

# CO-GERAÇÃO EM BAIXA ESCALA (ATÉ 100 KW) EM PEQUENAS USINAS DE ÁLCOOL UTILIZANDO MINI TURBINAS A VAPOR

Julio César Batista<sup>1</sup>, Carlos Dolberth Jaeger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório De Combustão e Propulsão (LCP),  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil

## Introdução

Este trabalho consistiu na aplicação de nova tecnologia de mini turbinas a vapor para microgeração (abaixo de 100 kW) em uma usina de álcool e aguardente localizada em Datas/MG.

Essa nova tecnologia de miniturbinas foi vencedora do Prêmio PETROBRAS de Tecnologia em Energia. Foi desenvolvida em doutorado na Unesp e pós-doutorado no CEPEL/ELETRONBRAS.

A Mini turbina vem atender a falta de turbinas a vapor economicamente viáveis com potências até 100kW.

O vapor produzido pela caldeira e utilizado no processo passa primeiro pela turbina que aciona um gerador elétrico.

Esta aplicação até então não era possível por falta de tecnologia apropriada para pequenas turbinas a vapor.

A mini turbina opera com vapor saturado (vapor sem superaquecimento) produzido pela queima do bagaço da cana em caldeira.

A mini turbina está descrita em tese de doutorado [1], relatório de pós doutorado [2] e artigos publicados [3,4].

## Metodologia

O sistema (caldeira + turbina + gerador AC) é instalado conectando a caldeira ao engate flexível da turbina. A turbina é acoplada ao gerador por correia de múltiplos canais Micro V. A Figura 1

mostra a instalação na fazenda Resplendor em Datas - MG.



Figura 1: Caldeira, turbina e gerador AC.

A Figura 2 mostra o engenho movido pela energia gerada pela turbina.



Figura 2: Engenho.

A caldeira produz 700 kg de vapor a 8 bar. Ao passar pela turbina a pressão do vapor cai para cerca de 1 bar (120°C) e vai para o processo de fermentação que necessita de vapor a essa pressão e temperatura. A turbina gera 12 kVA, suficiente para acionar o motor da moenda. A figura 3 mostra a turbina, o gerador AC, as válvulas de controle de entrada de vapor e o quadro de comando.



Figura 3: turbina e gerador.

Há 3 válvulas, sendo a primeira para abertura manual de vapor, a segunda controlada para injetar vapor de forma que mantenha a rotação da turbina constante e a frequência da energia gerada em 60 Hz e a última válvula é de segurança, desligando o vapor se houver qualquer defeito ou acidente detectado pelos sensores e pelo programa de controle de rotação.

No gráfico mostrado na figura 4 pode-se ver que se tiver uma caldeira que produz 1.000 kg de vapor por hora, operando a 7 kg/cm<sup>2</sup>, obtém-se cerca de 15 kW (20 CV) na saída do gerador. Se operar a 10 kg/cm<sup>2</sup> obtém-se 17 kW (23 CV) na saída do gerador AC.

Se tiver uma caldeira com vazão maior ou menor pode-se obter a energia gerada na saída do gerador mantendo-se as proporções.

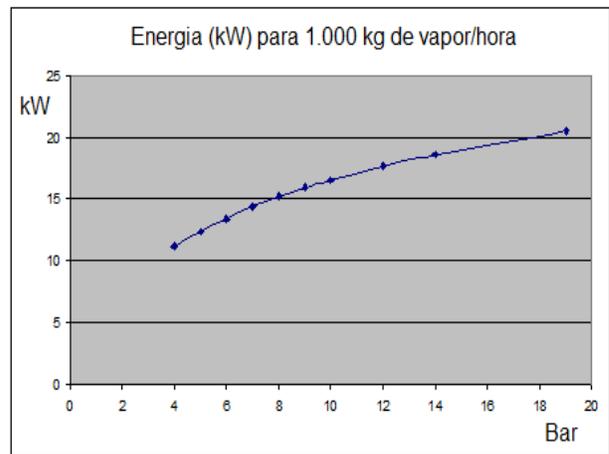


Figura 4: Gráfico da energia x pressão.

O gerador é 220 V trifásico e sua saída está ligada à um inversor de frequência que permite a partida suave do motor da moenda.

A figura 5 mostra o esquema de ligação.

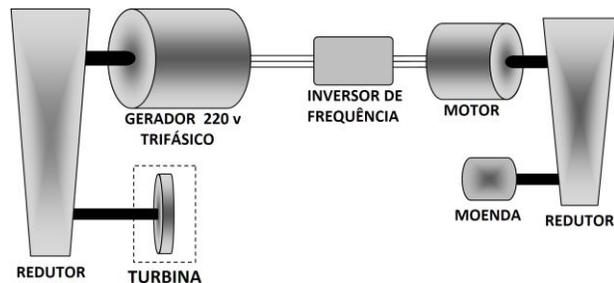


Figura 5: Esquema de ligação.

A turbina pode ser utilizada em:

- Empresas rurais, comunidades rurais, etc (para quem não tem energia ou quer aproveitar lenha ou resíduos agrícolas de produção).
- Para cogeração: Para quem tem caldeira para uso em algum processo produtivo. O vapor passa pela turbina e gera energia antes de seguir para o processo produtivo. A turbina não causa nem um tipo de contaminação no vapor, podendo ser utilizado na indústria alimentícia. Exemplo: Laticínios, lavanderias, fábricas de alimentos, etc).

- Aproveitamento de calor: o calor desperdiçado em fornos, como exemplo olarias, pode aquecer água e produzir vapor para gerar energia.

- Utilização da turbina como motor: para irrigação e acionamento de máquinas em geral, sem a necessidade de motores elétricos ou a diesel. Produz-se vapor em uma caldeira que aciona a turbina que gira o eixo de uma bomba (mancalizada, sem motor) ou qualquer máquina operando de 500 rpm até 15.000 rpm.

A Figura 6 mostra um esquema com as possibilidades de utilização da turbina. A energia gerada pode se utilizada diretamente pois é estabilizada em 220V-60 Hz, pode ser armazenada em bancos de baterias ou injetada na rede de energia através de um inversor Grid Tie.



Figura 6: Esquema de utilização da turbina

Mais informações e uma calculadora para obtenção da energia gerada em função da vazão da caldeira e da pressão (e contra-pressão no caso de cogeração) podem ser obtidas em [www.brmini.com](http://www.brmini.com).

## Discussão e Conclusões

A utilização da turbina para cogeração em pequenas usinas permite produzir energia com um consumo adicional de combustível (bagaço de cana) bastante reduzido, cerca de 3% a mais.

O caso de geração, ou seja utilizar a turbina fora dos horários de produção, é

também rentável, pois é grande o excedente de bagaço de cana produzido.

O baixo custo da turbina permite que o investimento seja pago em menos de um ano.

## 1. Referências

- [1]. Batista, Júlio César. Microgeração de energia elétrica (abaixo de 100kw) utilizando turbina tesla modificada. Guaratinguetá : [s.n], 2009. 107f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009.
- [2]. Batista, Júlio César. Relatório Técnico de Pós-doutorado. Período 15/01/2012-14/01/2013 Geração Distribuída Utilizando Turbina a Vapor Tesla Modificada. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL
- [3]. Batista , Júlio César; Jaeger, Carlos Dolberth. Geração Distribuída, Cogeração, Irrigação, etc com Biomassa Utilizando Nova Turbina a Vapor. 9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, São Paulo - SP – 01 A 03 outubro de 2014.
- [4]. Batista , Júlio César; Jaeger, Carlos Dolberth. Geração de Energia Renovável Utilizando Mini Turbinas a Vapor. II Congresso de Automação e Inovação Tecnológica Sucroenergética, Sertãozinho - SP – 26 de agosto de 2014.

## Contato

Júlio César Batista  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
- INPE/LCP. Rodovia Presidente Dutra,  
Km 40. Cachoeira Paulista - SP. E-mail:  
[julio@lcp.inpe.br](mailto:julio@lcp.inpe.br)  
telefone: (12) 3186-9394  
Carlos Dolberth Jaeger  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
- INPE/LCP. Rodovia Presidente Dutra,  
Km 40. Cachoeira Paulista - SP. E-mail:  
[carlo@lcp.inpe.br](mailto:carlo@lcp.inpe.br)  
telefone: (12) 3186-9384

