

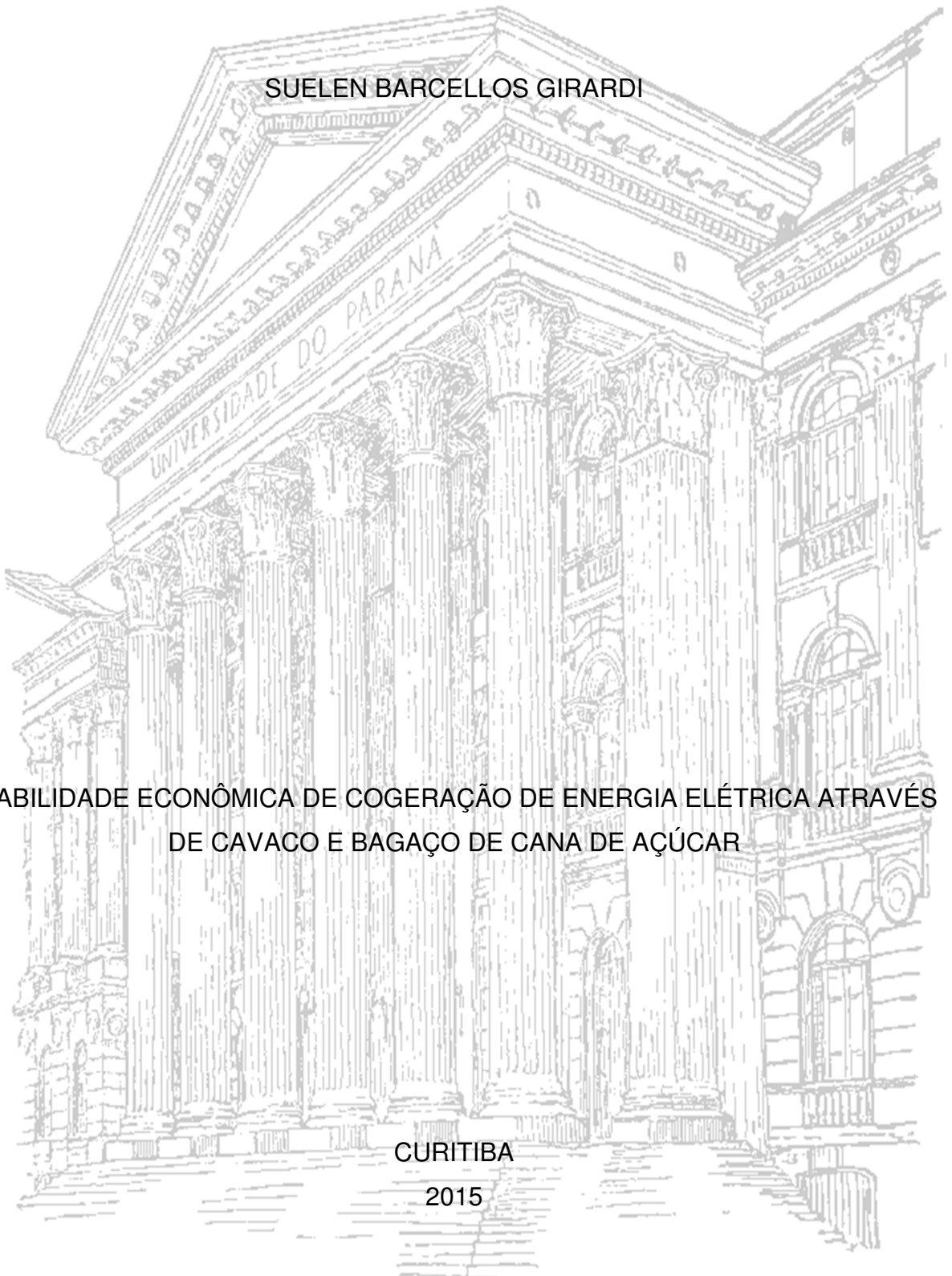
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SUELEN BARCELLOS GIRARDI

VIABILIDADE ECONÔMICA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS
DE CAVACO E BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

CURITIBA

2015



SUELEN BARCELLOS GIRARDI

VIABILIDADE ECONÔMICA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS
DE CAVACO E BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Especialização em MBA em Gestão do Agronegócio no curso de Pós-graduação em Gestão do Agronegócio, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientadores: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva
Dra. Cymara Regina Oshiro

CURITIBA

2015

RESUMO

A biomassa, além de ser considerada uma das principais fontes alternativas para a matriz energética brasileira depois das fontes hídricas, apresenta elevado potencial para crescimento nos próximos anos no Brasil e no mercado internacional. A Biomassa é uma energia limpa e traz consigo perspectivas positivas e promissoras no sentido da diminuição de hidrocarbonetos na atmosfera, e da dependência de combustíveis fósseis derivados do petróleo, como o óleo diesel e a gasolina. Com essas constatações e pressionados por busca de fontes alternativas, temos como grande desafio aumentar a oferta de energia elétrica de modo a atender à crescente demanda que acompanha o crescimento das industriais e a urbanização das grandes cidades. Para o estudo em questão, foi realizado um estudo de caso em usina do setor sucroalcooleiro quanto ao uso do bagaço de cana e cavacos para a cogeração de energia. O estudo concluiu que a usina pode cogerar energia com a compra de cavaco em adição ao bagaço de cana, quando o valor da energia elétrica for igual ou superior a R\$159,04/MWh, considerando um valor CIF usina do cavaco de R\$60,00/ton e R\$75,00/ton para o bagaço CIF usina, sendo uma alternativa viável a ser melhor explorada para a complementação de geração hídrica na matriz elétrica brasileira.

Palavras-Chave: Cogeração de Energia, Biomassa, Bagaço de cana, Cavaco.

ABSTRACT

Biomass, besides being considered one of the main alternative sources for the Brazilian energy matrix after the water sources, has a high potential for growth in the coming years in Brazil and internationally. Biomass is a clean energy and brings a positive outlook and promising towards the reduction of hydrocarbons in the atmosphere, and the dependence on fossil fuels derived from petroleum, such as diesel and gasoline. With these findings and pressured by seeking alternative sources, we have the challenge to increase the electricity supply in order to meet the growing demand that accompanies the growth of industrial and urbanization of large cities. For this study, a case study in plant of this sector as the use of sugarcane bagasse and wood chips for energy cogeneration was conducted. The study concluded that the plant can co-generate energy with the purchase chips in addition to bagasse, when the value of electricity is equal to or greater than R \$ 159.04 / MWh, considering a CIF chip manufacturing plant of R \$ 60, 00 / ton and R \$ 75.00 / ton CIF for the plant residue, and a viable alternative to be better exploited for the complementation of water generation in the Brazilian energy matrix.

Keywords: Cogeneration, Biomass, sugarcane, bagasse, chips.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das unidades sucroalcooleiras do Grupo Bunge.	10
Figura 2 - Foto Caldeira Usina Moema	15
Figura 3 – “ <i>Break even point</i> ” para a compra de bagaço ao preço da energia em novembro/2015.	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Capacidade de operação instalada das Caldeiras da Usina Moema ...	14
TABELA 2 – Capacidade operacional realizada.....	14
TABELA 3 – Relatório parcial de análise de viabilidade para queima do cavaco e bagaço	18
TABELA 4 – Análise de viabilidade para queima do bagaço	20
TABELA 5 – Análise de viabilidade para queima do Cavaco	20
TABELA 6 - Aquisição Bagaço entre usinas x Venda para Terceiros	21
TABELA 7 - Analise de Sensibilidade variando preço Energia.....	21
TABELA 8 – Analise de Sensibilidade variando preço Cavaco	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAIS E MÉTODOS	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1 Biomassas para energia	11
3.2 Caldeiras e equipamentos para energia	13
3.3 Viabilidade econômica	15
4 CONCLUSÃO	23
5 REFERÊNCIAS.....	24
ANEXOS	26

1 INTRODUÇÃO

A maior demanda de energia do mundo moderno e o inevitável esgotamento das fontes fósseis tornaram cada vez maiores a busca por eficiência e pela ampliação de fontes alternativas e renováveis de energia.

No Brasil, o bagaço de cana que até pouco tempo não tinha valor comercial e era tido como um passivo da usina devido ao seu armazenamento. Hoje passou a ser valorado e se transformou em matéria prima essencial na geração de energia elétrica na maioria das usinas sucroalcooleiras do país.

De acordo com o Balanço Energético Nacional ano base 2014 (EPE, 2015), a moagem de cana-de-açúcar em 2014 foi de 631,8 milhões de toneladas para a produção de 35,4 milhões de toneladas de açúcar e 28.526 mil m³ de etanol, o que resultou em 160,98 milhões de toneladas de bagaço.

Os produtos da cana de açúcar foram responsáveis por 18,1% da produção de energia primária no Brasil no ano de 2014, atendendo a 15,7% da oferta interna de energia, e correspondente a 10,8% do consumo de energia por fonte para o bagaço de cana (EPE, 2015).

O setor sucroalcooleiro lidera na autoprodução de energia, ou seja, os setores que geram para seu próprio consumo, sendo o bagaço de cana a matéria prima mais utilizada quando comparado a outras fontes, com a produção de 32.303 GWh em 2014 (EPE, 2015), o que representa 81% das plantas de biomassa (Núcleo de Estudos Estratégico de Energia, 2014).

Porém, nem todas as usinas sucroalcooleiras fazem a cogeração de energia elétrica com a queima do bagaço, utilizando a matéria prima apenas para a produção de energia térmica para as caldeiras. Do total de bagaço de cana produzido anualmente apenas 16% foi utilizado na cogeração de energia elétrica. Dessa forma, a capacidade instalada de produção de energia elétrica é maior que a produzida (EPE, 2015).

Para que se possa aumentar a cogeração de energia elétrica nas usinas são necessários investimentos em equipamentos e maquinários. Este custo deve ser compensado no custo da energia elétrica consumida, mais a energia elétrica exportada para a rede do Sistema Interligado Nacional.

Este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade econômica da compra do cavaco para o incremento energético na cogeração em adição ao bagaço de cana para a produção de energia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho busca aliar os dados bibliográficos com o estudo de caso de uma empresa do setor sucroalcooleiro com cogeração de energia elétrica para autoconsumo. Para a realização do presente trabalho foram utilizadas diferentes abordagens teóricas e entrevistas junto ao corpo técnico da indústria.

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica levantando informações oficiais do governo, de órgãos representantes do setor e pesquisas acadêmicas, sobre aspectos relevantes do trabalho. Em seguida, foram realizadas entrevistas abertas com profissionais e técnicos que atuam na usina para a coleta dos dados desta pesquisa.

Com a combinação desses dados e de observações técnicas foram relatadas as vantagens e desvantagens da adição de biomassa florestal na cogeração de energia e as variáveis que envolvem a alteração da matéria prima para as indústrias do setor.

A empresa estudada (Usina Moema Açúcar e Alcool Ltda) está situada no estado do São Paulo na cidade de Orindiúva e pertence ao Grupo Bunge Alimentos S.A desde 2008. O Grupo hoje está entre as empresas brasileiras líderes no processamento da cana, operando com oito usinas (Figura 1), cuja capacidade combinada alcança 21 milhões de toneladas por ano. Seis de suas usinas exportam energia elétrica para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

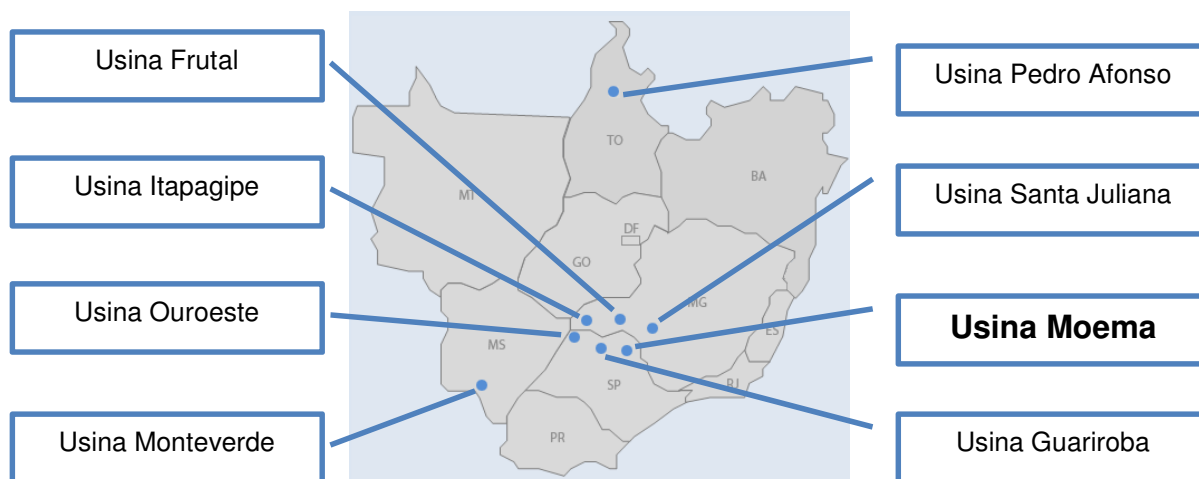


Figura 1 – Localização das unidades sucroalcooleiras do Grupo Bunge.

A usina Moema adota os sistemas de gestão do International Standards Organization (ISO) em seu parque industrial (ISO 9001) e na área agrícola (ISO 14000), é certificada pela Bonsucro ® em sustentabilidade social, ambiental e econômica da produção de cana e é detentora do Selo Verde do Governo de São Paulo pela produção de energia elétrica sustentável. Produz, além do etanol, o açúcar com foco ao atendimento às indústrias alimentícias e exportação.

A capacidade industrial da Usina Moema Açúcar e Álcool Ltda. pode ser demonstrada através das informações de projeção para a safra 2015:

- Moagem: 4.950.000 tons de cana de açúcar;
- Produção de Etanol Hidratado: 148.619.000 litros,
- Produção de Etanol Anidro: 68.906.000 litros,
- Produção de Açúcar Branco: 674.854 sacas 50 kg,
- Produção de Açúcar VHP: 5.202.146 sacas 50 kg,
- Produção de bagaço: 1.346.301 ton,
- Cogeração de energia: 175.415 MWh.

A análise econômica teve por base os preços de mercado do bagaço e do cavaco, bem como as variações do preço da energia exportada, de acordo com os relatórios da empresa. Foi realizada a avaliação do “break even point” com base nos valores obtidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biomassas para energia

Pode-se definir biomassa como sendo as matérias orgânicas formadas por hidrocarbonetos que possuem átomos de oxigênio em sua composição e que liberam energia em processos térmicos ou fermentativos. Por exigirem menos oxigênio quando em combustão é menos poluente, mas por outro lado, sua quantidade de energia é reduzida, diminuindo assim seu poder calorífico superior. (SOUZA; SORDI e OLIVA, 2002).

A quantidade de energia presente nas biomassas depende de uma série de variáveis, entre elas:

- Umidade: definida pela quantidade de água existente na biomassa e que pode interferir em outras propriedades como o poder calorífico e a condutividade elétrica (NOGUEIRA, 2007).
- Poder Calorífico (PC): É o volume de calor liberadas na combustão completa de um material, medido em termos da energia por unidade de massa ou volume, relacionado diretamente com a composição da biomassa e seu grau de umidade. Pode ser interpretado em termos de Poder Calorífico Superior (PCS) quando não é considerado o calor relacionado à condensação da água formada em reação com o hidrogênio contido na biomassa e Poder Calorífico Inferior (PCI) que é calculado subtraindo do PCS o calor associado com a condensação do vapor de água formado. (ENEGEP 2008).

O poder calorífico (PC) da biomassa é de extrema importância quando se trata do uso energético, pois demonstra a capacidade que o produto tem de desprender calor. O teor de umidade e a massa específica têm influência direta sobre o poder calorífico, logo, quanto mais seco, maior será o PC. Dessa forma, os valores do PC variam conforme a biomassa, o estudo e respectiva metodologia utilizada nas diferentes pesquisas.

Testes realizados no LPF/IBAMA em 2004 demonstram que o poder calorífico superior do eucalipto é 4.935 kcal kg, para o Bagaço de cana 3.700 kcal kg e para palha de milho 3.570 kcal kg.

O “Laboratório Energia de Biomassa” da UFPR publica em matéria virtual de 2014 que o poder calorífico do bagaço de cana em base seca é em média 3700 kcal/kg e do cavaco de *Eucalyptus grandis* – 4790 kcal/kg. COUTO (2014) cita que o poder calorífico do bagaço de cana encontra-se em patamares de 7.535 KJ/ Kg (1.799,7 kcal/kg) considerando massa específica de 150kg/m³ e umidade de 50%.

Segundo NASCIMENTO (2007) para o cavaco de eucalipto com umidade entre 16 e 30% o poder calorífico encontrado é de 2.600 a 3.200kcal.kg; já em “Opção Verde - consultoria em biomassa” o PCI para cavaco de umidade entre 20 a 50% pode variar de 2.200 a 3.400 kcal/kg.

Na usina em questão o teor de umidade médio do bagaço de cana para a utilização nas caldeiras é de 35%. Os dados de poder calorífico para Bagaço e Cavaco na Usina Moema foram fornecidos pela empresa em valores médios:

- PCI do bagaço – 1.700kcal/kg, considerando umidade entre 35% e 45%;
- PCI do cavaco – 2.400kcal/kg; considerando umidade de 35%.

Dessa forma a equivalência energética é de 1:1, 3 kg de matéria prima entre cavaco e o bagaço.

O percentual de cavaco utilizado na mistura juntamente com bagaço de cana é de 10% para que se alcance a eficiência máxima das caldeiras e não altere as especificações. Essa mistura gera um PCI final aproximado de 1.770 kcal/kg, conforme apontado pelos testes da usina, o que reduz o consumo do bagaço de cana em 4,12%, visto que o poder calorífico de cavaco é maior.

Diferentes biomassas apresentam diferentes teores de seus constituintes elementares o que altera o potencial calorífico das mesmas. O menor potencial calorífico do bagaço de cana utilizado na empresa se deve ao teor de umidade presente na biomassa utilizada que se apresenta bem menor que os valores encontrados por Protássio et al. (2011) (PCS em base seca para o bagaço de cana em média de 4511,8 kcal/kg), mas equivalente ao valor citado por COUTO (2014) para a mesma umidade. Quanto ao PCI do cavaco comprado pela empresa a média apresentada é compatível com os valores citados por Nascimento (2007),

As outras propriedades energéticas que devem ser observadas para a utilização de biomassas são avaliadas através da Análise Química Imediata, que quantifica o carbono volátil, o carbono fixo e o teor de cinzas presentes na matéria,

sendo que os teores destes componentes influenciam diretamente na temperatura e no rendimento da biomassa.

O poder calorífico e a análise química imediata são assuntos estudados e debatidos por diversos autores (COUTO, Carolina Meincke – 2014, MENEZES, Marta Juliana Schmatz – 2013 e LEITE, N. R. e Militão, R. de A - 2008), descritores importantes para a eficiência das caldeiras na obtenção do calor. Porém, a empresa Moema não apresentou os dados referentes à análise química imediata das biomassas utilizadas para comparação.

3.2 Caldeiras e equipamentos para energia

As caldeiras em uma indústria têm por objetivo transformar água em vapor e a energia necessária é feita através da queima de um combustível. (LEITE & MILITÃO, 2008). São geralmente classificadas em caldeiras aquatubulares e caldeiras flamotubulares:

As Caldeiras Aquatubulares têm circulação de água pelos tubos. Podem operar com pressão elevada devido a seus vasos internos pressurizados e menor dimensão relativa. (LEITE e MILITÃO, 2008).

Já as caldeiras flamotubulares, os gases quentes passam por dentro do tubo e a água a ser aquecida e evaporada está em volta desses tubos. Pelo aspecto construtivo seus valores de produção e pressão são limitados. Em geral são compactas. (LEITE e MILITÃO, 2008).

As caldeiras utilizadas pela usina Moema são de grelha com queima em suspensão (leito fixo em suspensão), aquatubulares, onde a biomassa deve ter a granulometria de 2 a 20 mm de diâmetro e exige uniformidade de tamanhos.

Este tipo de caldeira se destina principalmente para a queima de lenha, carvão, sobras de produtos, cascas e bagaço de cana, dependendo de suas dimensões e material construtivo. A alimentação do combustível pode ser feita de maneira manual ou automatizada (RORIZ, 2010). No caso da usina Moema é feita de forma automatizada, através de uma esteira.

A Usina Moema não fez alterações em suas caldeiras para queima do cavaco, por este motivo ficou limitado em 10% o percentual de cavaco a ser utilizado na

mistura com o bagaço, pois o cavaco libera maior energia e atinge maiores temperaturas (Informações técnicas fornecidas pela usina).

A usina Moema opera com quatro caldeiras e três geradores de energia conforme descrito abaixo na Tabela 1 abaixo:

TABELA 1 - Capacidade de operação instalada das Caldeiras da Usina Moema

Identificação da caldeira	Capacidade de produção de vapor	Identificação do gerador	Capacidade de produção
Caldeira 1	60 t/h	Gerador 4	12 MWh
Caldeira 2	60 t/h	Gerador 5	30 MWh
Caldeira 5	150 t/h	Gerador 6	33 MWh
Caldeira 6	275 t/h		
Capacidade total instalada	545 t/h		75 MWh

Fonte: Área Industrial da Usina Moema Açúcar e Alcool Ltda.

Porém, segundo informações da usina, o sistema está operando conforme relatado na Tabela 2:

TABELA 2 – Capacidade operacional realizada

Volume de bagaço próprio gerado	Capacidade de queima de bagaço	Volume de vapor produzido com o bagaço gerado	Energia produzida a partir do bagaço próprio
205 t/h	260 t/h	430 t/h	28 MWh

Fonte: Área Industrial da Usina Moema Açúcar e Alcool Ltda.

Dessa forma demonstra-se que a capacidade de queima de bagaço das caldeiras da usina é superior à sua produção própria e diante disso foi visto a oportunidade da aquisição de cavaco para incrementar a queima da caldeira.

Como o percentual possível de mistura do cavaco é de apenas 10%, ainda haveria necessidade de aquisição de bagaço. Dessa forma a usina Moema passou a receber bagaço de outras usinas do grupo, bagaço este que ao contrário da Moema, a produção é superior ao seu consumo.

Por se tratarem de usinas do mesmo grupo, o preço do bagaço foi vendido a preço de custo mais o transporte. Foi dado prioridade para as usinas mais próximas da Moema (Guariroba e Frutal) pelo ganho logístico. Vender bagaço a preço de custo para Moema e cogear energia está sendo mais vantajoso para o grupo do que vender esse excedente a terceiros. O preço pago pelo mercado é inferior ao ganho que a Moema terá em cogear energia excedente e repassa-la ao mercado.

A figura 2 foi disponibilizada pela Usina Moema e refere-se a uma das caldeiras da usina.



Figura 2 - Foto Caldeira Usina Moema
Fonte: Área Industrial da Usina Moema Açúcar e Álcool Ltda.

3.3 Viabilidade econômica

Em 1 de outubro de 1999 a Aneel publicou as resoluções 281 e 282 que tem por objetivo estabelecer as condições gerais de contratação do acesso e as tarifas de uso das instalações de transmissão de energia elétrica na rede básica do sistema elétrico interligado nacional (O Setor Elétrico, 2009).

O Sistema Interligado Nacional conecta quatro grandes submercados no país: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Permite que transações bilaterais de energia sejam realizadas. Os aspectos financeiros são definidos pelos Procedimentos de Rede do ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico (transmissão) e pelas regras de contabilização e liquidação vigentes no ambiente da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). É de responsabilidade do ONS a contratação e a administração dos serviços de transmissão e as respectivas condições de acesso.

A regulamentação vigente determina que a contratação dos serviços de transmissão seja por Contratos de Transmissão, Contratos de Prestação de Serviço de Transmissão (CPST), Contratos de Uso do Sistema de Transmissão (CUST) e Contratos de Conexão.

O CPST é realizado entre o ONS e as concessionárias de prestação de serviço público de transmissão de energia. O CUST é realizado entre o ONS, as concessionárias representadas pelo ONS e os usuários da Rede Básica de consumo, podendo ser estes usuários: agentes de concessão ou permissão para que prestam serviço público de distribuição de energia; agentes geradores conectados à rede básica, ou então, se não conectados, sejam concessionários ou autorizados; importadores e exportadores de energia elétrica, conectados à rede.

Existem três tipos de Contratos de Conexão: Contratos do Sistema de Transmissão (CCT), de Compartilhamento de Instalações (CCI) e de Conexão ao Sistema de Transmissão (CCT-TA). São realizados entre as concessionárias de transmissão e os agentes contratantes, onde a ONS fica responsável em autorizar esses contratos ou não. (O Setor Elétrico, setembro de 2009).

Existem várias formas para que a usina comercialize a energia excedente gerada por ela. Fatores técnicos, fiscais, operacionais e riscos devem ser considerados para encontrar a melhor alternativa de comercialização.

A interligação da usina geradora para o Sistema Interligado Nacional (SIN) é feita com as concessionárias de distribuição mais próxima, contudo a venda pode ser feita a ela ou a terceiros. (CCEE, 2015).

A Usina Moema está inscrita no mercado livre, ou seja, ela pode vender a energia excedente para um consumidor que esteja no mercado livre, gerador do mercado livre ou comercializadoras.

As vendas podem ser feitas no curto prazo (mês a mês como é tratado no mercado) ou podem ser negociados contratos de longo prazo.

Para 2015 a expectativa de geração total de energia elétrica da usina Moema é de 175.415 MWh e que a empresa em questão consuma 38% da energia gerada, correspondente a 65.657 MWh, e o saldo é exportado para o SIN.

Após detectado que na Usina Moema havia capacidade de produção de vapor e energia maior que o volume de bagaço gerado pela própria usina, estudos de

viabilidade com bagaço e cavaco foram feitos para que houvesse um aproveitamento desse excedente de capacidade.

Importante ressaltar que a adoção de outra biomassa, além do bagaço, não aumentou a capacidade de produção das caldeiras. O ganho está no volume consumido de biomassa que reduz proporcional ao incremento do PCI e na possibilidade de poder atingir a capacidade instalada de produção de vapor e energia.

Um dos instrumentos utilizados para verificar a viabilidade econômica da compra de bagaço de outras usinas ou de cavaco é a análise do “break even point” que pode ser definido pela quantidade que uma empresa tem que vender um produto de forma que o valor total desta venda se iguale a seus custos totais. Simulações são muito utilizadas nesse caso para que se permita conhecer a dimensão mínima necessária para tornar o negócio lucrativo. (Análise Econômica, 2015).

Atualmente o preço da tonelada do bagaço no mercado está em torno de R\$35,00 a R\$50,00/ton FOB (*Free On Board*), ou seja, é do comprador a responsabilidade do frete. Na região de São José do Rio Preto, Meridiano e Cafelândia no estado de SP, há corretores vendendo bagaço ao preço médio de R\$80,00/ton FOB, porém sem muita liquidez (MF Rural). Dessa forma o comprador procura comprar bagaço das usinas que mais próximas estão das suas unidades consumidoras, encurtando assim seu ganho logístico. Porém, a usina transfere o bagaço de outras unidades ao custo de R\$ 25,00 FOB.

É importante haver leilões de energia com preço teto que viabilize a cogeração no país e incentive o setor. No leilão realizado em 30/04/2015, se inscreveram por volta de 50 projetos que comercializaram 1,9 mil MW de energia. 32 projetos foram cadastrados pelo setor sucroenergético e apenas 6 foram viabilizados (Nova Cana). O preço médio de venda foi de R\$ 259,19/MWh (EPE).

O preço do cavaco na maior parte das negociações na região de São Paulo já é negociado CIF (*Cost, Insurance and Freight*), entregue na unidade do comprador. O preço atual está entre R\$60,00 e R\$75,00/ton. Para o mesmo período, o Instituto de Economia Agrícola apontou em seu site o preço por tonelada do cavaco em R\$42,84 FOB (IEA/Fundação Florestal/Florestar São Paulo).

Considerando a equivalência positiva de 1,3 para o cavaco, enquanto o preço do cavaco posto na usina for até o limite de 1,3 superior ao preço do bagaço, vale a

pena a compra para compor 10% na mescla. A partir do momento que o preço dessa relação for superior ao preço bagaço a operação fica inviável.

Por se tratarem de produtos que estão ganhando visibilidade a pouco tempo no mercado, não existe ainda uma tela de referências de preço, a biomassa é negociada “via balcão”, ou seja, por telefone e oferta e demanda. Uma referência usada, mas não necessariamente aplicada na prática é a relação com o preço da energia onde em números macros o preço do bagaço deve ser o preço da energia dividido pelo fator de rentabilidade do bagaço. Por exemplo: na Usina Moema a cada 2,2 toneladas de bagaço se produz 1 MWh de energia, logo, considerando energia a R\$200MWh, o preço CIF do bagaço teria que ser menor que R\$90/ton.

Na Tabela 3 está apresentado o resultado parcial do ano de 2015 dos valores praticados para a análise de viabilidade da compra de bagaço e/ou cavaco para a alimentação das caldeiras da empresa.

TABELA 3 – Relatório parcial de análise de viabilidade para queima do cavaco e bagaço

Mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Exportação durante as horas paradas (MWh)	1.624	1.734	1.882	2.600	2.436
Produção de Vapor (ton/mês)	7.308	7.805	8.467	11.700	10.962
Bagaço Necessário (tons)	3.513	3.752	4.071	5.625	5.271
Preço da Ton de Bagaço	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Preço da Ton de Cavaco	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Preço da Energia (MWh)	R\$ 240,08	R\$ 145,09	R\$ 227,04	R\$ 212,32	R\$ 204,08
Faturamento Energia	R\$ 389.869,25	R\$ 251.645,95	R\$ 427.176,67	R\$ 552.032,00	R\$ 497.138,88
Compra de Cavaco (10%)	R\$ 21.079,65	R\$ 22.514,01	R\$ 24.423,37	R\$ 33.750,00	R\$ 31.626,00
Compra de Bagaço (90%)	R\$ 237.146,08	R\$ 253.282,64	R\$ 274.762,90	R\$ 379.687,50	R\$ 355.792,50
Compra cavaco + bagaço	R\$ 258.225,74	R\$ 275.796,65	R\$ 299.186,27	R\$ 413.437,50	R\$ 387.418,50
Compra de Bagaço (100%)	R\$ 263.495,65	R\$ 281.425,15	R\$ 305.292,12	R\$ 421.875,00	R\$ 395.325,00
Resultado 100% Bagaço (1)	R\$ 126.373,61	-R\$ 29.779,20	R\$ 121.884,55	R\$ 130.157,00	R\$ 101.813,88
Resultado 90% Bagaço e 10% Cavaco (2)	R\$ 131.643,52	-R\$ 24.150,70	R\$ 127.990,40	R\$ 138.594,50	R\$ 109.720,38
Resultado Total (3)	R\$ 5.269,91	R\$ 5.628,50	R\$ 6.105,84	R\$ 8.437,50	R\$ 7.906,50

(1) = Faturamento de energia – Compra de 100% bagaço

(2) = Faturamento de energia – Compra de cavaco (10%) + bagaço (90%)

(3) = (2) – (1)

Fonte: Usina Moema

Pode se verificar durante os meses observados que, dada as condições de preço de mercado do bagaço e do cavaco, a aquisição do cavaco ao preço negociado de R\$ 60,00/ton apresenta melhores resultados.

Caso a empresa utilizasse somente o bagaço, utilizando-se a variação dos valores do bagaço de transferência entre usinas e valores de mercado, adicionando-se o valor de frete fixado a R\$ 30,00 e considerando o valor da energia ao preço de novembro/2015, teria:

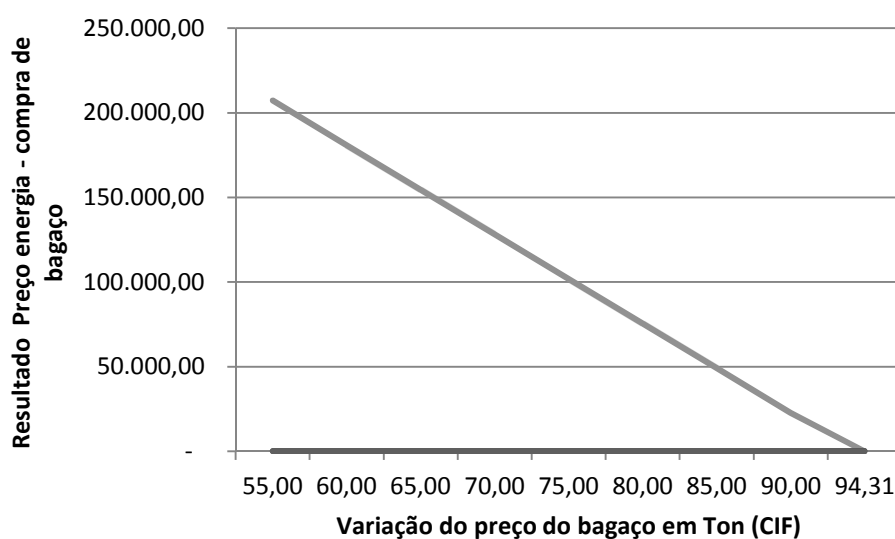


Figura 3 – “Break even point” para a compra de bagaço ao preço da energia em novembro/2015.

Conforme observado na Figura 3, ao preço da energia de R\$ 204,08 praticado em novembro de 2015, o preço máximo para a compra do bagaço, considerando o preço CIF, seria de R\$ 94,31 (Anexo I).

A Tabela 4 demonstra o “break even point” considerando o valor fixado do mês de novembro/2015 para o preço do bagaço de cana, variando o preço do faturamento da energia e a Tabela 5 demonstra o break even point considerando o valor fixado do mês de novembro/2015 para o preço do cavaco variando o preço da energia.

TABELA 4 – Análise de viabilidade para queima do bagaço

Mês		Nov
Exportação durante as horas paradas (MWh)		2.436
Produção de Vapor (ton/mês)		10.962
Bagaço Necessário (tons)		5.271
Preço da Ton de Bagaço	R\$	75,00
Preço da Ton de Cavaco	R\$	60,00
Preço da Energia (MWh)	R\$	162,28
Faturamento Energia	R\$	395.325,00
Compra de Cavaco (10%)	R\$	31.626,00
Compra de Bagaço (90%)	R\$	355.792,50
Compra de cavaco e bagaço	R\$	387.418,50
Compra de Bagaço (100%)	R\$	395.325,00
Resultado 100% Bagaço	R\$	-
Resultado 90% Bagaço e 10% Cavaco	R\$	7.906,50
Resultado Total	R\$	7.906,50

TABELA 5 – Análise de viabilidade para queima do Cavaco

Mês		Nov
Exportação durante as horas paradas (MWh)		2.436
Produção de Vapor (ton/mês)		10.962
Bagaço Necessário (tons)		5.271
Preço da Ton de Bagaço	R\$	75,00
Preço da Ton de Cavaco	R\$	60,00
Preço da Energia (MWh)	R\$	159,04
Faturamento Energia	R\$	387.418,50
Compra de Cavaco (10%)	R\$	31.626,00
Compra de Bagaço (90%)	R\$	355.792,50
Total Compra de Bagaço (90%) e Cavaco (10%)	R\$	387.418,50
Resultado 90% Bagaço e 10% Cavaco	R\$	0

Break Even para compra de bagaço x preço energia: R\$ 162,28/MWh.

Enquanto a usina Moema conseguir comprar cavaco posto usina ao preço de R\$60,00/tons a operação é válida até que o preço da energia seja superior a R\$159,04/MWh. Quando esse preço for maior, até 162,28, compensa a compra de bagaço para não aumentar o custo do produto. Ou seja, enquanto o preço da energia for superior a R\$162,28 compensa transferir bagaço entre usinas ou a compra de terceiros.

Considerando que o preço atual da energia (25/11/2015) é de R\$205,00/MWh, o bagaço a R\$55,00/ton CIF (entre usina – R\$25,00/ton FOB e R\$30,00/ton Frete)

para a quantidade de 5.271 tons e a quantidade de energia que a usina consegue gerar é de 2.436 MWh isso gera um ganho de R\$ 209.560,71, conforme apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 - Aquisição Bagaço entre usinas x Venda para Terceiros

Mês	Nov		
Exportação durante as horas paradas	2.436		
Produção de vapor (ton/mês)	10.962		
Bagaço necessário (ton)	5.271		
Preço do bagaço R\$ CIF (posto na usina)		R\$	55,00
Preço da energia (R\$/MWh)		R\$	205,00
Faturamento energia		R\$	499.380,00
Compra de bagaço (100)		R\$	289.905,00
Resultado 100% Bagaço		R\$	209.475,00

Fonte: Área Comercial de Energia e Biomassa da empresa Bunge Alimentos.

Se vendesse esse bagaço para o mercado, 5.271tons ao preço de R\$ 35,00/ton FOB (preço de mercado) o resultado seria R\$ 184.485,00.

Nas Tabelas 7 e 8 demonstra-se a viabilidade da aquisição do cavaco em duas situações: fixando o preço do cavaco e variando o preço da energia; e fixando o preço da energia e variando o preço do cavaco.

TABELA 7 - Análise de Sensibilidade variando preço Energia

Mês	Nov data base	Varição 1	Varição 2	Varição 3	Varição 4
Exportação durante as horas paradas (MWh)	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436
Produção de Vapor (ton/mês)	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962
Bagaço Necessário (tons)	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271
Preço da Ton de Bagaço	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Cavaco Eucalipto Necessário (tons)	2.928	2.928	2.928	2.928	2.928
Preço da Ton de Cavaco	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Preço da Energia (MWh)	R\$ 204,08	R\$ 150,00	R\$ 175,00	R\$ 200,00	R\$ 225,00
Faturamento Energia	R\$ 497.138,88	R\$ 365.400,00	R\$ 426.300,00	R\$ 487.200,00	R\$ 548.100,00
Compra de Cavaco (10%)	R\$ 31.626,00	R\$ 31.626,00	R\$ 31.626,00	R\$ 31.626,00	R\$ 31.626,00
Compra de Bagaço (90%)	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50
Compra de Bagaço e cavaco	R\$ 387.418,50	R\$ 387.418,50	R\$ 387.418,50	R\$ 387.418,50	R\$ 387.418,50
Compra de Bagaço (100%)	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00
Resultado 100% Bagaço	R\$ 101.813,88	-R\$ 29.925,00	R\$ 30.975,00	R\$ 91.875,00	R\$ 152.775,00
Resultado 90% Bagaço e 10% Cavaco	R\$ 109.720,38	-R\$ 22.018,50	R\$ 38.881,50	R\$ 99.781,50	R\$ 160.681,50

Fonte: Área Comercial de Energia e Biomassa da empresa Bunge Alimentos.

TABELA 8 – Análise de Sensibilidade variando preço Cavaco

Mês	Varição 1	Preço nov/2015	Varição 2	Varição 3	Varição 4
Exportação durante as horas paradas (MWh)	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436
Produção de Vapor (ton/mês)	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962
Bagaço Necessário (tons)	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271
Preço da Ton de Bagaço Cavaco Eucalipto Necessário (tons)	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Preço da Ton de Cavaco	R\$ 55,00	R\$60,00	R\$ 65,00	R\$ 70,00	R\$ 75,00
Preço da Energia (MWh)	R\$ 204,08	R\$ 204,08	R\$ 204,08	R\$ 204,08	R\$ 204,08
Faturamento Energia	R\$ 497.138,88	R\$ 497.138,88	R\$ 497.138,88	R\$ 497.138,88	R\$ 497.138,88
Compra de Cavaco (10%)	R\$ 28.990,50	R\$ 31.626,00	R\$ 34.261,50	R\$ 36.897,00	R\$ 39.532,50
Compra de Bagaço (90%)	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50	R\$ 355.792,50
Compra de Bagaço e cavaco	R\$ 384.783,00	R\$ 387.418,50	R\$ 390.054,00	R\$ 392.689,50	R\$ 395.325,00
Compra de Bagaço (100%)	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00	R\$ 395.325,00
Resultado 100% Bagaço	R\$ 101.813,88	R\$ 101.813,88	R\$ 101.813,88	R\$ 101.813,88	R\$ 101.813,88
Resultado 90% Bagaço e 10% Cavaco	R\$ 112.355,88	R\$ 109.720,38	R\$ 107.084,88	R\$ 104.449,38	R\$ 101.813,88
Resultado Total	R\$ 10.542,00	R\$ 7.906,50	R\$ 5.271,00	R\$ 2.635,50	R\$ -

Fonte: Área Comercial de Energia e Biomassa da empresa Bunge Alimentos.

Na Tabela 7, fixando o preço CIF do cavaco e também do bagaço, a operação fica viável em todos os cenários. Por mais que o resultado final seja negativo, utilizando o cavaco na mescla o ganho é superior quando comparado somente com a utilização do bagaço.

Já na Tabela 8 onde o preço fixo é o da energia a operação se torna viável até que o preço CIF do cavaco seja igual ou inferior a R\$ 75,00/ton. Ultrapassando este valor, o resultado será melhor utilizando 100% de bagaço.

4 CONCLUSÃO

A capacidade de produção de vapor da usina é maior do que a utilizada normalmente na produção de açúcar, etanol e energia.

Foi constatado que com a queima de 22.232 tons de bagaço excedente no período de jul a dez 2015 viabilizaria a cogeração de 10.276 MWh que exportados para rede traria um ganho excedente para empresa.

Foi verificado que a aquisição de cavaco para compor a mescla, reduz o custo de produção, com resultado final positivo na dependência das variações de custo do cavaco e do bagaço e no preço da energia.

Em termos de viabilidade econômica há vantagens na aquisição do cavaco, pois o seu custo é inferior ao bagaço e seu poder calorífico é superior.

5 REFERÊNCIAS

Análise Econômica, 2015. Disponível em: analiseeconomica.com.br. Consulta em 01/12/2015.

BEN 2015 – Balanço Energético Nacional 2015. Ministério das Minas e Energia. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: Set/2015.

BRITO, Jose Otavio, Barichelo, Luiz Ernesto Geirge - **Características do Eucalipto como Combustível: Análise Química Imediata da Madeira e da Casca.** IPEF n.16, p.63-70, 1978.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.ccee.org.br>. Acesso em nov/2015.

COUTO, Carolina Meincke - **Estimativa do poder calorífico de madeiras de acácia-negra e eucalipto do Município de Pelotas** – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS CENTRO DE ENGENHARIAS CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIAS, pág. 42, 2014.

ENEGEP: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008. *Pesq.flor.bras.Colombo*, v.31,n.66,p.113-112,abr./jun.2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em <http://www.epe.gov.br>. Acesso em nov/2015.

GOMES, P.A.; OLIVEIRA, J.B. **Teoria da Carbonização da Madeira.** In: PENEDO, W.R. *Uso da madeira para fins energéticos.* Belo Horizonte: CETEC, 1980. P.27-41.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/out/florestas.php>. Acesso em abr/2016.

LEITE, N. R. e MILITÃO, R. de A. **Tipos e aplicações de caldeiras. PROMINP – ENGENHEIRO DE SUPRIMENTOS.** Disciplina: Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor. Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecânica, 2008

MENEZES – **Poder Calorífico e Análise Imediata da Maravalha de Pinus (Pinus sp) e Araucária (Araucária angustifolia) de reflorestamento como Resíduos de Madeireira.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Pág. 22 – UNIOESTE, 2013.

MF Rural – O agronegócio passa por aqui. Disponível em <http://www.bagacocana.com.br>. Acesso em nov/2015.

NASCIMENTO, Mario Donizete. **OTIMIZAÇÃO DO USO DE LENHA E CAVACO DE MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA EM AGROINDÚSTRIA SEROPÉDICA**. Pág. 45. BOTUCATU – SP, 2007.

NETO, Francisco José Kliemann - **Análise Gerencial de Custos**. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/7082930/>. Acesso em dez/ 2015.

NOGUEIRA, M.F. M. **Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa**. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007.

NÚCLEO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DE ENERGIA/SPE/MME. Capacidade Instalada de Geração Elétrica Brasil e Mundo (2014) Edição: 05/03/2015. Disponível em:<<http://www.mme.gov.br> Acesso em: 9/12/2015.

Nova Cana – Veículo de comunicação do setor sucroenergético do Brasil. Disponível em <https://www.novacana.com/n/cogeracao/mercado/energia-bagaco-especialistas-preco-teto-leilao-a-5-080415/>. Acesso em abr/2016

O Setor Elétrico, Encargos inerentes aos contratos de uso do sistema de transmissão - Capítulo IX, Setembro de 2009. Disponível em: <http://www.oseletrico.com.br>. Consulta em dez/2015.

Opção Verde – Assessoria em Biomassa. Disponível em (<http://www.opcaoverde.com.br>). Acessado em 24/11/2015.

Propriedades da madeira para fins de energia – Laboratório Energia de Biomassa, UFPR, slide 6, 2014.

RENABIO – **Poder Calorífico da Madeira de Resíduos Lignocelulósicos**. Tabela pag 9. Fonte dos testes realizados no LPF/IBAMA; PCI = poder calorífico inferior; e TU = teor de umidade, 2004.

RORIZ, Luiz Filipe. **Queimadores**. Disponível em: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/et_T34.htm. Publicado em 20 de novembro de 2010 em Arte e Ciência. Acesso em dez/2015.

SOUZA, S. N. M; Sordi, A.; Oliva, C. A. **Potencial de energia Primária de Resíduos Vegetais no Paraná**. 4º Encontro de Energia no Meio Rural. 2002.

ANEXOS

ANEXO 1 – Ponto de equilíbrio para a compra de bagaço de cana

ANALISE DE VIABILIDADE PARA QUEIMA DO BAGAÇO ENTRE USINAS									
Mês	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov
Exportação durante as horas paradas (MWh)	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436	2.436
Consumo Especifico da Turbina Ton/MW	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Produção de Vapor (ton/mês)	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962	10.962
Bagaço Necessário (tons)	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271	5.271
Preço Ton de bagaço	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00	64,00
Preço frete	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Preço da Ton de Bagaço CIF usina	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	94,31
Preço da Energia (MWh)	204,08	204,08	204,08	204,08	204,08	204,08	204,08	204,08	204,08
Faturamento Energia	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88	497.138,88
Compra de Bagaço (100%)	289.905,00	316.260,00	342.615,00	368.970,00	395.325,00	421.680,00	448.035,00	474.390,00	497.108,01
Resultado 100% Bagaço	207.233,88	180.878,88	154.523,88	128.168,88	101.813,88	75.458,88	49.103,88	22.748,88	30,87