

Análises técnica, econômica e financeira da modernização de um sistema de cogeração: um estudo de caso

Technical, economic and financial analysis of the modernization of a cogeneration system: a case study

Marco Antonio Outeiro Pinto

Engenheiro e aluno do curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Nove de Julho.
São Paulo, SP [Brasil]
marco.a.pinto@uol.com.br

Maurício Lamano Ferreira

Professor de Ecologia do curso de Ciências Biológicas e Professor Orientador no curso de Engenharia Ambiental. Doutorando do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP).
São Paulo, SP [Brasil]
mauriciolamano@uninove.br

Resumo

A utilização de fontes alternativas vem ganhando importância nas discussões mundiais sobre o abastecimento de energia. A biomassa, que é uma fonte renovável, está entre essas fontes. O bagaço de cana de açúcar é uma biomassa abundante no Brasil, sendo um combustível muito utilizado em sistemas de cogeração. Empresas, grandes consumidoras de energia, vêm optando por utilizar sistemas de co-geração, a fim de tornarem-se mais competitivas, suprimindo suas necessidades energéticas e permitindo a venda do excedente de energia. Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso voltado ao redimensionamento do sistema de cogeração de energia em uma empresa. Foram analisadas as condições técnicas, econômicas e financeiras de duas propostas para esse redimensionamento, com o intuito de fornecer subsídios para a escolha do melhor investimento. Concluiu-se que a substituição do sistema de geração de energia atual por um mais eficiente é suficiente para suprir a demanda energética da empresa e ainda permitir um excedente de energia elétrica. As análises financeiras comprovaram que o empreendimento pode vir a ser implementado, visto que os resultados satisfazem as atuais condições de um potencial financiamento.

Palavras-chave: Biomassa. Cogeração. Análise econômico-financeira. Bagaço de cana de açúcar. Geração termelétrica.

Abstract

The use of alternative sources has become more important in global discussions concerning energy supplies. Biomass, which is a renewable source, is one of these sources. Sugarcane bagasse is an abundant biomass in Brazil, and it is a fuel widely used in cogeneration systems. Large energy consumers companies have started to use cogeneration systems in order to become more competitive by supplying their energy needs and providing a surplus energy that the plant would be able to sell. This paper presents a case study of reengineering the cogeneration system in a company. Technical, economic and financial conditions were analyzed for two reengineering proposals in order to provide a basis for choosing the best investment. It was concluded that replacing the current power generation system for a more efficient one is sufficient to meet the energy demand of the company and still allow a surplus of electricity. The financial analysis confirmed that the project could be implemented, as the results meet the current conditions of potential financing.

Key words: Biomass. Cogeneration. Financial analysis. Sugarcane bagasse. Thermoelectric.



1 Introdução

Meio ambiente e energia já estão interligados na percepção do cidadão comum, devido aos efeitos associados ao uso de combustíveis fósseis, como o efeito estufa. Esse cenário passa por uma mudança radical, em que o aumento da participação das fontes renováveis de energia no total gerado é inevitável (VICHI, MANSOR, 2009).

O Brasil já utiliza 47% de energia renovável, mesmo assim, segundo dados do Balanço Energético Nacional, em 2009, a diferença entre a demanda interna de energia elétrica (EE) e a produção interna foi 7,9% (MME, 2010).

De acordo com Bermann (2007), a energia hidrelétrica, embora seja considerada fonte de energia renovável, também acarreta danos ambientais. Dentre eles o autor cita o comprometimento das atividades à jusante do reservatório e da qualidade das águas; o assoreamento dos reservatórios; a emissão de gases de efeito estufa, particularmente o metano decorrente da decomposição da cobertura vegetal submersa; o aumento de pressão sobre o solo e subsolo pelo peso da massa de água represada, em áreas com condições geológicas desfavoráveis, provocando sismos induzidos; a proliferação de vetores transmissores de doenças endêmicas, acarretando problemas de saúde pública pela formação dos remansos nos reservatórios e as dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas, já que historicamente a geração de EE é priorizada em detrimento dos outros possíveis usos. A perda de monumentos naturais e históricos, inclusive de importância arqueológica, também pode ocorrer (JUNK, MELLO, 1990).

Além dessas questões, o sistema de produção de energia hidrelétrica está sujeito à sazonalidade, já que o combustível primário é a água, o que ocasiona variações periódicas na quantidade de energia disponível anualmente na rede de distribuição (PALETTA, 2004). Assim, a utilização de fontes

alternativas vem ganhando importância nas discussões mundiais sobre o abastecimento de energia (NASCIMENTO, BIAGGIONI, 2010).

No Brasil, recentemente, o Decreto nº 7.404, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), publicado em 23 de dezembro de 2010, veio regulamentar a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Entre as ações previstas está o aumento da oferta de energia no país com o aproveitamento de biomassa (MAPA, 2011a). Ações nesse sentido já se manifestavam no ano de 2000, quando, diante da necessidade do aumento da oferta de EE, foi desenvolvida a base para o Programa Prioritário de Termelétricas, pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Esse Programa abriu espaço para a cogeração a partir do bagaço de cana, um subproduto da indústria sucroalcooleira, que permite a produção tanto de energia térmica como mecânica e elétrica provenientes da queima do bagaço em caldeiras (PELLEGRINI, 2002).

As vantagens da cogeração, utilizando-se a biomassa como combustível, já são bastante conhecidas. Reis (2000) cita as principais, a saber: o combustível é renovável, reduzindo as emissões em relação aos combustíveis fósseis e não contribuindo para o efeito estufa; o aproveitamento pode ser feito utilizando-se recursos e tecnologia nacionais; a geração é descentralizada, minimizando custos de transmissão e distribuição; a promoção do aumento de emprego nas zonas rurais e também do desenvolvimento nacional. Silva e col. (2010) destacam ainda que o bagaço gerado e não aproveitado forma pilhas que abarrotam os pátios das usinas, fermentam com rapidez e adquirem características inflamáveis, significando um problema ambiental para as usinas.

A cogeração de EE pelas indústrias, portanto, torna-se uma alternativa viável, não apenas por seu potencial energético, mas também devido a questões ambientais e até mesmo de manuten-

ção de empregos, conforme Alves (2006). Ainda segundo o autor, a energia gerada por cogeração permite um aproveitamento de 15% da energia total do bagaço. Essa energia pode ser aproveitada por meio da geração de vapor, que pode ser utilizado como fonte de energia térmica no processo produtivo e como fonte de energia mecânica, que ao passar pelos geradores transforma-se em EE.

No ano de 2009, 13% da energia consumida no Brasil já foi gerada a partir da queima do bagaço, devido em parte ao aumento crescente da produção de cana de açúcar. Segundo o Departamento da Cana de Açúcar e Agroenergia (DCAA) da Secretaria de Produção e Agroenergia do MAPA, a produção brasileira de cana, açúcar e etanol ultrapassou os seiscentos milhões de toneladas, acumulados em 01/02/2011. Além de ser baseada nos critérios de sustentabilidade, a cogeração torna as empresas mais competitivas, pois supre sua necessidade energética e permite a venda do excedente para empresas de distribuição de energia (MAPA, 2011b).

Por outro lado, em estudo recente, realizado por meio de simulações, Nascimento e col. (2011) concluem que a instalação de sistemas de cogeração em uma usina requer altos investimentos e necessita de um longo período de tempo para apresentar resultado financeiro positivo.

Nesse contexto, justifica-se a preocupação das grandes consumidoras de energia em realizar estudos para projetar ou modernizar seus sistemas de cogeração, com a finalidade de se tornarem autossuficientes na questão energética, minimizando a dependência de fornecedores de EE. Riscos de racionamento e de variações de preços da EE também poderão ser mitigados.

O objetivo deste trabalho é propor a modernização do sistema de cogeração de uma empresa específica e comprovar por meio de análises técnica, econômica e financeira as vantagens dessa implementação.

2 Métodos

2.1 Contextualização da empresa

A empresa *Enterprise* (nome fictício), do ramo alimentício, setor que movimentou, em 2009, aproximadamente 6 bilhões de dólares, entre o mercado interno e o de exportações, é uma grande consumidora de energia elétrica e de térmica, utilizadas no processo produtivo. Na situação atual, o bagaço de cana de açúcar é o combustível de uma caldeira que gera vapor, utilizado, parte diretamente, como energia térmica no processo produtivo e, parte, no acionamento de uma antiga turbina Mega 600 de contra pressão que gera 1,4 MW.

A empresa tem uma demanda de EE de 2,6 MW e de 15 toneladas de vapor hora (tvh) como vapor de processo para alimentar a linha de produção. Na condição atual, são gerados 39 tvh a 42 kgf/cm². Parte desse vapor, 24 tvh, é empregada diretamente nessa pressão para alimentar o sistema turbina/gerador, e, após a passagem pela turbina, a pressão das 24 tvh cai a 1,5 kgf/cm², podendo esse vapor ser utilizado em outros processos. O restante do vapor (15 tvh) é expandido da pressão de 42 kgf/cm² até 13 kgf/cm², por meio de uma válvula de expansão, sendo utilizado como vapor de processo na linha de produção. A Figura 1 mostra o esquema da produção de energia na condição atual.

A EE gerada em tais condições é insuficiente para atender a demanda total de 2,6 MW necessária nessa unidade da empresa *Enterprise*. A EE complementar (1,2 MW) é adquirida da concessionária local, aumentando os custos operacionais. Devido à abundância e ao baixo custo do bagaço de cana de açúcar no mercado local, a proposta é manter o sistema, baseado na queima direta do bagaço, com a substituição do equipamento gerador atual por um mais eficiente, nesse caso, uma turbina a vapor modelo

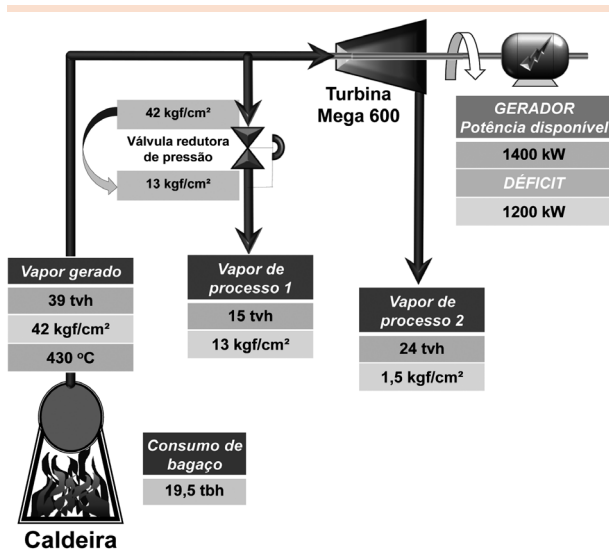


Figura 1: Esquema da produção de energia na condição atual

TME 5000, marca TGM, de multiestágios, de contra pressão com extração, para acionamento de gerador de 5,0 MW existente.

2.2 Estudo de caso

Martins e Pinto (2001, p. 36) definem estudo de caso como “[...] uma técnica de pesquisa cujo objetivo é o estudo de uma unidade que se analisa profunda e intensamente, dentro do seu contexto real [...]”.

O estudo de caso realizado foi voltado ao re-dimensionamento do sistema de cogeração de energia em uma das unidades da empresa *Enterprise*. Para tal, foram analisadas as condições técnicas, econômicas e financeiras, a fim de fornecer subsídios para a escolha do melhor investimento.

Na primeira etapa desse estudo, foi realizada uma análise preliminar do sistema de cogeração, esquematizado na Figura 1. Concluiu-se que a substituição do sistema turbina/gerador seria suficiente para aumentar a geração de EE aos níveis necessários para suprir a demanda dessa unidade e ainda permitir um excedente de tal energia.

Na segunda etapa, foram estudados os balanços térmicos da situação atual e de duas alternativas possíveis para gestão da cogeração com a

substituição do sistema turbina/gerador. A alternativa 1 consiste na geração de EE na demanda exata (2,6 MWh) da necessidade da empresa. Na alternativa 2, foi considerado que o novo sistema turbina/gerador será utilizado em sua capacidade máxima de 5,0 MWh, disponibilizando 2,4 MWh como excedente de EE que poderá ser comercializado. Os balanços térmicos nas três situações estudadas foram comparados.

A Figura 2 mostra o esquema da produção de energia para as alternativas 1 e 2.

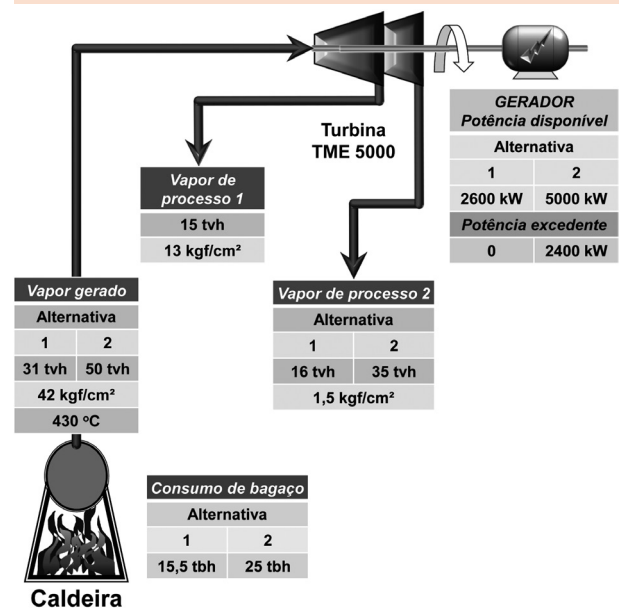


Figura 2: Esquema da produção de energia para as alternativas 1 e 2

Finalmente, foi realizado um estudo financeiro. Gitman (1997) explica que as técnicas de análise para avaliação de investimentos a serem realizados são utilizadas pelos empreendedores para seleção de projetos que irão aumentar a riqueza de seus proprietários.

Neste trabalho, a análise financeira foi realizada por meio de técnicas tradicionais de avaliação de investimentos, oriundas da matemática financeira, com um fluxo de caixa num período de 20 anos, em que foram calculadas as figuras de mérito do Período de *Payback* Simples, da Taxa

Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL), consideradas como abordagens tradicionais para avaliação de investimentos.

3 Resultados e discussões

A empresa *Enterprise* opera em regime de safra e entressafra. A entressafra corresponde a três meses do ano, quando não há produção. O período de safra é dividido em duas partes quanto à produção. Durante seis meses a empresa opera 29 dias por mês, 24 horas por dia, e nos três meses restantes a operação é de 25 dias mensais, também em regime de 24 horas diárias. Isso perfaz um total de horas de operação anual de 5.976 horas.

3.1 Balanços térmicos

Ao se analisar os balanços térmicos de um sistema de cogeração, pode-se comparar a despesa anual total com energia com a receita operacional, que é a receita gerada com energia, seja ela térmica ou elétrica.

No caso estudado, a despesa anual é calculada somando-se os custos de compra de EE e de bagaço de cana de açúcar, este último valorizado em R\$ 40,00 por tonelada. A adoção desse valor foi baseada na definição do custo de oportunidade, que é o menor preço de mercado, a vista, de um produto alternativo num dado momento, para o usuário/cliente em condições equivalentes. Segundo informações da empresa, na safra 2009/2010, na região Centro-Sul, algumas usinas do setor sucroalcooleiro comercializaram o excedente de bagaço de cana de açúcar com algumas empresas que necessitam dele para ser utilizado como combustível, até um valor de R\$ 40,00/tonelada (com 50% de umidade).

Já a receita operacional vem do vapor produzido na caldeira pela queima do bagaço de cana e da EE produzida pelo sistema turbina/gerador. A

receita gerada pelo vapor produzido, que é utilizado no processo, será considerada como igual ao valor despendido na compra do bagaço de cana. Para o cálculo da receita advinda da EE gerada, será adotado o valor de R\$ 120,00 por MWh (valor médio de venda do MW no mercado). A diferença entre a despesa total com energia e a receita operacional é chamada de saldo operacional.

A comparação entre os saldos operacionais da situação atual e das alternativas 1 e 2 fornece informações sobre o melhor investimento.

O balanço térmico da condição atual foi realizado com base nos dados efetivos do ano de 2009, informados pela empresa.

O consumo total de bagaço de cana nesse ano foi 80.991 toneladas (t), a um custo de R\$ 40,00 a tonelada, perfazendo um total efetivo de R\$ 3.239.640,00 com a compra de bagaço de cana. O déficit de 1,2 MW foi adquirido da concessionária local de EE a um custo de R\$ 2.186.259,92. A soma desses dois itens representa a despesa total anual com energia, que foi R\$ 5.425.899,92.

A receita operacional é a soma entre o valor efetivo gasto na compra do bagaço, R\$ 3.239.640,00, e o produto entre a potência gerada de 1,4 MW, o total de horas de operação anual de 5.976 horas e o valor adotado de R\$ 120,00 por MW, ou seja, R\$ 1.003.968,00, que é a receita gerada pela produção de EE. A receita operacional total será então de R\$ 4.243.608,00.

O saldo operacional nas condições atuais é, portanto, -R\$ 1.182.290,92, resultante da diferença entre a despesa anual com energia e a receita operacional.

Para efetuar as análises das alternativas 1 e 2, serão utilizados os valores técnicos da turbina, informados pelo fabricante e apresentados na Tabela 1.

A análise da alternativa 1, que será para uma potência instalada de 2,6 MW, se inicia pelo cálculo do consumo de bagaço. Para isso, a



empresa informou que sua caldeira tem um rendimento igual a 2 quilos de vapor por quilo de bagaço queimado (kgv/kgb). Portanto, para gerar as 31 t/h de vazão de vapor de entrada (Tabela 1) é necessária a queima de 15,5 toneladas de bagaço hora (tbh), ao custo de R\$ 40,00/t. No regime de trabalho de 5.976 h/ano, o custo total do bagaço é R\$ 3.705.120,00.

Tabela 1: Características técnicas de operação da turbina para as alternativas de operação 1 e 2

Característica: turbina a vapor multiestágios, de contra pressão com extração de vapor para acionamento de gerador.	Modelo TME 5000		Unidades
	1	2	
Alternativa de operação	1	2	
Potência nos bornes do gerador	2.600	5.000	kW
Pressão de vapor de entrada	42	42	kgf/cm ² (g)
Temperatura de vapor de entrada	430	430	°C
Vazão de vapor de entrada	31	50	t/h
Pressão de vapor na extração	13	13	kgf/cm ² (g)
Vazão de vapor na extração	15	15	t/h
Pressão de vapor na saída	1,5	1,5	kgf/cm ² (g)
Vazão de vapor na saída	16	35	t/h
Rotação da turbina	6.500	6.500	rpm
Rotação da máquina acionada	1.800	1.800	rpm
Tolerância	3		%

Eficiências adotadas:

Gerador: 95,5 % - Redutor: 98,0 % **(Alternativa 1);**

Gerador: 96,4 % - Redutor: 98,5 % **(Alternativa 2)**

Fonte: TGM Turbinas (2010).

O gasto anual total com energia deve levar em conta, além do custo total do bagaço, o fato de que a empresa, mesmo produzindo toda a energia necessária a operação, deve manter um contrato com a concessionária de energia local para uma demanda e consumo eventual; pois no período de entressafra ocorrem paradas programadas para manutenção dos equipamentos de geração de energia. No caso dessa unidade da *Enterprise*, a demanda mínima necessária é de 1000 kW a um custo de R\$ 45,92/kW na categoria de consumidor A4 (segundo tabela de tarifas

da concessionária, vigente até 26/08/2011). Em 12 meses, o custo será de R\$ 551.040,00. A estimativa do consumo de EE foi baseada no valor efetivo de R\$ 333.413,90, informado pela empresa como gasto nos três meses de entressafra em 2009, totalizando, dessa forma, o custo de demanda e consumo de EE estimado de R\$ 884.453,90. Assim, a despesa anual total com energia é R\$ 4.589.573,90.

No cálculo da receita operacional temos que o valor do vapor total de processo é igual ao custo com bagaço de cana, ou seja, R\$ 3.705.120,00 e o valor da EE gerada, será o produto entre R\$ 120,00/MWh, a potência gerada de 2,6 MW e o regime de trabalho anual de 5.976 horas, que resulta em R\$ 1.864.512,00. A soma desses dois valores resulta na receita operacional de R\$ 5.569.632,00. O saldo operacional para a alternativa 1 é de R\$ 980.058,10, resultante entre a despesa anual com energia e a receita operacional.

A análise da alternativa 2, que será para geração no total da potência instalada de 5,0 MW, analogamente a alternativa 1, calcula-se o consumo de bagaço, utilizando o valor 50 t/h, informado na Tabela 1 e divide-se o resultado pelo rendimento da caldeira (2 kgv/kgb), obtendo-se 25 tbh, que é multiplicado ao custo de R\$ 40,00/t e considerando-se o regime de trabalho de 5.976 h/ano, resulta em um custo total do bagaço de R\$ 5.976.000,00. Como custo com EE será adotado o mesmo cálculo já descrito na alternativa 1, que resultou no custo de demanda e consumo de EE estimado em R\$ 884.453,90. Assim, a despesa anual total com energia é de R\$ 6.860.453,90.

No cálculo da receita operacional, temos que o valor do vapor total de processo é igual ao custo com bagaço de cana, ou seja, R\$ 5.976.000,00 e os valores da EE gerada, que se divide em 2,6 MW para consumo próprio e 2,4 MW para venda. Serão os produtos desses com o valor de R\$ 120,00 e o regime de trabalho anual de 5.976 horas que resultam em R\$ 1.864.512,00 e

Tabela 2: Resumo dos balanços energéticos anuais da situação atual e das alternativas 1 e 2

Regime de trabalho anual		Cond. atual	Alternativa 1	Alternativa 2	horas
		5.976	5.976	5.976	
Consumo de bagaço de cana	Efetivo	80.991,00	-----	-----	t
	Projetado	-----	92.628,00	149.400,00	
Custo da tonelada do bagaço de cana		40	40	40	R\$
Custo com bagaço de cana para geração de vapor	Efetivo	3.239.640,00	-----	-----	R\$
	Projetado	-----	3.705.120,00	5.976.000,00	
EE gerada		1400	2600	5000	kW
Consumo próprio de EE		1400	2600	2600	kW
Demanda de EE		2600	2600	2600	kW
Saldo de EE		-1200	0	2400	kW
Valor medio de venda de EE		120,00	120,00	120,00	R\$
Demanda contratada + consumo	Efetivo	2.186.259,00	-----	-----	R\$
	Estimado (cont de seg.)	-----	884.453,90	884.453,90	
Custo total com energia		5.425.899,00	4.589.573,90	6.860.453,90	R\$
Receitas operacionais					
Vapor total (13 + 1,5 kgf/cm²) = Custo com bagaço de cana		3.239.640,00	3.705.120,00	5.976.000,00	R\$
EE gerada para consumo próprio		1.400	2.600	2.600	kW
EE excedente gerada para venda		0	0	2.400	kW
Total de energia EE		8.366,40	15.537,60	29.880,00	MWh
Valor medio de venda de EE		120,00	120,00	120,00	R\$
Valor da EE gerada para consumo próprio		1.003.968,00	1.864.512,00	1.864.512,00	R\$/ano
Valor da EE vendida		0,00	0,00	1.721.088,00	R\$/ano
Valor da EE gerada (Consumo próprio + excedente para venda)		1.003.968,00	1.864.512,00	3.585.600,00	R\$
Totais - Receitas operacionais		4.243.608,00	5.569.632,00	9.561.600,00	R\$
Saldo operacional		-1.182.291,00	980.058,10	2.701.146,10	R\$

R\$ 1.721.088,00 respectivamente. A soma desses três valores resulta na receita operacional de R\$ 9.561.600,00. O saldo operacional para a alternativa 2 é de R\$ 2.701.146,10, resultante entre a despesa anual com energia e a receita operacional. A Tabela 2 apresenta o resumo das análises dos balanços energéticos da situação atual e das alternativas 1 e 2.

Na situação atual, pode-se verificar que o custo efetivo com a compra de energia elétrica da concessionária local e com o combustível (bagaço de cana de açúcar) para a produção do vapor de processo e de 1,4 MW de EE são maiores que a receita operacional, tornando o saldo operacional negativo. Isso afeta negativamente o custo de produção, incorporando-se ao custo do produto.

As análises das alternativas 1 e 2, ao contrário da condição atual, mostram que em ambos os casos há um saldo operacional positivo. Assim, essas alternativas devem ser motivo de análise para futuras estratégias de mercado visando o crescimento da empresa.

Embora o saldo operacional da alternativa 2 seja superior ao da alternativa 1, deve ser levado em consideração que, apesar da empresa atualmente já possuir a *expertise* para compra de bagaço de cana de açúcar e para geração de energia elétrica de consumo próprio, será necessário desenvolver o aprendizado na comercialização de EE excedente com a concessionária local ou no mercado livre de EE (mercado *spot*), demandando investimentos extras em recursos humanos e



cujas particularidades (impostos, taxas, regulamentações de mercado, entre outros) não estão aqui discriminadas. Os custos inerentes a esse processo não foram, portanto, computados nos cálculos apresentados, devendo ser objeto de estudos futuros, em razão de sua complexidade.

3.2 Parâmetros financeiros

Para a execução da análise financeira, é necessária a utilização de alguns parâmetros de caráter financeiro, aqui descritos. A Tabela 3 mostra os custos de investimento específico em equipamentos de geração de energia.

Tabela 3: Investimento específico em equipamentos de geração de energia a partir de biomassa

Equipamentos	Custos - Alternativa 1	Custos - Alternativa 2
Caldeira (R\$)	existente	existente
Turbo redutor de contra pressão 5 MW – TME 5000 (R\$)	1.940.000,00	1.940.000,00
Instalações dos equipamentos – estimado (R\$)	400.000,00	400.000,00
O&M (operação e manutenção) – estimado (R\$)	400.000,00	400.000,00
Total (R\$)	2.740.000,00	2.740.000,00
Geração de EE (kW)	2600	5000
Investimento específico (R\$/kW instalado)	1.053,85	548,00

Para a implementação do sistema proposto neste estudo de caso, a empresa deverá recorrer a linhas de crédito disponíveis no mercado. O montante financiado, de acordo com as normas de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), são divididos em 80% pelo BNDES, num prazo de 12 anos, com 2 anos de carência; e em 20%, com capital próprio.

Os valores dos juros para captação ou remuneração do montante do capital próprio e a taxa de juros para a remuneração de recursos provenientes do fluxo de caixa de um projeto devem refletir a realidade de mercado de curto

prazo; e, diante desse cenário, o valor da taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia – SELIC (11,49 % ao ano, mês de referência, março de 2011) pode ser indicado como valor de referência em ambos os casos.

As taxas de desconto de recursos projetados para efeito de cálculo de Valores Presentes Líquidos (VPL) devem ser superiores às taxas de juros para remuneração de recursos de aplicação. Dessa forma, as taxas de mercado novamente se aplicam ao caso.

Embora o valor da energia tenha nos últimos anos superado o da correção de preços pelo Índice Geral de Preços (IGPM), em bases conservadoras, o IGPM pode ser indicado como valor de referência para correção dos preços de venda de energia e para reajustar outros custos de insumos necessários à continuidade do projeto. As taxas de juros utilizadas no estudo de caso são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4: Taxas de juros para as condições financeiras

Montante financiado	80,00%	
Juros financiamento BNDES	11,00%	a.a.
Montante capital próprio	20,00%	
Juros para remuneração do capital próprio SELIC	11,49%	a.a.
Juros para aplicação do saldo do fluxo de caixa SELIC	11,49%	a.a.
Período de amortização	12	anos
Período de carência	2	anos
Período de depreciação dos equipamentos	20	anos
Correção dos preços IGPM	6,00%	a.a.
Taxa de desconto	20,00%	a.a.

Os impostos para a comercialização e condições de financiamento de projetos de geração de energia são: Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Esses tributos incidem sobre o montante de energia faturado à distribuidora de

energia local. As porcentagens sobre o faturamento, atualmente são: PIS, 0,65%; COFINS, 7,60%, e CSLL, 1,00% que somam o montante de 10,65%.

3.3 Análise financeira

As decisões sobre a implementação de novos investimentos em empresas são fundamentadas em avaliações a respeito de seu desempenho operacional que evidenciará a sua viabilidade econômica ou não. Isso significa que o lucro operacional define, mais precisamente, os limites de remuneração das fontes de capital da empresa.

Diante do exposto, ressalta-se que nas decisões financeiras de investimentos, dois fatores devem ser considerados. O primeiro é o fator econômico, ou seja, aquele baseado na relação entre o retorno do investimento e o custo de captação. O segundo é o fator financeiro, identificado pela sincronização entre a capacidade de geração de caixa dos negócios e o fluxo de desembolsos exigidos pelos passivos.

Com os resultados obtidos em razão dos parâmetros adotados, pode-se calcular o valor da Taxa Interna de Retorno (TIR), do Valor Presente Líquido (VPL) e do *Payback* do empreendimento. Na Tabela 5, encontram-se os valores da TIR, do VPL e do *Payback* calculados para as alternativas 1 e 2 com um fluxo de caixa num período de 20 anos.

Paletta (2004) realizou estudo de caso semelhante em uma usina sucroalcooleira, obtendo *payback* de sete anos, e TIR, de 15,44%, resultados considerados pelo autor como satisfatórios para obtenção de financiamento. Os valores obtidos neste estudo para a empresa *Enterprise* são ainda mais

favoráveis. Os números apresentados na Tabela 5 mostram que tanto a alternativa 1 como a 2 são excelentes opções de investimento. Em ambos os casos, o tempo de *payback* é aceitável para um alto investimento. As TIRs calculadas são superiores ao custo do capital (11,49%) e os Valores Líquidos Presentes são positivos. Esses três parâmetros indicam a possibilidade de aprovação de um financiamento para a implementação do projeto.

A alternativa 2 apresenta resultados superiores do ponto de vista financeiro¹, devendo ser levadas em conta as considerações já feitas anteriormente sobre a venda do excedente de EE.

4 Considerações finais

Foram propostas e analisadas duas alternativas para a atualização do sistema de cogeração de uma das unidades da empresa *Enterprise* e comprovada a viabilidade técnica, econômica e financeira dessa implementação.

A análise técnica preliminar concluiu que a substituição do equipamento turbina/gerador é suficiente para tornar essa unidade da empresa autossuficiente quanto ao consumo de energia.

As análises técnica e econômica, feitas por meio de balanços térmicos das alternativas propostas, comprovaram que tal substituição transformará a situação atual de déficit energético em uma condição com ganhos reais, levando a uma sensível queda nos custos operacionais. As análises financeiras demonstraram que o empreendimento é viável para as duas propostas, visto que os resultados satisfazem as atuais condições de um

Tabela 5: Valores calculados da TIR, VPL e do *Payback*

Empresa <i>Enterprise</i>	Potência	Investimento	TIR	VPL	<i>Payback</i>
Tecnologia utilizada: Turbo gerador e caldeira com pressão 42 kgf/cm ² e temperatura de 430 °C	(MW)	(R\$)	(%)	(R\$)	(anos)
Alternativa 1	2,60	2.740.000	27,89	11.181.736,30	4,5
Alternativa 2	5,00	2.740.000	49,79	17.893.532,37	2,5



potencial financiamento. Nas análises realizadas, os melhores resultados foram obtidos para a alternativa 2, mas nessas avaliações não foram incluídos os investimentos necessários para a implementação de uma estrutura, hoje inexistente, que permita a comercialização do excedente de EE.

Finalmente, pode-se concluir que a implementação de qualquer das alternativas propostas, será benéfica para a empresa *Enterprise*, restando a seus gestores a decisão estratégica de adotar a que mais se adequar ao momento atual da empresa. Ressalta-se que, no caso da adoção da alternativa 1, a opção para geração de excedente de EE (alternativa 2), poderá ser implementada posterior e gradualmente.

Nota

- 1 Nos cálculos também não foram incluídos nem a receita proveniente da venda dos atuais equipamentos de geração de energia, nem a receita dos créditos de carbono, eventualmente obtidos pela venda da EE excedente a consumidores de eletricidade gerada por meio de combustíveis fósseis.

Referências

- ALVES, J. M. Paradigma técnico e co-geração de energia com bagaço de cana de açúcar em Goiás. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6, Campinas, 2006.
- BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. *Estud. av.*, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 139-153, abr. 2007.
- BRASIL. Decreto n.º 7404, de 23 de dezembro de 2010, Regulamenta a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, D.O.U., 23/12/2010 - Edição Extra 1.
- GITMAN, L. J. *Princípios da administração financeira*. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997.
- JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estud. av.*, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 126-143, abr. 1990.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/comunicacao/noticias/noticia-aberta?noticiaId=31403>>. Acesso em: 3 mar. 2011.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 03 mar. 2011.
- MARTINS, G.; PINTO, R. L. Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos. São Paulo: Atlas, 2001.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE); *Balço Energético Nacional 2010 (BEN 2010)*. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 07 fev. 2011.
- NASCIMENTO, D.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação energética do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria seropédica. *Revista Energia na Agricultura Botucatu*, Botucatu, v. 25, n. 3, p.104-117, 2010.
- NASCIMENTO, F. N.; OLIVEIRA NETO O. J.; FIGUEIREDO, R. S. Modelo de avaliação da viabilidade econômica da co-geração de energia no setor sucroalcooleiro utilizando bagaço de cana pela aplicação da metodologia system dynamics. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 7, n. 1 p.7, 2011.
- PALETTA, C. E. M. *As implicações dos aspectos legais, econômicos e financeiros na implementação de projetos de geração de energia a partir de biomassa no Brasil: um estudo de viabilidade*. 2004. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- PELLEGRINI, M. C. *Inserção de centrais cogeneradoras a bagaço de cana no parque energético do estado de São Paulo: exemplo de aplicação de metodologia para análise dos aspectos locais e de integração energética*, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- REIS, L. B. *Geração de energia elétrica*. São Paulo: Ágil Gráfica, 2000.
- SILVA, V. S.; GARCIA, C. A.; SILVA C. M. O. Destino do bagaço da cana-de-açúcar: um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 3, n. 1, p. 59-76, 2010.
- TGM Turbinas – Principais Tipos de Turbinas, 2010. Disponível em: <<http://www.tgmturbinas.com.br/>>. Acesso em: 10/05/2011.
- VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

Recebido em 21 jun. 2011 / aprovado em 28 ago. 2011

Para referenciar este texto

PINTO, M. A. O.; FERREIRA, M. L. Análises técnica, econômica e financeira da modernização de um sistema de cogeração: um estudo de caso. *Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 169-178, 2011.