

COGERAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE EXCEDENTES DE ELETRICIDADE EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Leonardo Cereja Rangel (ISECENSA)
leonardocereja@yahoo.com.br

Raphael da Silva Lopes (ISECENSA)
raphaellopes@censanet.com.br

Joana Rita Vieira (ISECENSA)
ferreirao@censanet.com.br



Este trabalho aborda a questão da geração de energia elétrica através do bagaço de cana-de-açúcar. Para tanto, a metodologia aplicada foi dividida em duas fases: uma revisão bibliográfica e um estudo de caso considerando uma usina de Camposs dos Goytacazes. O objetivo principal baseia-se em analisar a viabilidade econômica de se investir em uma central termoelétrica sucroalcooleira com vista à exportação e à comercialização de excedentes de energia para a Ampla, que é a concessionária local. Na análise de viabilidade econômica utilizou-se os indicadores TIR (Taxa Interna de Retorno), VPL (Valor Presente Líquido) e IBC (Índice Benefício Custo). Realizou-se também a análise de sensibilidade, na qual se alterou a variável valor pago para o Mwh e observou-se a mudança no VPL. Para complementar esses estudos foram apresentadas informações gerais e conhecimentos sobre os tópicos: setor sucroalcooleiro do Brasil e do estado do Rio de Janeiro, biomassa no sistema elétrico, cogeração de energia elétrica com o bagaço, vantagens da utilização do bagaço para gerar energia, entraves para a comercialização do excedente e índices de viabilidade econômica. Por fim, pode-se dizer que dependendo do cenário adotado o projeto se mostra viável ou não economicamente. E ainda, são feitas algumas recomendações para estudos futuros e complementares.

Palavras-chaves: Cogeração, Excedente de Eletricidade, Bagaço, Setor Sucroalcooleiro

1- Introdução

Um dos temas mais abordados hoje em dia é a questão ambiental, especificamente o aquecimento global. Sobre este fenômeno mundial, Lopes (2008, p. 135) afirma que “desde da metade do século XX, a sociedade global tem evidenciado, de forma mais acentuada, os reflexos das mudanças climáticas em todas as partes do planeta”. O (IPCC, 1991; *apud* Lopes, 2008) salienta que as emissões através de atividades humanas estão aumentando as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global.

Um dos grandes vilões é o CO₂ (gás carbônico ou dióxido de carbono), que, dentre outras fontes, é originário da geração de energia elétrica, produzida com combustíveis fósseis (MAYER *et al*, 2007). Com isso, é necessário buscar fontes renováveis e limpas, que representam uma ótima maneira para minimizar tais impactos ambientais.

Nesse aspecto, o Brasil é um país com grande capacidade de fontes renováveis, com a devida atenção à biomassa (CHOHFI *et al*, 2004).

Segundo Pellegrini (2002), o uso da biomassa sucroalcooleira pode se caracterizar como um apoio à oferta de eletricidade para a matriz energética brasileira, não só em períodos conturbados com crises de energia, mas também em períodos estáveis de oferecimento de energia elétrica.

A cogeração de eletricidade com bagaço, além de representar uma prática que contribui para redução de emissões de gases de efeito estufa, ela possibilita, principalmente na Região Centro-Sul do país, compensar, durante o período de safra, o baixo nível dos reservatórios de água das hidroelétricas (CLEMENTE, 2003).

Para isto, este trabalho tem como objetivo principal analisar se é viável economicamente investir em cogeração de energia elétrica excedente com bagaço de cana-de-açúcar para comercialização em uma unidade sucroalcooleira na cidade de Campos dos Goytacazes, situada no estado do Rio de Janeiro. A justificativa para este trabalho reside em gerar conhecimento sobre a viabilidade econômica para poder ser utilizado como uma ferramenta para tomada de decisão no contexto e peculiaridades da região; e sabendo da alta competitividade existente na indústria de álcool e açúcar, a possibilidade da geração de energia elétrica para se vender, representa uma fonte adicional de receita e uma estratégia de diversificação da produção (BACCARIN; CASTILHO, 2002; CLEMENTE, 2003), proporcionando vantagem competitiva para a organização.

O artigo organiza-se em seis seções, contando esta introdução. A segunda seção aborda a metodologia utilizada para estruturar o presente trabalho. A terceira seção mostra particularidades do setor sucroalcooleiro, vantagens e obstáculos da utilização do bagaço da cana-de-açúcar para gerar energia elétrica para comercialização, participação do bagaço na matriz energética e indicadores de viabilidade econômica. O estudo de caso utilizado em uma usina de açúcar e álcool é o objetivo da quarta seção. A penúltima etapa apresenta os resultados e, por fim, na sexta seção tem-se a conclusão e recomendações para trabalhos futuros.

2- Metodologia

O método adotado neste trabalho foi dividido em duas fases, uma se refere à pesquisa bibliográfica e a outra se refere ao estudo de caso em uma unidade sucroalcooleira da cidade de Campos dos Goytacazes.

A pesquisa bibliográfica foi utilizada, com caráter exploratório (Gil, 1999), para buscar dentro do acervo literário, informações, conceitos e definições sobre assuntos relacionados à eletricidade, ao setor sucroalcooleiro e à engenharia econômica. Como por exemplo, o setor de açúcar e álcool do Brasil e do estado do Rio de Janeiro, cogeração de eletricidade com o bagaço, vantagens de gerar energia com o bagaço, entraves para a comercialização de excedentes de energia, a participação do bagaço na matriz energética nacional e indicadores de viabilidade econômica.

Com a finalidade de verificar a viabilidade econômica de cogerar e comercializar excedentes de energia elétrica optou-se por estudar o cenário do referido setor na cidade de Campos dos Goytacazes, especificamente em uma unidade sucroalcooleira local como estudo de caso. Para a coleta de dados foram realizadas visitas, onde foram aplicados questionários semi-estruturados com representantes da usina. Nestes questionários foram solicitadas informações da situação atual e da pretensão futura da área industrial e agrícola da usina.

Também através de um questionário semi-estruturado, foi solicitada a ajuda de um representante de uma empresa de projetos de cogeração para usinas, com o intuito de identificar a quantidade possível de energia a ser comercializada, o investimento inicial do projeto, os custos envolvidos e mais alguns itens necessários ao projeto de cogeração.

Os indicadores de viabilidade econômica utilizados foram, VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e IBC (Índice Benefício – Custo). Realizou-se ainda, uma análise de sensibilidade, para avaliar a dimensão risco do projeto.

3- Revisão da literatura

3.1- Setor sucroalcooleiro do Brasil

A cana-de-açúcar ocupa cerca de sete milhões de hectares o que equivale a cerca de 2% de toda a terra arável do País. As regiões que o Brasil possui canaviais são Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste, com isso existem duas safras por ano. Por possuir essa ampla área de cultivo o Brasil produz açúcar e etanol durante todo o ano e atende tanto ao mercado interno quanto ao mercado externo (União da Indústria de Cana-de-Açúcar, 2008).

Segundo Procana (2008), o setor sucroalcooleiro do Brasil na safra de 2006/2007 era formado de 344 Usinas e Destilarias. Produziu aproximadamente 420 milhões de toneladas de cana; movimentou R\$ 41 bilhões, representando 3,65 % do PIB; gerou quatro milhões de empregos diretos e indiretos e envolveu 72.000 agricultores.

3.2- Setor sucroalcooleiro do Estado do Rio de Janeiro

Segundo Veiga; Vieira; Morgado (2006) a cana-de-açúcar é a cultura de maior importância econômica e a mais antiga no Estado do Rio de Janeiro. Entre os produtos agrícolas cultivados no estado, a cana é a que representa maior área de colheita e maior valor de produção.

Ainda de acordo com Veiga; Vieira; Morgado (2006), o município de Campos dos Goytacazes responde por 58% do total da área colhida de cana-de-açúcar na região Norte Fluminense. Em ordem decrescente de importância, têm-se os municípios: São Francisco do Itabapoana, Quissamã, Carapebús, Cardoso Moreira, São João da Barra e São Fidelis. De acordo com o estudo destes autores, durante o período de 1970 à 2005 muitas unidades industriais terminaram suas atividades. Para se ter uma idéia, no ano de 1970, no Estado do Rio de Janeiro havia vinte e três usinas e no ano de 2005 o número de indústrias em funcionamento diminuiu para oito empresas. Vários motivos contribuíram para esta situação,

entre eles: os resultados operacionais, a queda dos preços do açúcar e o sistema administrativo e gerencial das usinas e suas organizações adotados na época.

Na safra de 2008/2009 só estiveram em operação as usinas Barcelos, Paraíso, Pureza, Santa Cruz, Coagro, Sapucaia e a unidade que entrou em operação depois de 1970, a destilaria Agrisa situada em Cabo Frio e que realizou sua primeira safra em 1978. Há a perspectiva que em breve comece a funcionar uma nova usina, a Cana Brava, situada entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana. Esta tem a intenção de comercializar excedentes de energia elétrica.

3.3- Cogeração

Segundo Coelho (1999 p. 36), “cogeração é a geração simultânea de energia térmica e mecânica, a partir de uma mesma fonte primária de energia”.

No Brasil, a cogeração sempre foi explorada pelo setor industrial, mas somente com o intuito da auto-suficiência. Geralmente os setores que empregam tipicamente a tecnologia de cogeração são o sucroalcooleiro, o de celulose e papel, o de refino de petróleo e o siderúrgico (OLIVEIRA, 2007).

Caso a produção de energia elétrica seja superior às necessidades do cogrador, existe a possibilidade de se comercializar a energia excedente gerada (CLEMENTE, 2003).

Coelho (1999) diz que o processo de cogeração é uma forma racional de utilização de energia, por se tratar de uma produção combinada. Isso eleva o rendimento do processo de geração, ocorrendo um melhor aproveitamento do conteúdo energético do combustível básico.

A produção elétrica nas usinas de açúcar e álcool a partir do bagaço é praticamente tradicional no mundo há muitos anos. No Brasil, a cogeração nas usinas de açúcar e álcool é também uma prática tradicional, porém, a produção de excedentes de energia elétrica cogorada só tem sido objeto de interesse nos últimos anos (PRIETO 2003, p. 38).

Quanto ao bagaço, Oliveira (2007) comenta que ele é originado na etapa de moagem da cana com o intuito de extrair o caldo. O mesmo é usado tradicionalmente como combustível nas usinas e destilarias de todo o setor. E que o seu transporte das moendas até os alimentadores de bagaço das caldeiras para ser queimado é feito em esteiras.

O processo de geração de energia elétrica em uma central termelétrica, do tipo existente no setor sucroalcooleiro, se baseia na transformação de energia térmica em energia mecânica e, desta em energia elétrica. Para produzir a energia térmica (vapor) é preciso queimar a biomassa (bagaço de cana). Tal combustível, depois que é incinerado, faz com que a água contida na caldeira seja transformada em vapor, que em alta pressão é transportado para uma turbina. No momento que a pressão baixa na turbina, o vapor tende a se expandir (descompressão de vapor), resultando no acionamento mecânico de um gerador elétrico acoplado ao eixo da turbina. Com isso, é produzida a energia elétrica (Souza, 2003).

No ramo sucroalcooleiro, vê-se que o tipo de tecnologia amplamente empregado é o ciclo a vapor. Este ciclo baseado em caldeira mais turbina a vapor é conhecido como ciclo Rankine, que se caracteriza como tecnologia madura. É conhecido também como ciclo convencional a vapor.

Quanto a esta tecnologia referida COELHO; PALETTA; VASCONCELOS (2000, *apud* Souza 2003, p. 107) revelam que:

o principal ciclo térmico para geração de eletricidade no setor sucroalcooleiro tem sido o ciclo Rankine, no qual se utiliza o calor originário da queima de combustíveis para geração de vapor na caldeira ou gerador de vapor. Essa energia térmica (o vapor) pode ser utilizada para aquecimento, processos industriais e para a geração de eletricidade (nesse caso, acionando uma turbina a vapor acoplada a um gerador elétrico).

3.4- Vantagens da utilização do bagaço para gerar energia elétrica

O bagaço de cana-de-açúcar gera vários benefícios quando é utilizado para cogeração de energia elétrica. Exemplificando este fato, Oliveira (2007) afirma que os investimentos para cogeração de energia são, na maioria das vezes, mais econômicos que os investimentos exigidos para produzir eletricidade através de fonte hidráulica.

A respeito da proximidade das usinas de açúcar e álcool dos locais de consumo de energia elétrica, como mais uma vantagem de se utilizar a biomassa sucroalcooleira, Palleta (2004 a, p. 30) dá sua opinião:

O uso racional das biomassas (bagaço e palha) constitui uma típica solução de geração distribuída. Os locais das usinas de açúcar e álcool são pulverizados e próximos de centros de consumo elétrico, com capacidade para produzir de 20 a 200 MW cada uma, conforme a região, as características de produção e a tecnologia industrial.

Ademais, a cogeração de eletricidade pela biomassa ao substituir o uso de combustíveis fósseis por combustível renovável (bagaço), proporciona benefícios ambientais, pois contribui para a redução da emissão de poluentes. (COELHO, 1999; OLIVEIRA, 2007).

Como mais uma possibilidade de ganhos financeiros, a energia excedente cogorada, se comercializada pelas usinas, pode se enquadrar como projeto característico de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Sobre isto, Oliveira (2007, p. 43) informa que “a característica renovável da energia co-gerada por bagaço tende a facilitar a execução de projetos sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto e gerar RCE para empresas do setor sucroalcooleiro”. Redução Certificada de Emissão é uma forma de pagamento pela quantidade evitada de emissão de gás carbônico.

3.5- A biomassa no sistema elétrico

Segundo os registros da ANEEL em novembro de 2008, havia 311 empreendimentos em operação no Brasil, tendo uma capacidade de geração de aproximadamente 4.616.750 kW, utilizando o bagaço de cana, o licor negro, a madeira, o biogás e a casca de arroz como combustível.

Entre os combustíveis utilizados nas termelétricas à biomassa, o bagaço é responsável por grande parte dessa capacidade, gerando cerca de 3.430.418 kW, correspondendo por 74,3% da potência instalada dos empreendimentos que utilizam biomassa como combustível.

3.6- Entraves e obstáculos para a comercialização de eletricidade

Uma das barreiras para a comercialização de excedentes de energia elétrica do setor sucroalcooleiro trata-se da questão tecnológica. Esta se refere ao fato de que a maior parte das usinas brasileiras utiliza caldeiras de média pressão (22 bar, 300 °C), apesar do fato de serem disponíveis comercialmente equipamentos mais eficientes (COELHO, 1999; SOUZA, 2003).

Além disso, quanto aos custos de transporte da eletricidade, Souza (2003) afirma que os custos com implantação (reforço), operação e manutenção das linhas de conexão com a rede

pública e os respectivos encargos são de responsabilidade dos geradores, que neste caso são as usinas de açúcar e álcool.

Em relação à cultura do setor sucroalcooleiro, Coelho (1999) afirma que este setor apresenta uma postura conservadora, que encara com reservas, investimentos em cogeração. Verifica-se então de acordo com o mesmo autor (p. 78) “salvo algumas exceções, a maioria das usinas considera que o seu objetivo não é vender excedentes de eletricidade e, portanto, não demonstra interesse nos investimentos para tal”.

Somado a isto, Souza; Azevedo (2006, p. 195) em sua pesquisa concluem que:

Os estudos de caso sugerem que há entraves à estratégia de venda de excedentes, entre os quais destacam-se: a) a volatilidade no preço da energia elétrica; b) preço do MWh gerado pelo setor sucroalcooleiro ainda não incorpora externalidades positivas, fator diferenciador do produto; c) profusão de instituições e regulamentações que geram incertezas quanto ao cumprimento estrito do contrato de venda de energia elétrica; d) existência de usos alternativos para o bagaço e a palha e e) falta de liquidez no mercado de créditos de carbono. Em outras palavras, há custos diversos associados à venda de energia excedente.

Por fim, há a barreira ambiental. Sabe-se que segundo Brighenti (2003), na queima do bagaço para geração termoeleétrica, a principal decorrência ambiental é a questão da poluição atmosférica, devido às emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) e a emissão de particulados através da combustão do bagaço na caldeira.

A mesma autora continua afirmando em relação à Lei nº. 6938 de agosto de 1981 (p. 58) (Política Nacional do Meio Ambiente), “... a construção, instalação, ampliação e funcionamento de qualquer estabelecimento ou atividade geradora de poluição, ou que explore os recursos naturais, só pode ocorrer após a obtenção da licença ambiental”. E, para finalizar, menciona que para realizar este processo são necessárias três licenças: a Licença Prévia (LP), a Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO).

3.7- Indicadores de viabilidade econômica

Segundo Hirschfeld (2000, p. 105) “o Método do Valor Presente Líquido também chamado Método do Valor Atual Líquido, tem como finalidade determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado de uma série de receitas e dispêndios”.

Da mesma forma, Souza e Clemente (2004) afirmam que o Valor Presente Líquido (VPL) é a junção de todos os valores esperados do fluxo de caixa na data zero. Eles acrescentam que é a técnica de análise de investimento mais utilizada e ilustre. Segundo os mesmos autores, usa-se a Taxa de Mínima Atratividade (TMA) como taxa de desconto, que é (p. 74) “... a melhor taxa, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise”.

Quanto à Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna zero, o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa (SOUZA; CLEMENTE, 2004). Para a dimensão risco, os mesmos explicam que (p. 89-90):

Ora, sabendo-se que, dada uma TMA, o VPL representa o ganho (EVA) associado ao projeto de investimento, e que a TIR é a taxa que zera esse VPL, então ela pode ser interpretada como um limite superior para a variabilidade da TMA. Isso decorre do fato de o VPL (ganho) ir decrescendo à medida que a TMA se aproximada da TIR. Se a TMA for igual a TIR,

então o ganho do projeto será igual a zero. Se a TMA for maior do que a TIR, então a empresa estará em melhor situação não investindo no projeto. O risco do projeto aumenta segundo a proximidade dessas taxas.

Para o Índice Benefício-Custo (IBC), Souza; Clemente (2004, p. 81) afirmam que: “é uma medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido”. E que (p. 82): “genericamente, o IBC nada mais é do que uma razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo Esperado de Investimentos necessários para realizá-lo”.

4- Usina escolhida para o estudo de caso (estudo de caso)

A Usina X, localizada em Campos dos Goytacazes, moeu na Safra de 2008/09 aproximadamente 1.300.000 toneladas de cana-de-açúcar.

Seu parque industrial tem capacidade nominal para moer 400 toneladas de cana-de-açúcar por hora e possui nas suas instalações 4 caldeiras de média pressão (21 Kgr/cm²), produzindo 250 t/h de vapor, sendo 1 turbina de 50 t/h, 2 de 60 t/h e outra de 80 T/h.

Para suprir suas necessidade de energia elétrica ela possui 3 turbo geradores, somando 6100 Kva (4880 Kw), sendo um de 1500 Kva (1200 Kw), um de 2000 Kva (1600 Kw) e outro de 2600 Kva (2080 Kw).

Seus acionamentos são três turbinas a vapor com as potências correspondentes em Kw igual às dos geradores.

O consumo atual é de 9,5 kwh/t de cana. Para a situação futura, considerou-se o consumo de 36,65 kwh por tonelada de cana moída.

O consumo de kg de vapor por tonelada de cana processada é de 500 kg/ t de cana.

4.1- Investimento inicial necessário

Para que a usina em questão possa gerar e comercializar energia elétrica junto a concessionária local, que é a AMPLA, é necessário que se invista inicialmente nos itens listados no Quadro 1. O valor do investimento foi estimado em R\$ 92.000.000,00 (Noventa e Dois milhões de Reais).

Equipamentos e Itens	Custos
1 Caldeira (250 t/h, 69kg/cm ² , 590 °C)	
1 Turbina múltiplo estágio contra pressão 42 MW	
1 Gerador 42 MW	
Tubulação de Vapor	
Construção Civil e Engenharia	
Subestação	
Tratamento de Água para Caldeira 300 m ³ /h	
Equipamentos de Proteção, medição e paralelismo (para subestação)	
Instrumentação	
Motores Elétricos	
Entre outros itens	
Sub-Total	R\$ 90.000.000,00
Licença Ambiental	R\$ 1.000.000,00
Linha de Transmissão + / - 5 Km	R\$ 1.000.000,00
Total	R\$ 92.000.000,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 1: Investimentos Necessários

Os motores elétricos se referem à eletrificação da usina, no que diz respeito a troca das turbinas a vapor que são utilizadas atualmente na unidade industrial. O objetivo da troca destas turbinas por motores elétricos é tornar mais eficiente o processo produtivo, no que se refere ao consumo de energia.

4.2- Custos operacionais

Para se manter a nova Central Termelétrica da usina de açúcar e álcool será necessário despendere um valor de R\$ 900.000,00 (Novecentos Mil Reais) por ano, para custos operacionais, sendo que a maior parte desse valor ocorre no período da safra. Estes podem ser seguros envolvidos, custos com produtos químicos, custo com peças de reposição, gasto salarial com a mão-de-obra, entre outros.

4.3- Receita do projeto

4.3.1- Receita sobre a energia excedente

A receita com a energia excedente do projeto baseia-se na quantidade de energia elétrica cogenerada excedente que se pretende vender para a distribuidora local de energia elétrica durante o período de 180 dias (safra entre maio e novembro). Neste projeto está sendo considerado um volume possível de venda de 65.000 MW por safra. Este valor é obtido considerando-se a quantidade de energia excedente de 15,04 MW multiplicada por 4320 horas correspondente ao número de horas da safra da cana-de-açúcar. Considerando que a concessionária pagará R\$ 160,00 (Cento e Sessenta Reais) pelo MWh, de acordo com informação fornecida por um representante da usina, a receita será igual R\$ 160,00 / MWh multiplicado por 65.000 MW/safra. Ou seja, a receita anual será de R\$ 10.400.000,00 (Dez Milhões e Quatrocentos Mil Reais).

4.3.2- Receita de toda a energia gerada pela usina

Propõe-se que toda a energia gerada pela usina será remunerada no mesmo valor que será vendida de R\$ 160,00 (Cento e Sessenta Reais) o MWh. E considera-se que o consumo da usina será de 36,65 kWh por tonelada de cana moída, o consumo de Kg de vapor por tonelada de cana processada é de 500Kg/t de cana e capacidade de moagem de 1.500.000 de toneladas de cana/safra. Com isso a usina terá capacidade de gerar 151.200 MW de energia, valor obtido multiplicando a capacidade de 35 MW por 4320 horas, que corresponde pelo número de horas da safra da cana-de-açúcar. Sendo então sua receita será de R\$ 24.192.000,00 (Vinte e Quatro Milhões Cento e Noventa e Dois Mil Reais).

4.4- Horizonte de planejamento e valor residual

O horizonte de planejamento considerado para este estudo foi de 20 anos, período proposto pela usina para duração do projeto, e identificado na literatura pesquisada sobre o assunto, de acordo com a vida útil dos equipamentos.

O valor residual representa o quanto se pode obter no final da vida útil dos equipamentos. Na prática esse valor depende do estado de conservação e desempenho do equipamento, fator altamente subjetivo, o que torna aceitável, uma estimativa em 10% do investimento inicial (BARJA, 2006).

5- Resultados

A partir dos dados coletados junto à unidade industrial e também com um profissional especialista em projetos da área de geração de energia com o bagaço de cana, elaborou-se os

fluxos de caixas, considerando as variáveis: valor de investimento, custos operacionais, receita com a venda da eletricidade excedente e valor residual.

Admitindo que a usina remunere a energia consumida, rateando o custo da mesma pelos seus produtos tradicionais (açúcar e álcool) e que terá como receita a venda do restante (os excedentes), adotou-se o cenário 1, para revelar a viabilidade do projeto em questão. Este cenário, que considera toda a energia gerada remunerada está evidenciado no Quadro 2.

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo (R\$)
0	92.000.000,00	0,00	-92.000.000,00
1	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
2	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
3	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
4	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
...
17	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
18	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
19	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
20	900.000,00	33.392.000,00	32.492.000,00

TMA	12%
VPL	R\$ 82.932.015,14
TIR	25,06%
IBC	1,90

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 2: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário 1

Os fluxos de caixa apresentados nos Quadros 2, 3 e 4, mostram na primeira coluna, em anos, o horizonte de planejamento. Na segunda coluna, apresentam no momento zero, a saída referente ao valor do investimento do projeto, expresso em Reais, e nos demais períodos o custo operacional anual, também expresso em Reais, da Central Termelétrica. Na terceira coluna, evidenciam durante toda vida útil do projeto a receita gerada (R\$) com a venda de toda energia gerada. E por fim, na última coluna, mostram a diferença entre a terceira e a segunda coluna que corresponde ao fluxo de caixa líquido. Vale lembrar que no último período da terceira coluna, há o adicional referente ao valor residual do investimento.

O cenário 1, avaliado através dos indicadores de viabilidade econômica apresentou viabilidade econômica. O VPL apresentou valor positivo de R\$ 82.932.015,14, a TIR foi maior que a TMA do projeto e o IBC está retornando para cada real investido o valor de R\$ 1,90.

Como o objetivo geral do projeto é analisar a viabilidade econômica com a quantidade de excedente de energia elétrica a ser vendida, construiu-se o fluxo de caixa apresentado no Quadro 3. Neste, foi considerado o cenário 2, onde todo investimento e custo operacional, para o projeto em análise, que representam R\$ 92.000.000,00 de Reais e R\$ 900.000,00 por ano, respectivamente, será pago apenas com a venda da eletricidade excedente, que é aproximadamente 15 MW/h ou 65.000 MW/safra.

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo (R\$)
0	92.000.000,00	0,00	-92.000.000,00
1	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
2	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00

3	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
4	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
...
17	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
18	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
19	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
20	900.000,00	19.600.000,00	18.700.000,00

TMA	12%
VPL	-20.086.551,33
TIR	8,46%
IBC	0,78

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 3: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário 2

No cenário 2, verificou-se através dos indicadores de viabilidade econômica (VPL, TIR e IBC), que o projeto em questão não apresenta viabilidade econômica. Tal conclusão se deve ao fato de que o VPL apresentou valor negativo, que a TIR é menor que a TMA do projeto e que o IBC está retornando apenas R\$ 0,78 por unidade monetária do capital investido.

Uma questão central relacionada ao investimento em excedentes de eletricidade é a consideração de qual produto ou qual sistema será responsável em pagá-lo. Ou seja, caso a usina sucroalcooleira venha a aderir este tipo de projeto, a responsabilidade em custear o investimento inicial e o custo operacional ou será voltada apenas para o excedente de energia elétrica, ou será também voltada para os outros produtos como o álcool e o açúcar. Isso, porque adotando novas tecnologias (trocar os equipamentos antigos) e substituindo turbinas a vapor por motores elétricos (eletrificação da usina), toda a unidade agroindustrial será beneficiada, devido sua modernização e evolução tecnológica.

Sendo assim, assumiu-se como novo cenário para análise, o fato de que a usina como um todo se responsabilizará pelo investimento. Dessa forma, para comprovar a modificação no fluxo de caixa do Quadro 3, adotou-se o cenário 3, representado no Quadro 4, em que a eletricidade excedente pagará apenas, um percentual do investimento. Ou seja, os excedentes para comercialização (cerca de 15 MW) equivalem a, aproximadamente, 43% da energia total gerada pelo projeto que é de 35 MWh. Então, adotou-se esse percentual como critério de rateio para definir a parcela do investimento inicial e dos custos operacionais que será remunerada pela comercialização dos excedentes.

Ano	Saída (R\$)	Entrada (R\$)	Fluxo (R\$)
0	39.560.000,00	0,00	-39.560.000,00
1	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
2	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
3	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
4	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
...
17	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
18	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
19	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
20	387.000,00	14.356.000,00	13.969.000,00

TMA	12%
------------	-----

VPL	R\$ 35.641.644,73
TIR	25,05%
IBC	1,90

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 4: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário3

Na análise do cenário 3, observou-se, através dos indicadores de viabilidade econômica, que o projeto em questão apresenta viabilidade econômica. Isto porque o VPL apresentou o valor positivo de R\$ 35.641.644,73, a TIR é maior que a TMA do projeto e o IBC está retornando para cada real investido o valor de R\$ 1,90.

Na elaboração da análise de sensibilidade admitiu-se uma redução do valor pago pelo MWh de energia gerada. Nessa condição o projeto passa a se tornar inviável economicamente quando o valor do MWh atinge R\$ 86,00. Esta análise de sensibilidade foi aplicada em relação ao cenário 3 e os resultados podem ser observados no Quadro 5.

Valor do MW (R\$)	VPL (R\$)
160,00	35.641.644,73
150,00	30.786.506,38
140,00	25.931.368,02
130,00	21.076.229,67
120,00	16.221.091,31
110,00	11.365.952,95
100,00	6.510.814,60
90,00	1.655.676,24
87,00	199.134,74
86,00	- 286.379,10
85,00	- 771.892,94

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 5: Variação do valor do MWh correspondente a alteração do VPL

Com relação à referida análise de sensibilidade, pode-se concluir para o cenário 3, que o projeto para se tornar inviável economicamente necessita que o valor do MWh tenha uma redução da ordem de aproximadamente 46% em relação ao valor de R\$160,00, adotado no projeto como referência para comercialização do excedente de energia.

6- Considerações finais

Em suma, pode-se afirmar que, com este artigo foi possível agregar, de forma abrangente e breve, informações e conhecimentos sobre o setor de açúcar e álcool do Brasil e do estado do Rio de Janeiro, sobre a cogeração de energia elétrica com o bagaço de cana, algumas vantagens e alguns entraves de comercialização de excedentes de energia com tal combustível e a participação do mesmo na matriz energética nacional.

Quanto ao objetivo principal, é correto afirmar que dependendo do cenário adotado, houve ou não a viabilidade econômica para o projeto de cogeração com vistas a comercializar os excedentes de eletricidade da usina em estudo da cidade de Campos dos Goytacazes.

Quanto ao cenário 1, o projeto se mostrou viável economicamente. O projeto do cenário 2 porém não é economicamente viável. E o projeto representado no cenário 3 revelou viabilidade econômica. Pela análise de sensibilidade foi comprovado que, para o cenário 3, o projeto deixa de ser viável economicamente quando o valor do MWh for menor do que R\$ 87,00 reais.

Mesmo com o resultado positivo de alguns cenários em relação à viabilidade econômica, sabe-se que o setor sucroalcooleiro em nível nacional e regional passa atualmente, por momento de crise financeira. Nesse contexto, a unidade de açúcar e álcool, utilizada como estudo de caso, pode não apresentar viabilidade financeira para adotar o projeto em questão.

Como sugestão para trabalhos futuros e complementares, recomenda-se utilizar e avaliar outras tecnologias no processo de cogeração e como hipótese, a redução do consumo de vapor na planta industrial, com o intuito de otimizar a geração de energia elétrica e conseqüentemente, a quantidade de energia elétrica excedente para ser comercializada junto a concessionária local. Aconselha-se também em pesquisar a viabilidade econômica em investir em uma empresa sucoalcooleira para participar do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto e assim ter mais uma receita com a venda de Reduções Certificadas de Emissão (RCE). Sendo assim, ela irá fazer parte do mercado de créditos de carbono.

Referências

BACCARIN, J. G.; CASTILHO, R. C. A Geração de Energia como Opção de Diversificação Produtiva da Agroindústria Canavieira. In: AGRENER 2002 - 4o. Encontro de Energia no Meio Rural, 2002, Campinas (SP). Anais do AGRENER 2002, 2002.

BARJA, G. J. A. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 2006. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração – BIG. Disponível em <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacida debrasil/capacidadeBrasil.asp](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacida%20debrasil/capacidadeBrasil.asp)>. Acesso em 15, nov, 2008.

BRIGHENTI, C. R. F. Integração do cogador de energia do setor sucroalcooleiro com o sistema elétrico. 2003. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CHOHFI, F. M.; DUPAS, F. A.; LORA, E. E. S. Balanço, Análise de Emissão e Seqüestro de CO₂ NA Geração de Eletricidade Excedente no Setor Sucro-alcooleiro. 2004. Disponível em <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2004/Fscommand/PDF/Agrener/Trabalho%20112.pdf>>. Acesso em 01, jun, 2008.

CLEMENTE, L. Avaliação dos Resultados Financeiros e Riscos Associados de uma Típica Usina de Cogeração Sucro-Alcooleira. 2003. Monografia (Curso de Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Planejamento, Operação e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica, Setor de Tecnologia - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

COELHO, S. T. Mecanismos para Implementação da Cogeração de Eletricidade a partir de Biomassa. Um Modelo para o Estado de São Paulo. 1999. Tese (Doutorado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 1999.

HIRSCHFELD, H. Engenharia Econômica e Análise de Custos. São Paulo: Atlas, 2000.

LOPES, J. C. J. Mudanças climáticas e suas conseqüências socioeconômicas. RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 1, p. 127-146, 2008.

MAYER, F. D. ; CREMONESE, G. ; HOFFMANN, R. ; SERAFINI, S. . Micro central termoeétrica com biomassa residual em uma indústria de arroz - viabilidade econômica pra pequena escala. In: XIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2007, Bauru. ANAIS XIV SIMPEP, 2007.

OLIVEIRA, J. G. Perspectivas para a cogeração com bagaço de cana-de-açúcar: potencial do mercado de carbono para o setor sucro-alcooleiro paulista. 2007. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

PALETTA, C. E. M. Setor Sucroalcooleiro. Relatório do Greenpeace: Dossiê Energia positiva para o Brasil. p. 28 – 35. 2004 (a).

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 Locacionais e de Integração Energética. 2002. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia - PIPGE. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

PRIETO, M. G. S. Alternativas de Cogeração na Indústria Sucro-Alcooleira, Estudo de Caso. 2003. Tese (Doutorado) Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2003.

PROCANA – Ligado no dia a dia do setor. Conheça o Setor. Os Impressionantes Números do Setor (Safrá 2006/07). 2008. Disponível em <<http://www.canaweb.com.br/conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>>. Acesso em 01, jun, 2008.

SOUZA, Z. J. Geração de Energia Elétrica Excedente no Setor Sucroalcooleiro: entraves estruturais e custos de transação. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SOUZA, Z. J.; AZEVEDO, P. F. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 44, nº 02, p. 179-199, abr/jun 2006 – Impressa em junho 2006.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões Financeiras e Análise de Investimentos. São Paulo: Atlas, 2004.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar, Setor Sucroalcooleiro – Histórico, Cultivo da cana hoje. 2008. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=9E97665F-3A81-46F2-BF69-26E00C323988>>. Acesso em 23, maio, 2008.

VEIGA, C. F. M.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. Diagnóstico da cadeia produtiva da cana-de-açúcar do Estado do Rio de Janeiro: relatório de pesquisa – Rio de Janeiro: FAERJ : SEBRAE/RJ, 2006.