
COGERAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE EXCEDENTES DE ELETRICIDADE EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Leonardo Cereja Rangel

Graduado em Engenharia de Produção - ISECENSA

Raphael da Silva Lopes

Graduado em Engenharia de Produção - ISECENSA

Joana Rita Vieira

Doutora em Economia Aplicada/UFV/MG

joanarita@ufrj.br

RESUMO

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 Campos dos Goytacazes. O objetivo principal baseia-se em analisar a viabilidade econômica de se investir em uma central termoeletrica 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 correspondente 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, setor elétrico nacional, cogeração de eletricidade com o bagaço, vantagens da utilização do bagaço para gerar energia, comercialização da energia elétrica excedente, entaves 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: Bagaço, Excedente de Eletricidade, Cogeração, Setor Sucroalcooleiro.

ABSTRACT

This work approaches the question of the generation of electric energy through the sugar cane-of-sugar bagasse. For in such a way, the applied methodology was divided in two phases: a bibliographical revision and a study of case considering a plant of Campos dos Goytacazes. The main objective is based on analyzing the economic viability of if investing in a sucroalcooleira thermoelectrical central office with sight to the exportation and the commercialization of excesses of energy for the Ampla, that is the local concessionaire. In the analysis of economic viability one used the pointers ITR (Internal Tax of Return), LPV (Liquid Present Value) and CBI (Cost Benefit Index). The sensitivity analysis was also become analyzed, in which modified the changeable paid value for the MWh and observed it correspondent change in the LPV. To complement these studies general information and knowledge about the following topics were presented: sucroalcooleiro sector of Brazil and the state of Rio de Janeiro, national electric sector, cogeneration of electric energy with the bagasse, advantages of the use of the bagasse to generate energy, commercialization of excess electrical energy, impediments for the commercialization of the excess and indices of economic viability. Finally, it can say that depending on the adopted scene the project if it shows viable or not economically. And still, it is made some recommendations for future and complementary studies.

Keys Words: Bagasse, Excess of Electricity, Cogeneration, Sugar/Alcohol Sector.

1 Introdução

Um dos temas mais abordados, atualmente, 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.

Quanto às conseqüências do aquecimento global, Mendonça (2007, p. 05) é mais específico e enfático ao afirmar que:

Algumas regiões terão incrementados seus volumes de água e assim intensificados fenômenos como chuvas torrenciais seguidas por enchentes, deslizamentos, movimentos de massa e erosão do solo.[...] ao passo que em outras regiões ocorrerá redução no regime de chuvas tornando o solo árido, inviabilizando determinadas atividades agrícolas, etc.

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).

Sabendo do grande potencial e da capacidade do setor sucroalcooleiro de gerar energia, é importante que tal situação ganhe credibilidade e investimentos satisfatórios.

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 quatro seções, contando esta introdução. A segunda seção aborda a metodologia utilizada para estruturar o presente trabalho. Ainda nesta seção, a primeira parte mostra particularidades do setor sucroalcooleiro do Brasil e do Estado do Rio de Janeiro, da cogeração de energia, da comercialização de eletricidade excedente, das vantagens e obstáculos da utilização do bagaço da cana-de-açúcar para gerar energia elétrica para se vender, da participação do bagaço na matriz energética e de

alguns indicadores de viabilidade econômica. O estudo de caso utilizado em uma usina de açúcar e álcool é o objetivo da segunda parte da referida seção. A penúltima etapa apresenta os resultados e as discussões e, por fim, na quarta seção têm-se a conclusão e as recomendações para trabalhos futuros e complementares.

2 Materiais e Métodos

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 e ao setor sucroalcooleiro. 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, indicadores de viabilidade econômica e a participação do bagaço na matriz energética nacional.

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.

Os dados fornecidos sobre a situação atual da área industrial foram: a capacidade nominal de moagem diária de toneladas de cana-de-açúcar, o consumo de kWh/t cana, o consumo da quantidade de kg de vapor/tonelada de cana, a quantidade de caldeiras e suas respectivas potências, a quantidade de geradores e suas respectivas capacidades de geração e a quantidade de turbinas e suas potências. Há também informações sobre os setores ou equipamentos que utilizam turbinas a vapor. Quanto à área agrícola atual, foi mostrada a quantidade de cana-de-açúcar, em tonelada, produzida.

Os dados futuros com o projeto proposto foram: os equipamentos necessários, como caldeira, turbina e gerador mais eficiente, o consumo de kWh/tonelada de cana e a possibilidade de trocar algumas turbinas a vapor por motores elétricos. E em relação à área agrícola, foi revelada a pretensão futura da quantidade de cana-de-açúcar necessária a ser moída.

Com isso, foi preciso, também, através de um questionário semi-estruturado, solicitar 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.

Vale lembrar que todos estes dados serão discriminados e apresentados nos próximos itens.

Em uma análise mais abrangente, optou-se por assumir alguns possíveis cenários para realizar a análise de viabilidade econômica. Montou-se o fluxo de caixa de cada cenário, com os respectivos custos, investimentos, receitas e horizonte de planejamento.

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.

2.1 Revisão da Literatura

2.1.1 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.

2.1.2 Setor Sucroalcooleiro 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.

O Quadro 1 mostra, que no período de 1970 a 2005, o número de usinas existentes em funcionamento reduziu para menos da metade.

Quadro 1: Relação das indústrias sucroalcooleiras em atividade no Estado do Rio de Janeiro de 1970 a 2005.

Unidade Industrial	Localização (Município)	1970 a 1972	1973 a 1979	1980	1981 a 1984	1985 a 1989	1990 a 1992	1993 a 1994	1995	1996 a 2001	2002	2003 a 2005
Mineiros	Campos											
Poço Gordo	Campos											
Santo Antônio	Campos											
Jacques Richer*	Campos											
São Pedro*	Itaperuna											
Novo Horizonte	Campos											
Grumarim*	São Fidelis											
Santa Maria	B Jesus Itabap											
Outeiro	Cardoso											
Queimados	Campos											
Santo Amaro	Campos											
Victor Sence	Conceição											
Cambaiba	Campos											
São João	Campos											
Carapebús	Carapebús											
Quissamã	S João da Barra											
Barcelos	S João da Barra											
Cupim	Campos											
Paraíso	Campos											
Pureza	São Fidelis											
Santa Cruz	Campos											
Coagro	Campos											
Sapucaia	Campos											
Agrisa*	Cabo Frio											
* Destilaria Número de unidades em atividade		23	21	20	19	18	16	15	12	10	9	8

Fonte: Diagnóstico da cadeia produtiva da cana-de-açúcar do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

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.

2.1.3 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 cogerador, 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).

Em relação ao mesmo autor, este explica que o vapor que sai da turbina (vapor de escape) é direcionado para os processos de fabricação de açúcar e álcool. Caso haja sobra, o mesmo vapor vai para o condensador, onde o calor é retirado para se obter efluentes líquidos. Estes retornam à caldeira através de uma bomba, concluindo o ciclo.

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)”.

2.1.4 Vantagens da utilização do bagaço para gerar energia elétrica

O bagaço de cana-de-açúcar gera vários benefícios quando é utilizado para cogerar energia elétrica. Exemplificando este fato, Oliveira (2007) afirma que os investimentos para cogerar 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 cogorada 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”.

2.1.5 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.

Segundo Kitayama (2008, *apud* Castro e Dantas, 2008a) a inclusão de fontes alternativas de energia elétrica na matriz energética nacional é de grande importância para que se garanta a segurança do suprimento através da expansão e da diversificação.

2.1.6 A Comercialização de Energia Elétrica Excedente

Segundo Souza (2003) a nomenclatura utilizada pelo setor elétrico distingue dois tipos de cogeneradores. O mesmo comenta que de acordo com o artigo 2º do Decreto 2003 de 10/09/96, o primeiro tipo de cogenerador é chamado de Autoprodutor (AP). Esse exemplo de cogenerador pode ser descrito (p. 128) “como pessoa física, jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir energia elétrica para consumo próprio”. É válido afirmar que aquelas usinas de açúcar e álcool geradoras de eletricidade para o consumo da planta industrial fazem parte desta categoria.

E, ainda de acordo com o mesmo autor (2003, p. 128), o outro tipo de cogenerador conhecido como Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE), foi descrito pela lei 9.074/95 como “pessoa jurídica ou consórcio detentor de uma concessão ou autorização para produzir, regularmente, energia elétrica parcialmente ou na sua totalidade destinada ao comércio, por sua responsabilidade e risco”.

Dentre o vasto número de agentes compradores do setor elétrico, a seguir serão descritos os potenciais compradores de energia elétrica cogorada pelos PIE's do setor sucroalcooleiro:

Primeiramente, é importante mencionar que a usina geradora irá fisicamente se interligar com a concessionária de distribuição mais próxima.

Existe a venda de energia, de acordo com Pellegrini (2002), entre a usina e a Distribuidora Local. Entre elas é negociado o preço de venda da energia elétrica. A distribuidora, contudo, (p. 33) “só pode repassar aos seus custos (que influenciam as tarifas que podem ser cobradas de seus consumidores) um valor máximo, denominado Valor Normativo- VN, que é, na prática, um fator limitador de preço”. Neste tipo de negociação, não é requerido o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), pois tal imposto é embutido no preço da tarifa cobrado do consumidor final.

A venda de energia para o Consumidor Livre. A mesma autora afirma que o valor de compra/venda da eletricidade também é negociado livremente entre os envolvidos. Neste caso, é necessário que seja pago ao ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) o uso do sistema de transmissão, e à Concessionária de Distribuição, o uso do sistema de distribuição. A autora revela (p. 33) que “na prática, o preço será balizado pela tarifa de distribuição da concessionária e pelos custos de transmissão e de distribuição evitados.” Na venda de energia entre o PIE e o Consumidor Livre se aplica o ICMS.

E o Agente Comercializador de eletricidade é caracterizado como um intermediário na negociação entre as usinas e os consumidores de energia elétrica. Nesta modalidade de venda de energia não se aplica o ICMS. A Pellegrini (2002) afirma que este tipo de venda pode ter um custo adicional, contudo tal negociação pode ser atraente, se referindo a possibilidade da redução de custos e encargos comerciais e da eliminação de algumas burocracias.

Quanto à incerteza nas negociações com o Comercializador, Souza (2003, p. 135) informa que:

Mesmo havendo o risco relacionado à assimetria de informações entre os agentes envolvidos na transação, a incerteza nas negociações com os agentes de comercialização deve ser pequena. Considerando que transacionar energia elétrica é seu core business, os comercializadores procurarão construir e manter sua reputação no mercado de energia elétrica.

2.1.7 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.

A respeito de financiamento, Souza (2003, p. 236) “constatou-se a necessidade de customização das linhas de financiamento ao setor, por meio da diferenciação por tecnologia, por índice de mecanização e por porte de empresa”. Querendo dizer que os juros são financiados com taxas iguais para equipamentos menos e mais eficientes.

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 termoelétrica, 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).

2.1.8 Indicadores de Viabilidade Econômica

A respeito dos três indicadores mencionados anteriormente, alguns autores fazem uma breve explicação sobre os mesmos, como se pode observar a seguir:

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 aproxima 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”.

2.2 Estudo de caso

2.2.1 Usina escolhida para o 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 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 kgv/ t de cana.

2.2.2 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 2. O valor do investimento foi estimado em R\$ 92.000.000,00 (Noventa e Dois milhões de Reais).

Quadro 2: Investimentos Necessários

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

* Segundo representante da empresa de projetos de cogeração para usinas, quando se fala em caldeira deve-se considerar itens anexos a ela como estrutura, passarelas, desaerador, montagem, transporte, seguros, consumíveis, refratários, ventiladores, exaustores, lavador de gases, sistema de tratamento da água do lavador de gases, isolamento, fechamento, tanques de purga e descarga, bombas, válvulas, instrumentação e demais periféricos pertinentes ao sistema.

** 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 Quadro 3 apresenta a relação dos processos onde serão inseridos os motores elétricos com suas respectivas potências.

Quadro 3: Processos onde serão alocados os motores elétricos e suas respectivas potências

Processos	Potência
Picador 1	1800 HP
Picador 2	1800 HP
Desfibrador	2500 HP
1° Terno	1200 HP
2° Terno	1200 HP
3° Terno	1200 HP
4° Terno	1200 HP
5° Terno	1200 HP
6° Terno	1200 HP
Captação de água 1	800 HP
Captação de água 2	800 HP
Alimentação de água da caldeira	500 HP
Alimentação de água da caldeira (sobressalente)	500 HP

Fonte: Elaborado pelos autores

O objetivo da troca de turbinas a vapor por motores elétricos é tornar mais eficiente o processo produtivo, no que diz respeito ao consumo de energia.

2.2.3 Custos Operacionais

Para se manter a nova Central Termelétrica da usina de açúcar e álcool será necessário despender 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.

2.2.4 Receita do Projeto

2.2.4.1 Receita sobre a energia excedente

A receita com a energia excedente do projeto baseia-se na quantidade de energia elétrica cogorada 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 será de R\$ 10.400.000,00 (Dez Milhões e Quatrocentos Mil Reais).

2.2.4.2 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 (Centro 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).

2.2.5 Horizonte de Planejamento e Fator de Aproveitamento

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 fator de aproveitamento para a unidade industrial será aceito como 90 por cento, devido a fatores climáticos que interferem no transporte de cana até a usina e de questões como paradas para manutenção de itens danificados no parque industrial.

2.2.6 Valor Residual

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).

3 Resultados e Discussões

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 4.

Quadro 4: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário 1.

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
5	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
6	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
7	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
8	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
9	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
10	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
11	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
12	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
13	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
14	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
15	900.000,00	24.192.000,00	23.292.000,00
16	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

Os fluxos de caixa apresentados nos Quadros 4 e 5 e 6, 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 da 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 coluna 3 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 5. 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.

Quadro 5: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário 2.

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
5	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
6	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
7	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
8	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
9	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
10	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
11	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
12	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
13	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
14	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
15	900.000,00	10.400.000,00	9.500.000,00
16	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

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 5, adotou-se o cenário 3, representado no Quadro 6, 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.

Quadro 6: Fluxo de Caixa do Estudo de Caso: Cenário 3.

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
5	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
6	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
7	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
8	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
9	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
10	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
11	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
12	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
13	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
14	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
15	387.000,00	10.400.000,00	10.013.000,00
16	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

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 7, onde nota-se a alteração do valor do MWh com a correspondente redução no índice de referência, que, neste caso, foi utilizado o VPL.

Quadro 7: Variação do valor do MWh e a correspondente alteração do VPL

Valor do MWh (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

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.

4 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 BIBLIOGRÁFICAS

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. Disponível em <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0032.pdf>>. Acesso em 08, maio, 2008.

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. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Gabriel_de_Jesus.pdf>. Acesso em 22, abril, 2008.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração – BIG. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidade_debrasil/capacidadeBrasil.asp>. Acesso em 15, nov, 2008.

BRIGHENTI, C. R. F. Integração do cogador de energia do setor sucroalcooleiro com o sistema elétrica. 2003. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2003/Teses/DissertacaoClaudiaBrighenti.pdf>>. Acesso em 30, maio, 2008.

CASTRO, N. J.; DANTAS, G. A. Lições do PROINFA e do Leilão de Fontes Alternativas para a Inserção da Bioeletricidade Sucroalcooleira na Matriz Elétrica Brasileira. In: 30 Congresso Internacional de Bioenergia. Curitiba, 2008a. Disponível em <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/biblioteca/0808_CastroDantas_ProinfaAlternativasBioeletricidade.pdf>. Acesso em 15, nov, 2008.

CHOHFI, F. M.; DUPAS, F. A.; LORA, E. E. S. Balanço, Análise de Emissão e Sequestro 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. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Monografia_Pos_Graduacao_Leonardo_Clemente.pdf>. Acesso em 03, maio, 2008.

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. Disponível em <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/1999/teses/suani.PDF>>. Acesso em 09, abril, 2008.

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 consequências socioeconômicas. RAMA - **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 1, p. 127-146, 2008. Disponível em: <http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama/article/viewFile/512/4_20>. Acesso em 21, jun, 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. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650480_0004.pdf>. Acesso em 15, jun, 2008.

MENDONÇA, F. Aquecimento Global e suas Manifestações Regionais e Locais. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 2, p. 71 – 86, 2007. Disponível em <http://www.conferenciaestadualdomeioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/MC_na_regiao_Sul_Chico_Mendonca_07.pdf>. Acesso em 25, jun, 2008.

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. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-03052007-160128/>>. Acesso em 05, maio, 2008.

PALETTA, C. E. M. **Setor Sucroalcooleiro. Relatório do Greenpeace: Dossiê Energia positiva para o Brasil.** p. 28 – 35. 2004 (a). Disponível em <http://www.greenpeace.org.br/tour2004_energia/downloads/dossie_energia_2004.pdf>. Acesso em 05, maio, 2008.

PELLEGRINI, M. C. **Inserção de centrais cogedoras 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. Disponível em <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2002/Teses/Disserta_MCP.pdf>. Acesso em 05, maio, 2008.

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). Disponível em <<http://www.apta.sp.gov.br/cana/biblioteca.php>>. Acesso em 28, abril, 2008.

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. Disponível em <http://www.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bim_Souza_GeracaoExcedente.pdf>. Acesso em 14, abril, 2008.

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. Disponível em <http://www.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/bim_SouzaAzevedo_ExcedentePaulistas.pdf>. Acesso em 01, maio, 2008.

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. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/ib/denf/diagnosticocanaRJ.pdf>>. Acesso em 23 set, 2008.

VIEIRA NETO, E.; FREIRE, M.G.M. Manual de elaboração de trabalhos acadêmicos e monografias. Revista Perspectivas online, Campos dos Goytacazes, v.2, 2008, suplemento. Disponível em <<http://www.perspectivasonline.com.br/>>. Acesso em 10, dez, 2008.