimentadores

1 Tubulação retangular de 850 mm x 720 mm (comprimento x altura)

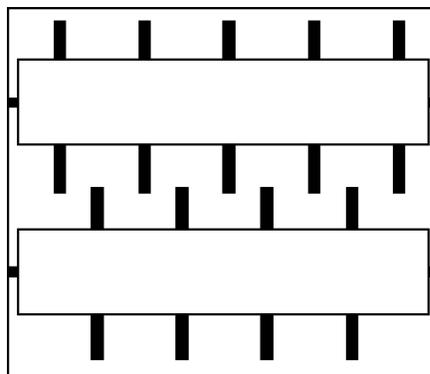
2 Alimentadores cilíndricos de 820mm x 168,28 mm (comprimento x diâmetro).

1 alimentador possui 4 hastes cilíndricas que cortam transversalmente, fica duas pontas de cada lado do alimentador de 80 mm x 16 mm (comprimento x diâmetro).

1 alimentador possui 5 hastes cilíndricas que cortam transversalmente, fica duas pontas de cada lado do alimentador de 80 mm x 16 mm (comprimento x diâmetro).

Segue a representação do alimentador na Figura 1:

Figura 1- Representação do alimentador de bagaço.



Fonte: o autor

- Conjunto acoplado ao alimentador

- 1 Motor Elétrico trifásico de potência 3 CV 1750 RPM;

- 1 Redutor de velocidade de 1700 RPM para 18 RPM – Redução de 1:94,44;

- Equações utilizadas para o cálculo

**Vazão Mássica**

$$Q_m = \rho \times V \times A \quad (1)$$

$$Q_m = \text{Vazão Mássica} \left( \frac{\text{Ton}}{\text{min}} \right)$$

$$\rho = \text{Densidade Aparente} \left( \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right)$$

$$V = \text{Velocidade Média} \left( \frac{\text{m}}{\text{min}} \right)$$

$$A = \text{Area} (\text{m}^2)$$

## Velocidade Média

$$V = \omega \times R \quad (2)$$

$$V = \text{Velocidade Média} \left( \frac{m}{\text{min}} \right)$$

$$\omega = \text{Velocidade angular} \left( \frac{\text{Rad}}{\text{min}} \right)$$

$$R = \text{Raio do Cilindro (m)}$$

## Frequência Angular

$$\omega = 2\pi \times f \quad (3)$$

$$\omega = \text{Velocidade angular} \left( \frac{\text{Rad}}{\text{min}} \right)$$

$$f = \text{Velocidade Média (Hz)}$$

Os dados de frequência do motor foram exportados em um período de 1 minuto, sendo 63.360 linhas de dados.

Para comparação foram exportados do Software GAtec (Gestão Agroindustrial) os dados de consumo de bagaço diário que é calculado em função do vapor produzido.

Os cálculos realizados estão citados a seguir:

- Área, realizar o cálculo da área livre do alimentador, sendo que o bagaço é alimentado apenas na parte central;
- Densidade Aparente, a Densidade aparente do bagaço é de acordo com Petrobrás (1982) O Bagaço em *In natura* com a umidade em aproximadamente é 120 kg/m<sup>3</sup>. A usina ao qual os dados foram coletados utiliza como parâmetro o valor de 266 kg/m<sup>3</sup>. Com isso será utilizado a média entre os valores sendo 198 kg/m<sup>3</sup>.
- Velocidade Média, para o cálculo da velocidade média aplicasse a Equação (2), sendo que ela ficará em função da frequência;
- Em seguida utilizar os dados a Equação (1) cálculo de vazão mássica;
- Com a equação em função da frequência, realizar o somatório das vazões de todos os dados exportados no período de dias;
- Com os dados calculados realizar a comparação com os que foram exportados do GAtec;

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito anteriormente, foram realizados os cálculos de vazão de alimentação de bagaço. Estes foram analisados e apresentaram os resultados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos cálculos de vazão em períodos semanais.

Período	Consumo de Bagaço
01/10 a 07/10	7.210,67
08/10 a 14/10	4.832,60
15/10 a 21/10	6.234,03
22/10 a 28/10	6.358,47
29/10 a 04/11	7.221,07
04/11 a 11/11	6.876,61

Fonte: o autor

Para comparação, segue os dados exportados do GAttec na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do GAttec em períodos semanais.

Período	Consumo de Bagaço
01/10 a 07/10	7.925,58
08/10 a 14/10	7.640,19
15/10 a 21/10	8.475,30
22/10 a 28/10	7.318,89
29/10 a 04/11	6.918,75
04/11 a 11/11	6.592,67

Fonte: o autor

Analisando a somatória para comparação dentro deste período da variação do bagaço, teremos a Tabela 4.

Tabela 4 – Vazão calculada (GAttec) Vs Vazão Medida.

	Vazão Calculada (GAttec)	Vazão Medida pelo Alimentador
Consumo de Bagaço	44.871,38	38.733,46

Fonte: o autor

Verifica-se que o valor do consumo e bagaço pelo GAttec indica um consumo de 16% maior que o

cálculo da vazão no período de 42 dias.

#### 4. CONCLUSÃO

Concluimos que a vazão calculada em função do vapor produzido nas caldeiras apresenta maior consumo de bagaço, sendo que ao aplicar o cálculo de consumo de bagaço foi encontrado uma diferença de 16% a mais de bagaço. Com esta análise pode-se realizar o controle melhor da combustão para gerar mais vapor com menos bagaço.

Por meio da medição inferencial foi possível realizar o consumo em tempo real da caldeira. Portanto, houve um benefício econômico-financeiro, devido não ser necessário a aquisição de um equipamento de alto custo agregado.

Com a medição foi possível realizar a verificação do excedente de bagaço no estoque, o que pode ser aproveitado no período de cogeração para aumentar a geração de energia elétrica.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade de Uberaba (UNIUBE), aos colegas e amigos que incentivam no desenvolvimento de novos estudos. E agradecem também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio.

#### 5. REFERÊNCIAS

INNOVA, WSI. **ENERGIA RENOVÁVEL PARA AS INDÚSTRIAS: QUAL SUA IMPORTÂNCIA?**. Disponível em: <https://potencialflorestal.com.br/energia-renovavel-industrias> Acesso em: 15 novembro de 2021.

BERNARDES, Luana. **Biomassa. Todo Estudo.** Disponível em: < <https://www.todoestudo.com.br/quimica/biomassa>>. Acesso em: 15 novembro de 2021.

SIGNIFICADOS. **Inferência.** Disponível em: < <https://www.significados.com.br/inferencia/> >. Acesso em: 16 novembro de 2021.

PETROBRÁS. **Dados Técnicos de Biomassas.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS. Depto. Industrial - Divisão de Fontes Energéticas Alternativas, N. 29, 65p., 1982.