

ESTUDO TERMODINÂMICO E ANÁLISE DE CUSTOS DA AMPLIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA EM UMA DESTILARIA DE CANA DE AÇÚCAR

Emerson Freitas Jaguaribe

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB - 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil
ejaguaribe@uol.com.br

Pio Caetano Lobo

IEM/DME - EFEI – Cx. Postal 50 – 37500 903. Itajubá – MG – Brasil
pclobo@iem.efei.br

José Rodrigues de Lima Neto

Japungu Agroindustrial S. A., Fazenda Japungu s/n. Santa Rita – PB - 58300 000
jneto@netwaybbs.com.br

Wilson Luciano de Souza

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB - 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil
wilsonphd@bol.com.br

Felipe Augusto Araruna da Rocha

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB - 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil
felipear@zipmail.com.br

Resumo. *Através da Lei nº 9.648 de 27 de maio de 1998, o Governo Brasileiro dá início a desregulamentação progressiva no setor de energia elétrica, numa tentativa de afastar o perigo de racionamento de energia, estimulando o livre acesso à transmissão e à distribuição. Tal atitude tem levado a indústria a empregar calor de rejeito e resíduos industriais, para cogear e racionalizar a energia, sendo a sucro-alcooleira, uma das que mais tem se destacado. Uma das razões para isto está na crescente demanda de álcool hidratado e, sobretudo do anidro, no mercado nacional e internacional, que força a expansão industrial e o aumento de consumo energético. A Japungu Agroindustrial S. A., sensibilizada por todos estes fatores, planejou e deu início a ampliação do seu sistema de cogeração, com vistas não apenas atingir sua auto-suficiência energética, através da geração de mais 300 kW, mas ainda, tornar possível a mercantilização de 33.616 MWh durante a safra, e 3.600 MWh, na entressafra. Este trabalho analisa as condições técnicas atuais desta destilaria e descreve, com detalhe, as modificações a serem introduzidas, as metas de produção estabelecidas, alguns fatores condicionantes da expansão, discutindo, ao final, situações que darão ao investimento requerido, o êxito desejado.*

Palavras chave: *indústria sucro-alcooleira, bagaço de cana, cogeração, exportação de energia.*

1. Introdução

Uma das medidas adotadas pelo Governo Brasileiro para afastar o perigo de racionamento de energia foi à desregulamentação progressiva do setor de energia elétrica, Lei nº 9.648 de 27 de maio de 1998. Em termos práticos isto estabelece o livre acesso à transmissão e à distribuição, com tarifas não fixadas, dando origem a um mercado competitivo de energia. De certa forma, tal procedimento tem estimulado à indústria a empregar calor de rejeito e resíduos industriais, para cogear e racionalizar a energia. Neste panorama, a indústria sucro-alcooleira, tem se destacado no plano nacional em termos de projetos de cogeração, tendo em vista, sobretudo, a existência de seu resíduo industrial de alto poder energético, o bagaço de cana de açúcar. Além do mais, este setor vem sendo motivado pela crescente demanda de álcool hidratado e, sobretudo o anidro, no mercado nacional e internacional, o que o leva à busca de uma expansão criteriosa, onde parâmetros econômicos e energéticos são rigorosamente considerados. A Japungu Agroindustrial S. A., destilaria modelo no Brasil, sensibilizada por todos estes fatores entendeu que o momento exige que se faça a ampliação do seu sistema de cogeração, com vistas não apenas atingir sua auto-suficiência energética, através da geração de mais 300 kW, mas também, tornar possível a mercantilização de 33.616 MWh durante a safra, e 3.600 MWh, na entressafra. Para tanto, fez um estudo termo-econômico das opções de ampliação do sistema de cogeração, tendo recentemente, dado início à implementação de suas instalações, seguindo a risca as orientações destas análises termo-econômicas. Este trabalho analisa as condições técnicas atuais desta destilaria e descreve, com detalhe, as modificações a serem introduzidas, as metas de produção estabelecidas, as premissas condicionantes da expansão, discutindo, ao final, os condicionantes que darão ao investimento requerido, o êxito desejado.

2. A Indústria

2.1. Dados Gerais

Como mencionado acima, a Japungu Agroindustrial S. A., sito em Santa Rita, a 40 km de João Pessoa, na Paraíba, é modelo no Brasil tendo em vista estar sempre preocupada em funcionar com altos índices de eficiência industrial, ser tecnologicamente avançada a ponto de em 1986 ter vendido para a concessionária estatal de energia elétrica 1 MWe, produzido através da cogeração. Os baixos preços pagos por esta concessionária desestimulou a indústria a continuar com esta política de venda de energia, hoje incentivada pelo próprio governo, preferindo naquela época comercializar o bagaço excedente, in natura, para uma fábrica de papel.

No presente, a indústria mói 672.000 t de cana (Japungu, 2001), que geram 215.000 t de bagaço, quantidade que corresponde a 32 % da cana moída (cf. Camargo et al., 1990). Tecnicamente, se observa, que se alargando o número de horas de moagem, por safra, e promovendo-se uma política de entrosamento entre o campo e a indústria, e uma manutenção preventiva e corretiva eficientes, usando-se para tal, menos do que 4 % do tempo dedicado à extração, a empresa poderá processar 768.000 t de cana. Assim, no processo de ampliação, esta cifra passará a ser a meta pretendida pela empresa. No tocante a cana processada pela destilaria ela é própria, ou oriunda de acionistas, já se tendo a certeza de se garantir a quantidade necessária ao cumprimento da nova demanda.

Como já foi indicado acima há dois distintos períodos de atividade nessa indústria. O primeiro é o período da safra, que em geral ocorre entre julho e março, que corresponde à época da colheita da cana. O outro período, o da entressafra, há o processamento do melão e o reprocessamento do álcool hidratado para anidro. Em seguida, toda a fábrica entra em um drástico esquema de manutenção.

Assim, como é de se esperar, há diferentes procedimentos adotados nestes dois períodos. Por exemplo, apenas 27.600 t, das 215.000 t de bagaço, são consumidas durante os 50 dias da entressafra para gerar 46 t/h de vapor para se processar o melão e o álcool. Por outro lado, 145.000 t de bagaço geram 58 t/h de vapor durante a safra, composto em média de 5.548 h. Este fluxo de vapor é dirigido ao processo de destilação. Mantém-se, ainda, um estoque de 500 t de bagaço, a ser empregado no início da safra.

A produção atual de álcool (anidro + hidratado) a partir da cana processada é de 59.280.252 L, havendo ainda 9.322.051 L, oriundos de melão.

Em termos financeiros a indústria fatura anualmente 48 milhões de Reais, através da venda do álcool, do excedente do bagaço, e de levedura seca (ração animal). O preço do litro do álcool hidratado, para venda, já incluindo impostos é de R\$ 0,64, enquanto que do anidro chega a R\$ 0,68. A tonelada de bagaço está sendo comercializada a R\$ 26,00, embora em certos períodos chegue a R\$ 40,00. Dessa maneira, as 41.900 toneladas que não são utilizadas nem na safra, ou na entressafra, produzem uma receita de R\$ 1.089.400,00. Por outro lado, a tonelada de cana é adquirida a R\$ 27,00.

2.2. A Atual Geração de Vapor e de Energia

Na Fig. 1 é mostrado um esquema da planta de cogeração de energia elétrica em operação. Como pode ser observado a destilaria utiliza-se de uma caldeira que entrega vapor vivo à pressão de 3,04 MPa (31 kgf/cm²) a temperatura de 340 °C à dois turbogeradores de contra-pressão. Um deles gera 3.500 kVA, e o outro 2.500 kVA, que corresponde a uma potência total de 4800 kW. O vapor servido deixa as turbinas a 162 °C e 0,245 MPa (2,5 kgf/cm²), de onde se pode deduzir (cf. Hugot, 1969), que o consumo de vapor do conjunto turbo-gerador, para cada kWh, gerado é de 11,9 kg. E uma vez que a presente demanda média de energia da fabrica, incluindo a agrovila, é de cerca de 5.100 kW, existe um déficit, como já afirmado, de 300 kW, que vem representando um desembolso, com o pagamento de eletricidade para a concessionária, por ano, de cerca de R\$ 160.000,00 (Cento e sessenta mil Reais).

3. Parâmetros Técnicos Considerados na Ampliação da Central de Geração de Energia

Traçadas as metas da ampliação verificou-se que para que elas fossem alcançadas seria imprescindível o aumento da produção de vapor d'água. E isto poderia ser conseguido, seja ampliando-se a caldeira existente, seja adquirindo-se uma outra. Estudos para o aumento da capacidade da caldeira¹, concluíram que a vazão máxima de vapor que poderia ser alcançada seria de 80 t/h de vapor, isto se mantendo a mesma pressão de 3,24 MPa (33 kgf/cm²) e temperatura de 340 °C. Nestas condições se limitaria, de certa maneira, a oferta, tornando-se mais difícil o cumprimento dos objetivos. Essa constatação, aliada ao propósito de instalar em um futuro próximo uma usina de açúcar anexa à destilaria, fez com que se optasse pela segunda alternativa. Além do mais, a anexação de uma usina de açúcar exigirá o processamento de mais cana, e portanto isto só será possível aumentando-se da capacidade de extração dos termos de moendas, com a aplicação de novos investimentos. Também com vistas a se minimizar os custos do sistema de cogeração, buscou-se empregar um gerador turboelétrico, e uma turbina de 15 MVA de condensação/extração, que foram comprados de segunda mão, e que se encontravam no pátio da destilaria. A partir daí verificou-se que tendo em vista a limitada capacidade de extração da indústria, poderia haver falta de bagaço caso se pretendesse alimentar duas caldeiras e suprir as duas turbinas previstas no projeto. Em sendo assim, estimou-se que seria mais viável se escolher uma nova caldeira consumindo menos bagaço, produzindo mais do que 80 t/h de vapor e tendo uma disponibilidade de energia mais alta.

¹ O custo desta ampliação foi orçado em R\$ 300.000,00

Esta decisão foi acompanhada da idéia de se desativar a caldeira existente, até que se aumente a capacidade de extração e se instale a usina de açúcar.

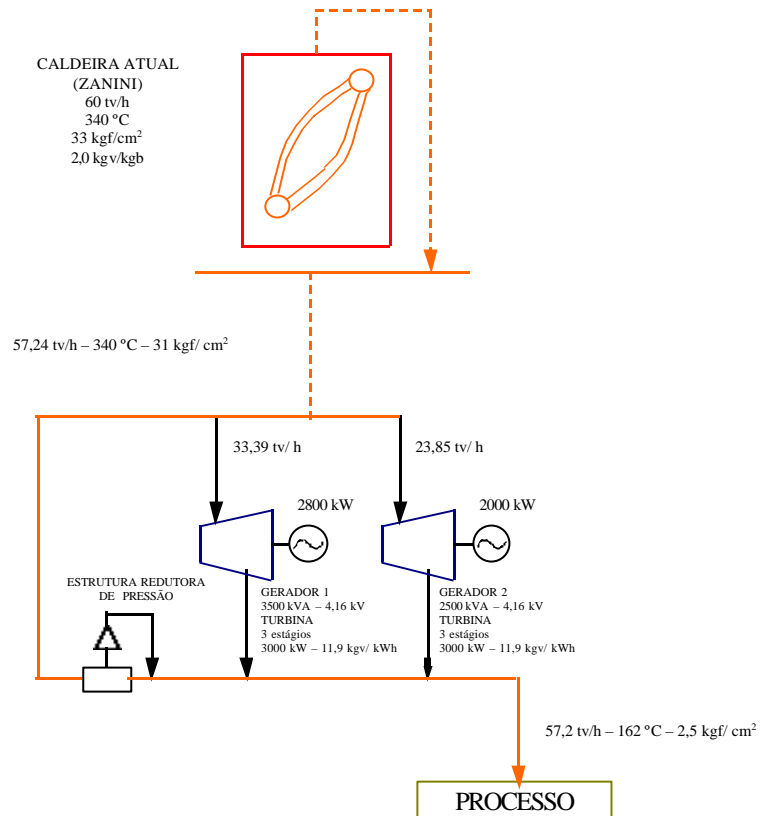


Figura 1. Esquema geral da atual planta de cogeração da Japungu Agroindustrial S/A.

4. O Novo Sistema de Geração de Energia

A direção da indústria, juntamente com consultores na área, concebeu o projeto esquematizado na Fig. 2, com o novo sistema de geração de energia, atualmente em fase de implantação na destilaria.

O novo redimensionamento incorpora uma caldeira Aquatubular vertical, com capacidade de 100 tv/h (Equipalcool, 2001), com pressão de 43 kgf/cm² e temperatura de 420 °C, tendo um rendimento nominal de 85 %, segundo o fabricante. No que concerne às turbinas elas operarão na entrada com 415 °C e 41 kgf/cm², sendo que na saída do estágio de contrapressão as condições serão 162 °C e 2,5 kgf/cm², enquanto que na saída do estágio de condensação a temperatura será de 54 °C e a pressão 1,15 kgf/cm². Também na Fig. 2, pode se observar as potências dos geradores que comporão o novo sistema.

5. Custos de Implantação do Novo Sistema de Cogeração

Uma das empresas contratadas pela Japungu promete o fornecimento em regime “turn-key” dos equipamentos, materiais e serviços de instalação para ampliação da central de geração de energia. Garantindo, ainda, a implantação de um moderno sistema de automação, que controlará e supervisionará todo o aparato de geração da indústria, permitindo a maximização de resultados. Com isto, não apenas o turbo-gerador de condensação, como também os dois turbo-geradores de contra-pressão existentes, que terão seus equipamentos de controle e proteção modernizados, farão parte do processo da automação. Também será montada uma sala de comando, a ser construída, de onde se poderá controlar todo o sistema de geração, e a conexão com a rede através de uma subestação de 69 kV. Poderão, também, se visualizar os parâmetros do sistema que permitirão por exemplo, o controle da energia exportada e o status dos diversos componentes do sistema. Para tanto, a contratada receberá R\$ 2.150.469,00, tendo a destilaria que arcar com toda a obra civil necessária. Por sua vez, a caldeira aquatubular vertical modelo tipo 100-V-2-S, circulação natural, dois corpos ebulidores, fornalha para queima de bagaço de cana, sistema de alimentação de combustível pneumático e sistema de tiragem bala, custará R\$ 1.901.000,00, estando aí incluído os 5 % de IPI. 20% deste valor será pago com recursos próprios e os outros 80 %, com recursos do FINAME. A expectativa da Japungu até o novo sistema entrar em operação, é desembolsar R\$ 6.000.000,00.

6. Bagaço Disponível, Consumo de Vapor e Energia Elétrica Gerada pelo Novo Sistema

6.1. O Consumo de Bagaço

Em princípio, o consumo de bagaço por kg de vapor gerado pela nova caldeira será 5 % menor do que o da caldeira atual, 2 kgv/kgb. Mesmo assim, como já foi considerado, não deverá haver bagaço suficiente para alimentar as duas caldeiras, e ainda gerar a potência nominal das duas turbinas de contrapressão e da de condensação/extração, tendo em vista que a capacidade máxima de cana a ser processada é de 768.000 t de cana, o que produzirá um total de bagaço anual de 245.760 t. Deduzindo-se daí, as 500 t reservada para o início da nova safra, verifica-se que o bagaço disponível para uso na safra e entressafra, B_{SES} , será

$$B_{SES} = 245.260 \text{ t} \quad (1)$$

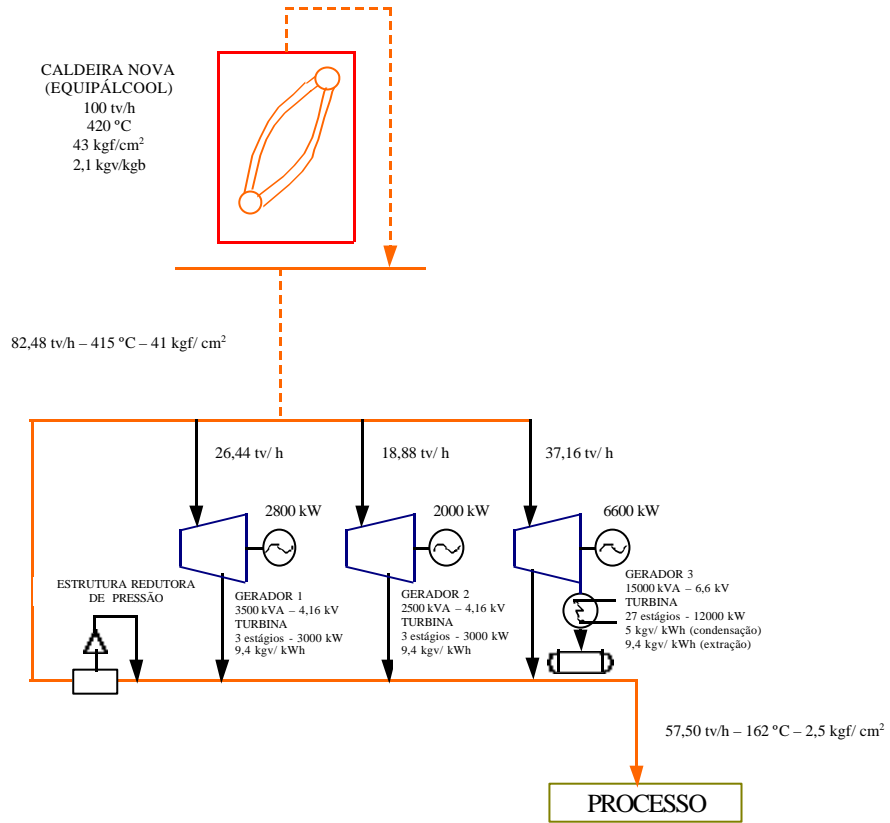


Figura 2. Esquema do sistema de cogeração que está sendo implementado na Japungu Agroindustrial S/A.

6.1.1. Bagaço Disponível na Entressafra e na Safra

Através da Eq. (2) é possível se avaliar o consumo na entressafra:

$$B_{ES} = 24 \cdot N \cdot \frac{C_{VES}}{C_E} \quad (2)$$

onde,

C_{VES} é o consumo médio de vapor no processo, igual a 46 t/h de vapor.

C_E é o consumo específico da nova caldeira, 2,1 kgv/kgb (entendendo-se por kgv – kg de vapor, e kgb – kg de bagaço).

N – número de dias de atividade na entressafra, geralmente fixado em 50.

Desta forma,

$$B_{ES} = 26.286 \text{ t.}$$

Logo, o bagaço disponível na safra, B_{DS} , é calculado subtraindo-se B_{ES} de B_{SES} , dado pela Eq. (1), resultando:

$$B_{DS} = 218.974 \text{ t.}$$

6.1.2. Bagaço Requerido na Safra, Para a Realização de Processos na Indústria

A partir da quantidade de bagaço que será empregada na geração de vapor, que servirá para fornecer energia à todos os processos na indústria, e conhecendo-se a quantidade B_{DS} , determina-se o excedente; que poderá ser vendido “in natura”, ou processada em ração, ou adubo, ou ainda, em eletricidade, para comercialização. Este bagaço necessário para a realização dos processos, B_P , é dado por:

$$B_p = \frac{C_{VP}}{C_E} \cdot N_T, \quad (3)$$

onde,

C_{VP} é o consumo médio de vapor horário de processo, na safra, ou seja, 58 t/h de vapor.

N_T o número de horas empregadas para a realização do processo, já indicado, acima, como igual a 5.548 h. Logo:

$$B_p = 153.230 \text{ t.}$$

Conseqüentemente, a quantidade de bagaço que resta para a comercialização, ou no caso da geração de energia no estágio de condensação é:

$$B_c = 65.744 \text{ t,}$$

que deve gerar uma quantidade de vapor disponível, V_{cd} , dada por:

$$V_{cd} = \frac{B_c \cdot C_E}{N_T}, \quad (4)$$

$$V_{cd} = 24,88 \text{ t/h de vapor.}$$

6.2. Consumo de Vapor Para a Geração de Eletricidade na Safra

6.2.1. Vapor para Atender as Turbinas

O consumo específico de vapor nos estágios de contrapressão para cada unidade de energia, (Faires, 1966), é dado por:

$$C_{e_{cp}} = 9,5 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}},$$

e analogamente no caso do estágio de condensação de:

$$C_{e_{cond}} = 4,7 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

De posse dos consumos específicos de vapor, determina-se o consumo de vapor dos módulos de contrapressão dos turbogeradores, dado por:

$$C_{V_{cp}} = P_g \cdot C_{e_{cp}}, \quad (5)$$

onde P_g é a potência gerada pela turbina. Assim, no caso da máquina de condensação:

$$C_{V_{cond}} = P_g \cdot C_{e_{cond}}. \quad (6)$$

Desta forma, levando-se em conta as turbinas 1, 2 e 3, os consumos de vapor respectivos serão: $C_{vt_1} = 26,44 \text{ t/h}$, $C_{vt_2} = 18,88 \text{ t/h}$ e $C_{vt_3} = 12,28 \text{ t/h}$. Conseqüentemente a demanda de vapor da caldeira, V_c , é dada por:

$$V_c = C_{vt_1} + C_{vt_2} + C_{vt_3} + V_{cd}, \quad (7)$$

ou seja, $V_c = 82,48 \text{ t/h de vapor.}$

6.3. Energias Geradas

6.3.1. Energia Gerada Pelas Máquinas de Contrapressão e de Condensação

A potência média total gerada pelas duas máquinas de contrapressão será dada por:

$$P_{g_T} = P_{g_1} + P_{g_2}, \quad (8)$$

ou seja, $P_{g_T} = 4.800 \text{ kW.}$

Assim, o produto de P_{g_T} pelo número total de horas (N_T), isto é, 5.548 h, resultará na energia gerada por estas máquinas, E_{CP} , produzindo, $E_{CP} = 26.630 \text{ MWh.}$

Para a máquina de condensação, a energia gerada, E_{CN} , é dada por:

$$E_{CN} = (P_{CD} + P_{ext}) \cdot N_T, \quad (9)$$

sendo P_{CD} a potência média gerada pelo módulo de condensação, calculada pela expressão:

$$P_{CD} = \frac{V_{CD}}{C_{e_{cond}}}, \tag{10}$$

resultando em $P_{CD} = 5.300$ kW, e P_{ext} , que é a potência fornecida pelo módulo de extração, dada por:

$$P_{ext} = \frac{C_{vt3}}{C_{e_{cp}}}. \tag{11}$$

Desta forma $P_{ext} = 1.300$ kW e $E_{CN} = 36.617$ MWh.

6.3.2 Energia Total Produzida Durante a Safra, E_T

A adição de E_{CN} e E_{CP} , resulta em E_T , a energia total produzida, ou seja, $E_T = 63.247$ MWh.

6.3.3 Energia Disponível para a Venda Gerada na Safra

Partindo-se da demanda média da indústria, ou seja, 5.100 kW, e do tempo total de moagem, 5.548 horas, a energia média consumida, na safra, pela destilaria, E_{FS} , é de 28.295 MWh. Supondo-se uma demanda parasita do novo gerador de 5 %, e sabendo que o consumo médio parasita, é avaliado a partir da potência média gerada pela máquina de condensação, P_{m_c} , ($P_{m_c} = P_{CD} + P_{ext}$), calcula-se o consumo parasita de energia, E_p , por:

$$E_p = P_{m_c} \cdot 0,05 \cdot N_T, \tag{12}$$

ou seja, $E_p = 1.830$ MWh.

Assim, a energia disponível para a venda, E_D , na safra, é obtida por:

$$E_D = E_T - E_{FS} - E_p. \tag{13}$$

Resultando em $E_D = 33.122$ MWh.

6.3.4 Energia Disponível Para a Venda, Produzida na Entressafra

Neste período a turbina de condensação fica inativa e as duas outras fornecem os 4.800 kW. A Fig. (3), apresenta um esquema do sistema de cogeração operando na entressafra.

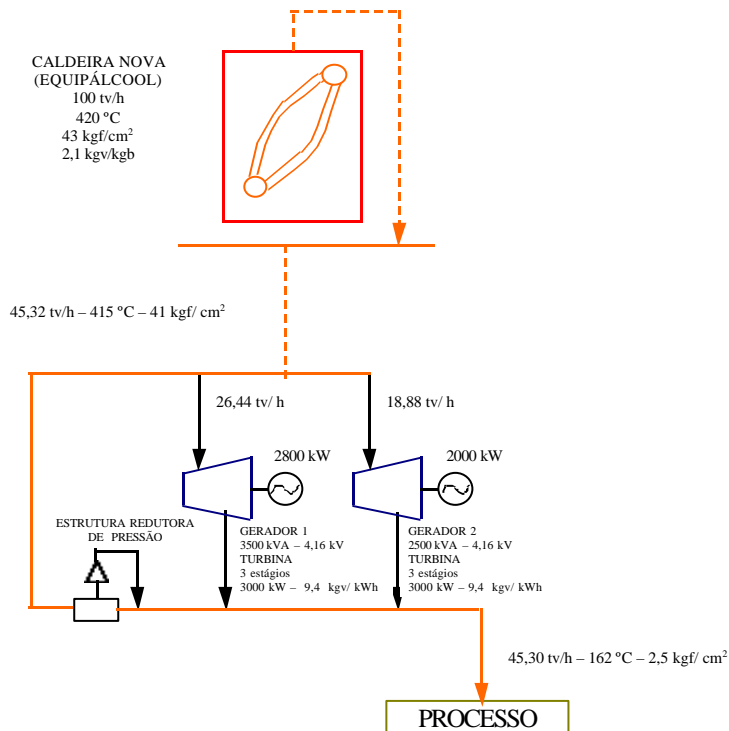


Figura 3. Esquema do sistema de cogeração durante a entressafra.

Pelas atividades previstas para serem executadas durante a entressafra se prevê que será consumida, na destilaria, uma potência de 1.800 kW, e logo a energia total consumida, E_{TE} , será de 2.160 MWh. Sendo a energia gerada pelas máquinas de contrapressão, nesse período, E_{CE} , dada por uma expressão semelhante à Eq. (9), onde o número de dias é 50, vem que $E_{CE} = 5.760$ MWh, e, logo, a energia disponível para a venda na entressafra é dada por

$$E_{DE} = E_{CE} - E_{TE} , \tag{14}$$

ou, em termos numéricos, $E_{DE} = 3.600$ MWh.

6.3.5. Cálculo da Energia Exportada

Por energia exportada, deve-se entender a energia excedente gerada pela indústria, geralmente, vendida a uma concessionária. Esta energia excedente, E_{ET} , é determinada através dos resultados da soma das Eqs. (13) e (14), resultando em $E_{ET} = 36.722$ MWh.

6.3.6. A Potência Exportada

Dividindo-se as Eqs. (13) e (14), pelos números respectivos de horas trabalhadas nos períodos correspondentes, encontra-se dois parâmetros muito úteis nas considerações técnicas e econômicas relacionadas à geração de energia, que são: a potência de exportação na safra, P_{EXS} , e a da entressafra, P_{EXES} . Os valores determinados para tais potências foram: $P_{EXS} = 5.970$ kW e $P_{EXES} = 3.000$ kW.

7. Avaliação Econômica

Do ponto de vista imediatista, e considerando que a relação preço de bagaço e custo de eletricidade se mantivesse constante, continuar com o sistema atual seria a melhor opção. Todavia, para um horizonte econômico maior do que quatro anos, e supondo uma taxa anual de desconto (juros) de 8%, e inflação anual nos preços de bagaço e de eletricidade de 10%, o sistema novo seria mais rentável após a quarta safra, e em dez anos ter-se-ia um lucro total, em termos de valor presente, de mais de R\$15.000.000,00, conforme pode ser observado na Figura 4 abaixo.

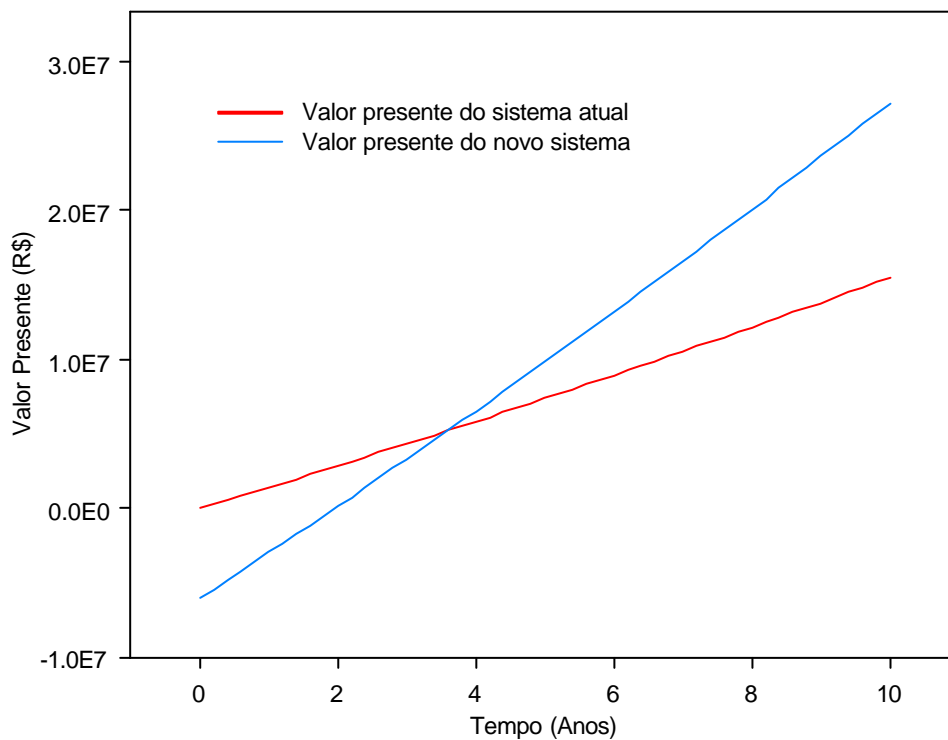


Figura 4. Comparação entre resultados dos Valores Presentes produzidos pelo sistema atual ampliado e pelo novo, que está sendo instalado.

8. Análise dos Resultados e Conclusão

Verifica-se que a Japungu optou por comprar uma nova caldeira capaz de fornecer um fluxo de vapor vivo compatível com os objetivos de geração de energia da empresa, a serem atingidos com a utilização das duas turbinas de contrapressão já existentes, um gerador turboelétrico, e uma turbina de 15 MVA de condensação/extração, adquiridos de segunda mão. Esta nova caldeira, não apenas garantirá uma economia acima de 24% no consumo de vapor, com relação à atual, mas também possibilitará uma redução de 5 % no consumo de bagaço, por tonelada de vapor gerado. Observa-se, ainda, que a ampliação do sistema de cogeração está sendo feita explorando-se, ao máximo a capacidade de moagem. Com isto, a massa de cana moída, por safra, passará de 672.000 t, para 768.000 t, mantendo-se uma média horária de moagem de aproximadamente 150 tc/h. Também o uso da turbina de condensação permitirá um maior aproveitamento da disponibilidade energética do vapor, resultando em grande economia no consumo por MWh gerado, embora ela vá ser operada abaixo da sua capacidade nominal, de 12 MW, tendo em vista a limitação do equipamento de extração dos temos de moenda. Isto impedirá que se disponha de uma quantidade de bagaço suficiente para gerar vapor a ser consumido pelo estágio da turbina de condensação. Constatou-se, ainda, que esta turbina ficará inativa durante a entressafra, uma vez que neste período há uma menor demanda de vapor e de potência consumida, além de não haver bagaço para operá-la.

A partir do equacionamento adequado pode-se avaliar que o total de energia que será disponibilizado ao final do ano (safra e entressafra), será da ordem de 36.722 MWh, com uma média horária de exportação de eletricidade de 5.970 kW na safra e de 3.000 kW na entressafra, garantindo-se, ainda, a auto-suficiência energética da destilaria e evitando-se a despesa anual de R\$ 160.000,00 (cento e sessenta mil Reais), com a concessionária, para se pagar o déficit de 300 kW (a R\$96,13/MWh). Todavia, para se chegar a este estágio a indústria está investindo cerca de R\$ 6.000.000,00 (seis milhões de Reais), sendo 20% oriundos de recursos próprio, e os restantes 80 %, financiados através de recursos do FINAME. Deve-se lembrar que antes de se decidir pela aquisição da nova caldeira, verificou-se que os custos da ampliação da caldeira importariam em R\$ 300.000,00, ou seja 20 vezes menos do o valor da opção escolhida. Mesmo assim, tendo em vista a limitada capacidade de produção e a baixa disponibilidade da energia do vapor, em relação à caldeira nova, o aumento da planta de cogeração com a opção da reforma da caldeira foi descartada. Ainda do ponto de vista financeiro, se constata que o potencial anual de exportação de energia, da ordem de 36.722 MWh, poderá ser comercializado, segundo o valor normativo para venda de energia produzida por uma termelétrica de biomassa, por aproximadamente R\$ 3.300.000,00 (Aneel, 2001). Deve ser observado, por outro lado, que o excedente de 65.744 t de bagaço, consumido para gerar essa energia, vendido a R\$ 26,00 (vinte seis Reais) por tonelada², pode permitir uma receita anual de cerca de R\$ 1.700.000,00. Desta forma, considerando-se o custo do capital, os juros bancários para o empréstimo de R\$ 6.000.000,00 e outros emolumentos, os custos de manutenção e de operação do novo equipamento, o aumento de despesas com pessoal, os dispêndios com a retificação da eletricidade produzida, e a ociosidade da caldeira existente, o lucro com a venda de eletricidade, não parece tão óbvia assim. Por outro lado, o preço da eletricidade tende a subir com a desregulamentação, enquanto que a variação no preço do bagaço é aleatória. Entende-se, por outro lado, que a decisão tomada torna financeiramente mais fácil à instalação da usina de açúcar anexa, e que no momento em que se amplie a capacidade da extração da Japungu, poderá se ampliar à exportação de energia e garantir o êxito do investimento. Finalmente, deve-se entender, que ampliações planejadas como esta garantem, também, o aumento da eficiência do processo industrial.

8. Referências

- Camargo, Carlos Augusto de, 1990, "Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e Álcool: manual de recomendações", Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo.
- Equipalcool, Proposta Técnica/Comercial, 2001
- Faires, V. M., 1966. "Termodinâmica". 4ª ed. – Rio de Janeiro, RJ, 879 p.
- Hugot, Emile, 1969, "Manual da Engenharia Açucareira", Ed. Mestre Jou, São Paulo, Vol. I e II.
- Japungu Agroindustrial S/A, 2001, "Relatório geral da safra e comparativo de safras: 00/01".
- Resolução da ANEEL nº 22/2001, "Valor Normativo".

THERMODYNAMIC AND COST ANALYSIS OF THE INCREASE IN CAPACITY OF A COGENERATION SYSTEM IN A SUGAR CANE ALCOHOL DISTILLERY

Emerson Freitas Jaguaribe

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB- 58059 900 João Pessoa – PB – Brasil
ejaguaribe@uol.com.br

Pio Caetano Lobo

IEM/DME - EFEI – Cx. Postal 50 – 37500 903 Itajubá – MG – Brasil
pclobo@iem.efei.br

² No ano de 2001 a tonelada de bagaço chegou a ser vendida por R\$ 42,00.

José Rodrigues de Lima Neto

Japungu Agroindustrial S. A., Fazenda Japungu s/n. Santa Rita – PB - 58300 000
jrneto@netwaybbs.com.br

Wilson Luciano de Souza

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB- 58059 900 João Pessoa – PB – Brasil
wilsonphd@bol.com.br

Felipe Augusto Araruna da Rocha

Departamento de Tecnologia Mecânica – Centro de Tecnologia – Campus I da UFPB - 58059 900. João Pessoa – PB – Brasil
felipear@zipmail.com.br

Abstract: *Through the publication of Law nº 9.648, dated 27th May 1998, the Brazilian Government has initiated a progressive deregulation of the Brazilian electrical sector, trying to prevent the danger of energy shortage, and motivating the access to energy transmission and distribution. Such an action has stimulated the industry to use rejection heat and industrial residues to cogenerate and rationalize the use of energy. The sugarcane industry in Brazil is one which has become well-known for its frequent exploitation of cogeneration. One reason for such a behavior is the constant and increasing national and international demand for hydrated and anhydrous alcohol. Japungu Agroindustrial S. A. is a very modern and advanced distillery, sensitive to all these incentives. Therefore, it has planned and started an expansion of its cogeneration system looking forward to reaching its energetic self-sufficiency, generating 300 kWh more, and a surplus of 33,616 MWh, during the season and 3600 MWh off-season, both for selling. This work analyzes the present technical conditions of the distillery, and describes in detail, all the modifications to be introduced, the production goals, some conditioning facts of the expansion, discussing at the end situations in which the required investment will bring the expected results.*

Keywords: *sugarcane bagasse, energy exportation, cogeneration system, sugarcane distillery.*