

INCREMENTO DA COGERAÇÃO DE ENERGIA NUMA USINA SUCROALCOOLEIRA ATRAVÉS DO APROVEITAMENTO DO PALHIÇO

**KAITO ARNONI LACERDA¹, RÓBINSON GERARDO TRINDADE PORTILLA ERAZO²,
CASSIO ROBERTO MACEDO MAIA³, RICARDO ALAN VERDÚ RAMOS⁴**

¹ Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica, IPBEN/UNESP, Ilha Solteira (SP), Fone: (44) 99810-5223, kaito_lacerda@hotmail.com.

² Engenheiro Mecânico, Mestrando em Engenharia Mecânica, IPBEN/UNESP, Ilha Solteira (SP), Fone: (17) 99746-6012, robinson.gtpe@gmail.com.

³ Físico, Doutor em Engenharia Mecânica, IPBEN/UNESP, Ilha Solteira (SP), Fone: (18) 3743-1024, cassio@dem.feis.unesp.br.

⁴ Engenheiro Mecânico, Doutor em Engenharia Mecânica, IPBEN/UNESP, Ilha Solteira (SP), Fone: (18) 3743-1054, ramos@dem.feis.unesp.br.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho propõe um estudo da viabilidade de soluções que visam o aproveitamento do palhiço da cana-de-açúcar em uma usina sucroalcooleira paulista, gerando, assim, maiores excedentes de eletricidade tanto na safra quanto na entressafra. A fim de fornecer indícios da viabilidade de cada uma das soluções, foram empregadas investigações de caráter termodinâmico, termoeconômico e econômico. Cinco propostas de adequações da planta de cogeração foram analisadas, sendo que, em quatro delas, foram realizadas modificações e melhorias na planta já instalada, enquanto em um caso foi proposta a inserção de uma planta de cogeração paralela alimentada exclusivamente por palhiço. Dentre as soluções analisadas, além de se confirmar o elevado potencial do palhiço para incremento da produção de excedentes de eletricidade, foi possível obter em alguns casos um custo de eletricidade inferior aquele verificado atualmente na planta em operação. Entretanto, através da análise econômica constatou-se que a atual política de preços de venda de eletricidade aplicada ao mercado elétrico brasileiro, falta de incentivos fiscais e subsídios ao setor, ainda são entraves para a viabilização de novos projetos.

PALAVRAS CHAVE: Cogeração, Cana-de-açúcar, Palha.

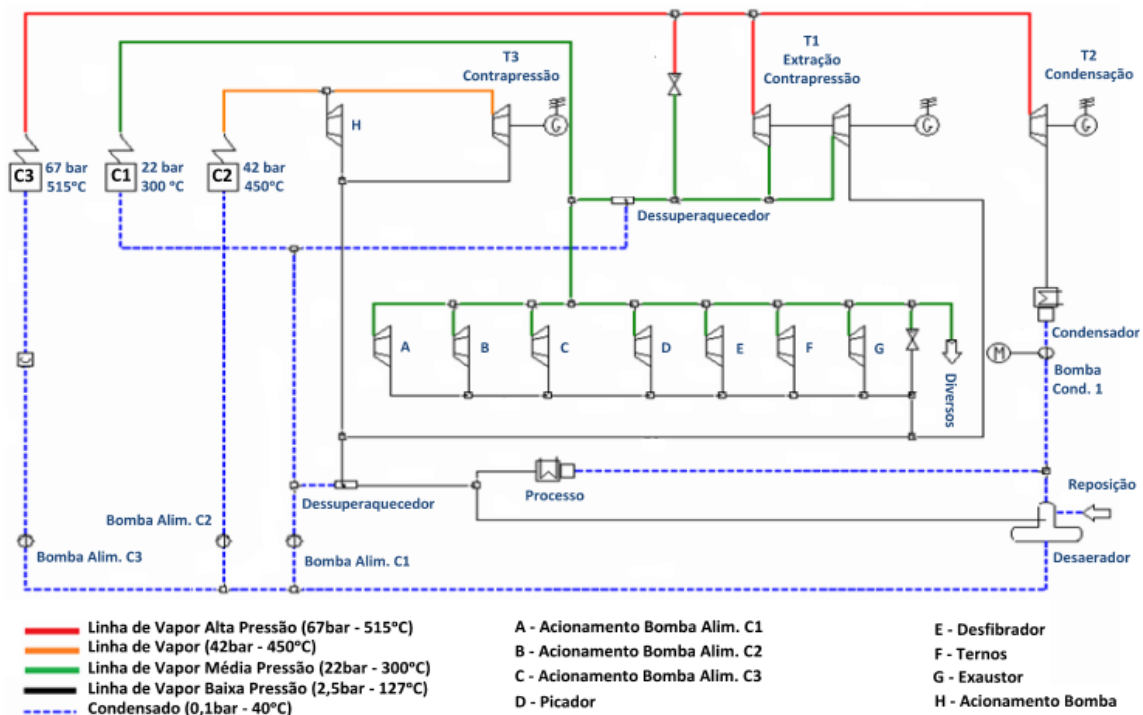
INCREASE OF ENERGY COGENERATION IN A SUGAR AND ETHANOL FACTORY BY USING THE SUGARCANE STRAW

ABSTRACT: This work proposes a study for the viability of solutions which aim a more useful end to the sugarcane straw in an established and operating sugarcane mill in São Paulo state, generating, then, greater electricity surpluses in both harvest and interharvest seasons. In order to provide evidences for the viability of each solution, thermodynamic, thermoeconomic and economic inquiries were applied. Five adjustment proposals of the cogeneration plant were analyzed, wherein, four of them were modified and improved in the current plant, whilst for the other one, the implantation of an adjunct cogeneration plant, fuelled solely by sugarcane trash, was suggested. Among the studied solutions, in addition to confirming the sugarcane trash's high potential as an increment for the extra electricity production, it was possible to obtain, in some cases, an low electricity cost compared to the one verified in the previous operational plant. However, by means of the economic analysis, it was verified that the current electricity price policy applied in the market, lack of tax incentive and subsidy to the sector are impediments for the viability of new projects.

KEYWORDS: Cogeneration, Sugarcane, Straw.

INTRODUÇÃO: Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2016), com base na matriz de capacidade de geração de energia elétrica de 2015, a biomassa é responsável por 8,0 % do total, sendo a terceira fonte em participação. Deste percentual da bioeletricidade nacional, estima-se que cerca de 78% é proveniente dos resíduos da cana-de-açúcar (UNICA, 2016). No estado de São Paulo, com a abolição total da queima da cana-de-açúcar antes do corte e a substituição pela colheita mecanizada a partir de 2017 (UNICA, 2013), o palhicho, antes perdido na queima, passou a ser deixado no campo. Portanto, neste contexto, este trabalho tem o objetivo de realizar um estudo de possibilidades de adequações e investimentos em uma planta de cogeração sucroalcooleira (Figura 1) que possam maximizar o seu potencial de produção de excedentes de energia elétrica, tanto no período de safra quanto na entressafra, com a utilização de percentuais do palhicho para a queima em caldeiras.

FIGURA 1. Planta de cogeração atualmente instalada (Caso 1).



MATERIAL E MÉTODOS: Neste trabalho foi adotado o método do estudo de casos tomando como base uma planta de cogeração já em operação em uma usina sucroalcooleira situada no Sudoeste do Estado de São Paulo. Os parâmetros bases de moagem e produção foram considerados aqueles da safra 2012/2013. O aumento da biomassa queimada em caldeira em cada um dos casos analisados foi decorrente exclusivamente do aproveitamento do palhicho disponível na área do cultivo, porém, limitado a um máximo de 50% do palhicho total produzido, garantindo assim os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo (DEFILIPPI FIHO, 2013). Neste contexto, os casos estudados foram propostos seguindo um critério evolutivo de investimentos e potência instalada. No Caso 1, considerado referência, não foi considerado o processamento de palhicho, assim como no Caso 2, quando foi feito apenas a eletrificação dos acionamentos. Nos demais casos, além da eletrificação dos acionamentos, foram considerados percentuais crescentes de retirada do palhicho do campo, a saber: 9,2% no Caso 3; 20,7% no Caso 4; e 50% no Caso 5, sendo neste últimos 2 casos realizada a troca de caldeiras e turbinas. Na análise termodinâmica, foi empregado o *software* IPSEpro® (SIMTECH, 2003) para solução dos sistemas de equações resultantes. Para a análise termoeconômica, foram estimados os custos dos equipamentos das configurações estudadas e o custo anual dos equipamentos, com amortização, foi calculado levando-se em

conta um período de amortização de 20 anos. Foi usada a Teoria do Custo Exergético com o Método das Extrações para a partição de custos. A análise econômica foi realizada considerando como taxa mínima de atratividade (TMA) para o investimento o valor da taxa Selic anual de 12,6 %, de acordo com dados do Banco Central do Brasil. Foram empregadas as seguintes técnicas de análise de investimento: Valor Presente Líquido (VPL), Tempo de Retorno do Investimento (TRI) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Do ponto de vista termodinâmico, a inserção do palhiço no ciclo de geração de vapor mostrou-se bastante eficiente. Associada aos investimentos realizados em aquisição de novos equipamentos modernos necessários em cada proposta, a inserção de percentuais desta biomassa para queima em caldeiras possibilitou um incremento de 172 % em excedentes de energia quando comparado com a planta atual (Caso 1). Este melhor desempenho foi obtido no Caso 5, com uma concepção de planta considerada ideal e operando com a mesma quantidade de cana moída e de bagaço queimado do caso base. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os balanços globais de potência elétrica para o período de safra e entressafra, respectivamente.

TABELA 1. Balanço global de potência elétrica na safra, em kW.

Potência Elétrica	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Gerada	40.435	59.686	75.170	93.570	108.206
Consumida na Planta de Cogeração	*	1.113	1.429	1.688	1.961
Consumida na Unidade Industrial	11.642	26.623	26.664	26.735	26.778
Total Excedente	28.793	31.950	47.077	65.147	79.467

* Valor não expressivo, desconsiderado nos cálculos.

TABELA 2. Balanço global de potência elétrica na entressafra, em kW.

Potência Elétrica	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Gerada	21.600	21.600	21.600	40.000	45.000
Consumida na Planta de Cogeração	*	298	298	550	618
Consumida na Unidade Industrial	2.160	2.160	2.160	3.000	3.300
Total Excedente	19.440	19.142	19.142	35.450	41.082

* Valor não expressivo, desconsiderado nos cálculos.

Através da análise termoeconômica, verificou-se que o uso do palhiço como insumo no sistema de cogeração e os investimentos necessários para tanto não implicaram em grandes aumentos do custo da geração de eletricidade, conforme ilustra a Tabela 3.

TABELA 3. Investimentos realizados e resultados termoeconômicos para cada caso estudado, fixados os seguintes custos de insumos: R\$ 30,00/t para o bagaço e R\$ 50,00/t para o palhiço.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Investimentos (Milhões de R\$)	50,5	62,8	119,7	145,4	169,4
Custo médio da eletricidade (R\$/MWh)	146,6	152,9	152,8	141,6	136,9

Os Casos 4 e 5 apresentaram custos médios de eletricidade inferiores quando comparado ao Caso 1, com uma redução de aproximadamente 4 e 7 %, respectivamente, embora no Caso 5 seja necessário o maior investimento por utilizar equipamentos mais modernos e eficientes.

O Caso 5 apresentou também os melhores resultados do ponto de vista econômico, apresentados na Tabela 4 e Figura 2, combinando uma adequação completa da planta de cogeração, a maximização do potencial tanto no período de safra quanto entressafra e o aproveitamento de forma eficiente de todo o potencial energético do palhiço disponível. Neste caso foi verificado um retorno de investimento acima da taxa Selic, com preço de venda de eletricidade na ordem de R\$ 178,00/MWh, mas o ideal seria que a venda fosse efetuada em valores acima de R\$ 200,00/MWh para que incentivar a tomada de decisão dos investidores.

TABELA 4. Resultados econômicos em função do preço de venda da eletricidade (Caso 5).

Preço de Venda (R\$/MWh)	VPL (R\$)	TIR (%)	TRI (anos)
170,00	-19.912.553	11	-
190,00	23.695.536	15	14,2
210,00	67.303.626	18	9,8
230,00	110.911.715	22	7,6
250,00	154.519.804	25	6,2

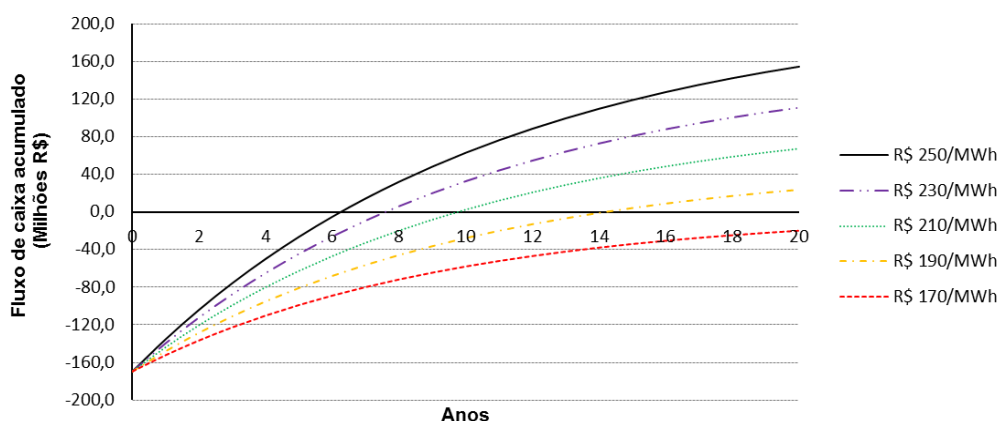


FIGURA 2. Fluxo de caixa acumulado ao longo da vida útil da planta do Caso 5.

CONCLUSÕES: O uso de percentuais para incremento da cogeração de energia em plantas de cogeração mostrou-se vantajoso do ponto de vista termodinâmico e termoeconômico, quando acompanhado de investimentos que possibilitem uma utilização de forma eficiente de todo o potencial energético do palhico, combinando a uma adequação completa da planta de cogeração. Neste cenário, é possível obter aumentos significativos de excedentes de energia gerada e, ainda, verificar a redução do custo médio de geração da mesma. Porém, do ponto de vista econômico, nenhum dos casos apresentou uma TIR superior à taxa de atratividade mínima para o investimento quando considerado o preço de venda fixado em R\$ 170,00/MWh. Este fato aponta a realidade de algumas unidades sucroalcooleiras que, por motivos de contratos a longo prazo, firmados anteriormente a preços próximos deste, geram excedentes de energia em um cenário pouco rentável, desmotivando investimentos em novos projetos de cogeração.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional. Brasília: MME, 2016.
- DEFILIPPI FILHO, L. C. **Estudo da viabilidade do uso do palhico para geração na entressafra de uma usina sucroenergética.** 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas (FGV), São Paulo, 2013.
- REDÍGOLO, S. C. R. **Recuperação da palha da cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica e etanol celulósico.** 2014. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, UNESP, Ilha Solteira, 2014.
- SIMTECH IPSEPRO. **Process Simulation Environment (PSE).** Manual version 4.0.001. [S.l.], 2003.
- UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. (2016). Banco de dados. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 01 maio 2017.
- UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. Viabilidade e desafios: a bioeletricidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 14. 2013, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: [s. n.], 2013. Disponível em: <www.unica.com.br/documentos/documentos/>. Acesso em: 13 abr. 2013.