



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE- AÇÚCAR: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro

WASHINGTON LUIZ TOMAZ

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
wltomaz18@gmail.com

FERNANDA SEROTINI GORDONO

Faculdade de Agudos - FAAG
fernandagordono@hotmail.com

FRANCIANE PIAUI DA SILVA

Centro universitário toledo
franlay@hotmail.com

MARCOS DANIEL GOMES DE CASTRO

Faculdade Orígenes Lessa
marcosdg_12@hotmail.com

MÁRCIA ESPERIDIÃO

Faculdade Integrado INESUL- Instituto de Ensino Superior de Londrina
marciaesperidiao@hotmail.com

COGERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro

A correção de energia proveniente da queima do bagaço da cana-de-açúcar passa a ser alternativa significativa no aumento de competitividade para o setor sucroalcooleiro, uma vez que, possibilita vender excedente de energia gerado. Este artigo contextualiza, a partir de revisão bibliográfica, o conceito da cogeração, principal biomassa (bagaço da cana-de-açúcar), além da aplicabilidade no setor sucroalcooleiro. Com os estudos de casos, realizado em duas usinas do centro oeste paulista, possibilitou levantar dados do volume de cogeração de energia gerada pelas mesmas, bem como as particularidades técnicas na produção de energia. É também contextualizado como as usinas utilizam o resíduo do processo de moagem da cana para geração de energia térmica, mecânica e elétrica, diversificando seus produtos visando um aumento na lucratividade uma vez que aproveita uma matéria-prima de baixo custo. Por meio da pesquisa qualitativa foi verificado vantagens na cogeração de energia elétrica nas indústrias sucroalcooleiras. O maior diferencial que a cogeração traz é a produção de energia elétrica contínua mesmo num período de escassez de chuvas onde é afetado o fornecimento feito pelas hidrelétricas.

Palavras-chaves: Cogeração; Bagaço; Energia Elétrica; Usina de Açúcar.

COGENERATION ENERGY FROM POMACE OF CANE SUGAR: multiple case study in the sugar-alcohol sector

The power correction from the burning of bagasse from sugarcane becomes meaningful alternative in increased competitiveness for the sugar and ethanol sector since it makes it possible to sell generated power surplus. This article analyzes, from literature review, the concept of cogeneration, leading biomass (bagasse from sugarcane), and the applicability in the sugar and alcohol sector. With case studies, carried out in two plants in western São Paulo center, made it possible to collect data from the cogeneration volume generated by them, as well as the technical features in the production of energy. It is also contextualized as the plants use the residue of sugarcane milling process for thermal power generation, mechanical and electrical, diversifying its products aiming at an increase in profitability as it takes advantage of a raw material at low cost. Through qualitative research it was found advantages in energy cogeneration in the sugar and alcohol industries. The biggest difference that brings cogeneration is the production of continuous power even in a period of drought which affected the supply is made by hydroelectric plants.

Keyword: Cogeneration; Bagasse; Energy; Sugar Mill.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com o aumento dos níveis de emissão de poluentes, ocasionados por um crescente consumo de combustíveis fósseis utilizados na produção de energia e o conseqüente impacto ambiental, trouxe à tona a importância do papel das fontes de energia renovável na construção de um futuro energético mais sustentável.

Aliado a isso, as discussões que vem ocorrendo desde a década de 90, sobre a necessidade de garantir o acesso à energia elétrica com qualidade à população de baixa renda nos países em desenvolvimento estimulam reflexões de como alcançar esse objetivo sem degradar o meio ambiente. Neste sentido, vários órgãos e iniciativas internacionais têm apoiado sistematicamente uma maior penetração das fontes renováveis de energia no cenário mundial.

No Brasil a grande oferta de energia provém de duas principais fontes: combustíveis fósseis (petróleo e derivados) e a hidroeletricidade que gera 65,2 % da energia utilizada no país. (BEN, 2015)

Outra fonte de energia que vêm se destacando mundialmente como sendo uma das mais importantes fontes de energia renovável é a biomassa. Entende-se por biomassa toda matéria vegetal ou animal que pode ser reaproveitada como fonte de produção de calor ou eletricidade, como cana-de-açúcar, óleos vegetais, madeira, dejetos orgânicos e resíduos de indústrias alimentícias ou agrícolas (TEIXEIRA, 2010). O Brasil é hoje referência mundial na geração de energia a partir de biomassa.

Um setor em ascensão neste ramo é o sucroalcooleiro, que utiliza o bagaço (um subproduto do processo industrial) como combustível para geração de vapor. Inicialmente, o bagaço de cana que significa 25% a 30% do peso da cana processada com 50% de umidade, foi utilizado nas usinas para geração de calor, substituindo a lenha (TACHIZAWA, 2011). Atualmente o bagaço vem sendo utilizado para gerar vapor, com grande flexibilidade para ser transformado em outras formas de energia como calor, eletricidade ou tração. O aumento do custo da energia, seja elétrica ou de petróleo, tornou mais atraente a utilização do bagaço para cogeração de energia.

Conceitualmente a cogeração pode ser definida como o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil (SEIFERT, 2011). A oferta de eletricidade por cogeração a partir do bagaço de cana apresenta vantagens ambientais pela redução da emissão de CO₂. Isto pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do aumento da geração termoelétrica a partir de combustíveis fósseis, como por exemplo, o gás natural.

Com o grande aumento do consumo de energia, até mesmo pelas próprias usinas, a cogeração de energia ainda necessita de inovações tecnológicas para poder atender a uma grande demanda.

A região centro sul, é a maior produtora de cana-de-açúcar do país, com 571.344 milhões de toneladas registrados na safra de 2014/2015 (ÚNICA, 2015), que resulta em aproximadamente 170 milhões de toneladas de bagaço. Apesar da elevada produção de biomassa, e de seu imenso potencial energético, muitas usinas produzem energia elétrica somente para consumo próprio, desperdiçando o bagaço com caldeira de baixo rendimento.

Portanto esse artigo pretende mostrar a viabilidade da cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Esse tema foi escolhido com o propósito de mostrar a importância da utilização de recursos renováveis para a geração de energia. A pesquisa foi realizada em duas usinas de cana-de-açúcar, uma localizada na cidade de Lençóis Paulista e a outra na cidade de Barra Bonita, na região Centro Oeste Paulista.

A próxima seção desse artigo apresenta uma síntese da revisão bibliográfica a respeito da cogeração de energia e a biomassa no setor sucroalcooleiro. Em seguida, o método da pesquisa e na sequência os estudos de casos, com a intenção de confirmar o objeto da

pesquisa. Finalmente, é apresentada a conclusão e as referências bibliográficas utilizadas no artigo.

2 APORTE TEÓRICO

2.1 Cenário da energia renovável no Brasil: breves considerações

Energia renovável é a energia derivada de fontes que não usam combustíveis esgotáveis (água – energia hidroelétrica; vento – energia eólica; sol – energia solar; marés e fontes geotérmicas). Alguns materiais combustíveis como a biomassa, também podem ser considerados renováveis.

A energia hidráulica é a mais utilizada no Brasil e é responsável pelo uso 65,2% da produção de energia no país, em seguida vem a biomassa com 7,4% e a eólica com 2,0% (BEN, 2015). O Brasil tem outras fontes de energia renováveis, mas a participação delas é tão pequena na produção total do país que não ganham destaque na matriz energética brasileira.

Em 2014 registrou-se um crescimento na utilização de fontes renováveis na produção elétrica do Brasil de 5,7% comparando com o que foi gerado em 2013. Apesar deste crescimento de produção energética, no ano de 2014 as hidrelétricas geraram 624,3 TW/h, apresentando uma queda de produção de 4,5%. Porém, o segmento energético de biomassa mostrou um aumento de 12,7%.

Sendo assim, houve um aumento expressivo da utilização da biomassa como fonte de energia renovável no país. Por esta razão, na visão de Pacini e Silveira (2010) é possível aperfeiçoar a produção de energia renovável, uma vez que está em face de crescimento, tanto no Brasil, como em outros continentes, que é o caso da África.

2.1.1 Biomassa

De todas as fontes renováveis de energia existentes, a biomassa hoje se apresenta como sendo a mais expressiva, correspondendo a 15,7% da produção de energia renovável brasileira, no total de 39,4% (BEN, 2015). Toda matéria orgânica proveniente de florestas, esgotos domésticos e resíduos industriais é considerada biomassa. Na região estudada deste artigo, o resíduo industrial mais utilizado como biomassa para a produção de energia calorífica e elétrica vem das indústrias sucroalcooleiras, ou seja, o bagaço. Sua fonte é a cana-de-açúcar e é a segunda fonte renovável mais utilizada na matriz energética brasileira (BEN, 2015).

A renovação da biomassa ocorre através do ciclo do carbono. A queima da biomassa ou de seus derivados provoca a liberação de CO₂ na atmosfera. As plantas, através da fotossíntese, transformam esse CO₂ em hidratos de carbono, liberando oxigênio. Assim, a utilização da biomassa, desde que não seja de forma predatória, não altera a composição da atmosfera.

A biomassa se destaca pelo alto poder energético e pelas facilidades de armazenamento e transporte, além do baixo custo na produção de energia elétrica pelo fato de ser renovável e ser bem menos poluente que o petróleo e o carvão, conforme mostra a figura 01.

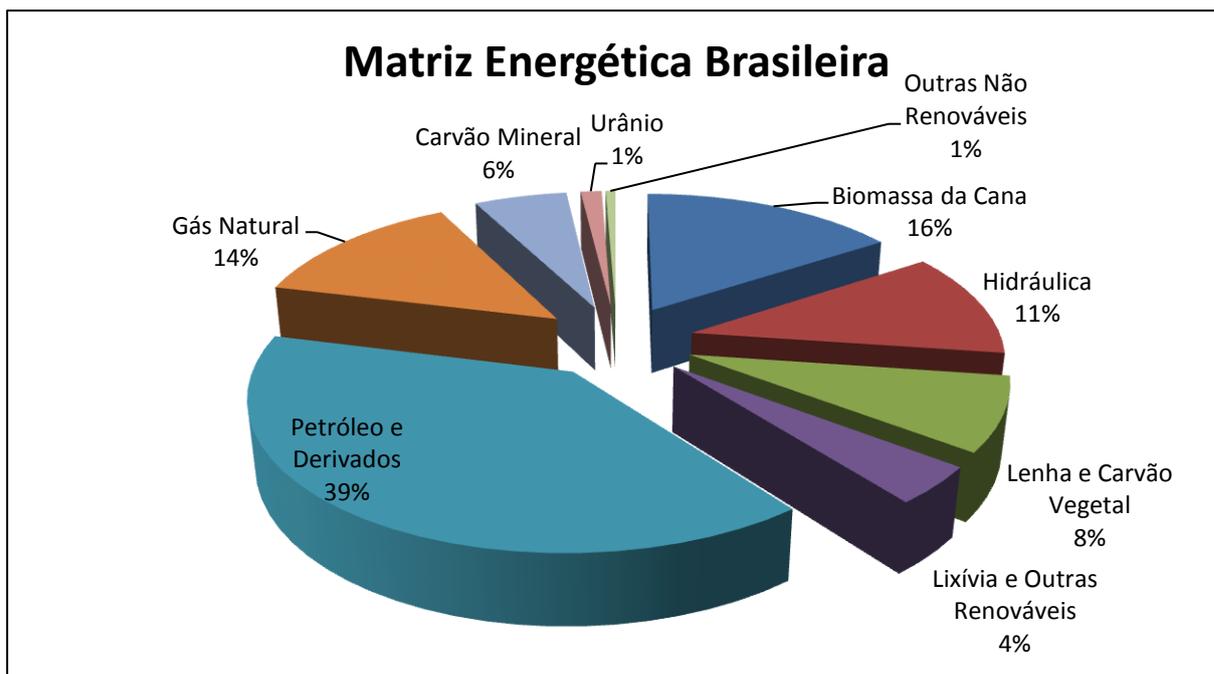


Figura 01 - Matriz Energética Brasileira
Fonte: BEN (2015)

2.2 Cogeração de energia

Apesar do conceito de cogeração estar bem definido em todo o mundo, tem-se uma variedade de definições, dadas por diversos conhecedores do assunto. Poulallion e Corrêa (2000, apud, DANTAS, 2008, p. 40) dizem que a:

cogeração é uma unidade de produção associada de energia mecânica e térmica, sendo a energia mecânica diretamente em acionamento (compressor, bomba, soprador, moendas, etc.) ou para sua conversão em energia elétrica (gerador elétrico) para uso final (motor elétrico, eletrotérmica, eletroquímica, etc.)

No plano de expansão 2000/2009 “cogeração é a geração simultânea de energia térmica para calor de processo e energia elétrica ou mecânica a partir de um combustível” (ELETROBRÁS, 2000).

A geração de energia térmica e mecânica para movimentar equipamentos não é uma prática recente, ela é utilizada desde a Revolução Industrial na criação da máquina a vapor.

Na década de 1980, após a 2ª crise do petróleo, houve um aumento no preço da energia elétrica no Brasil e no mundo. Com isso o custo de produção das indústrias também aumentou consideravelmente, já que havia a necessidade de se produzir mais.

Ainda nessa época o setor sucroalcooleiro começou a aproveitar o vapor gerado pelas caldeiras não só no processo produtivo, mas também na geração de energia elétrica para consumo próprio, evitando a compra de energia de companhias elétricas durante a safra. Ainda não havia nenhum interesse em comercializar a energia elétrica produzida nas indústrias (GOLDENBERG, P; GUERRA, F, 2008).

Segundo Dantas e Castro (2008), a decisão de adotar tecnologias de cogeração pouco eficientes tinha como premissa maximizar a queima do bagaço de cana-de-açúcar devido às dificuldades de estocagem e a pouca relevância do mercado para a venda de eventuais excedentes de bagaço *in natura*. Também não havia interesse comercial em investir em plantas de geração de eletricidade mais eficientes, capazes de exportar um excedente para a rede.

Desde então as usinas de açúcar e álcool se tornaram autossuficientes em energia elétrica. Com incentivos do governo as usinas começaram a investir em seu processo no

intuito de aumentar a geração de vapor para também aumentar a geração de energia para comercialização.

Segundo Ribeiro (2010), pode se afirmar que a cogeração apresenta vantagens de eficiência em relação à geração termoelétrica, pela destinação final da energia produzida. Enquanto na geração termoelétrica uma parte do calor é sempre desprezada, na cogeração esse calor alimenta processos produtivos, fazendo com que a eficiência global seja superior.

2.3 Sistema Convencional x Sistema de Cogeração

Comparando os dois sistemas pode-se dizer que na cogeração tem um melhor aproveitamento da energia do combustível utilizado.

No sistema convencional 65% da energia do combustível (fóssil) é transformada em calor e perdido no meio ambiente, e apenas 35% é utilizado na geração de energia elétrica como mostra a figura 2.



Figura 02 - Esquemática do sistema convencional

Fonte: Eficiência energética (2013).

No sistema de cogeração também somente 35% é usado na geração de energia elétrica, mas essa perda de energia cai para 15%, simplesmente porque os 50% restantes é transformado em energia térmica e aproveitado no processo. A figura 03 mostra o balanço energético de um sistema de cogeração.

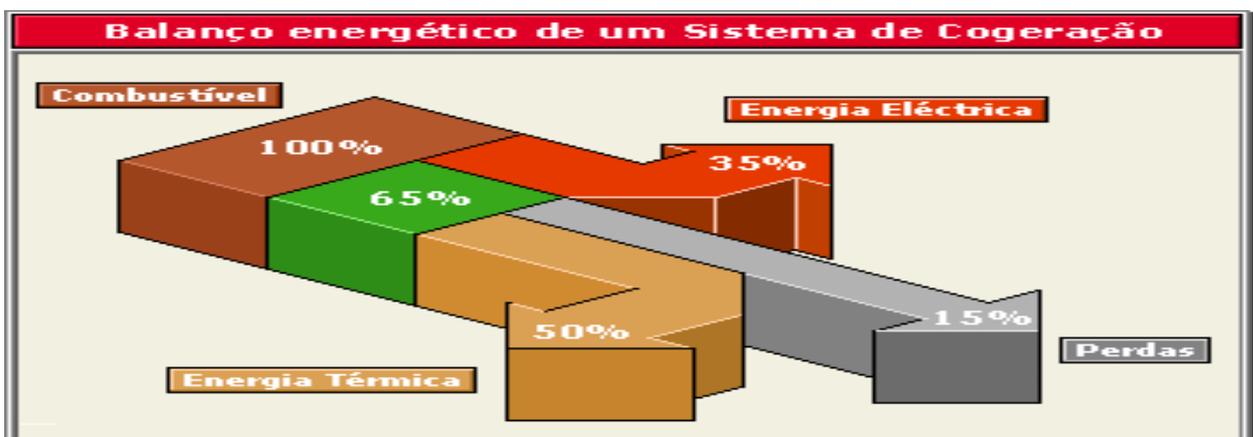


Figura 03 - Esquemática de sistema de cogeração

Fonte: Eficiência energética (2013).

Apesar das vantagens que mostra a viabilidade da cogeração, toda essa energia térmica gerada pode ser utilizada somente próxima à fonte geradora, porque há uma perda de temperatura do vapor se a rede de tubulação for muito longa até chegar ao seu destino final.

Mas isso não ofusca a ação benéfica que a cogeração traz ao meio ambiente e para a sociedade.

Das perdas totais de um sistema termelétrico convencional a vapor, 10% referem-se à caldeira e cerca de 55% ao calor contido no vapor de exaustão nas turbinas a vapor. O vapor de exaustão das turbinas de condensação utilizadas nas usinas termelétricas apresenta temperaturas entre 30 e 45°C, contendo por volta de 610 kcal/kg de vapor, calor este que é praticamente todo dissipado nas torres de resfriamento, representando grande energia térmica perdida. Para tornar essa energia utilizável, pode-se promover um escape com temperaturas mais elevadas, de 200 a 300° C, ou a utilização a gás no processo, cujo calor de exaustão representa temperatura acima de 500° C. Dessa forma, a quantidade de calor perdida pode ser recuperada através do processo de cogeração, que é hoje cada vez mais utilizado em todo o mundo (SILVEIRA, PINHEIRO & GIMENES, 2000, p.87, *apud*, SOUZA, 2003, p. 102).

É importante observar que o processo de cogeração é, antes de tudo, uma ação de utilização racional de energia, uma vez que o rendimento do processo de geração de energia é elevado a partir da produção combinada, dando-se um melhor aproveitamento no conteúdo energético do combustível básico.

As indústrias que utilizam a prática de cogeração, são aquelas que geram resíduos que podem ser utilizados como combustível e estão distribuídas da seguinte forma, como mostra a figura 04.

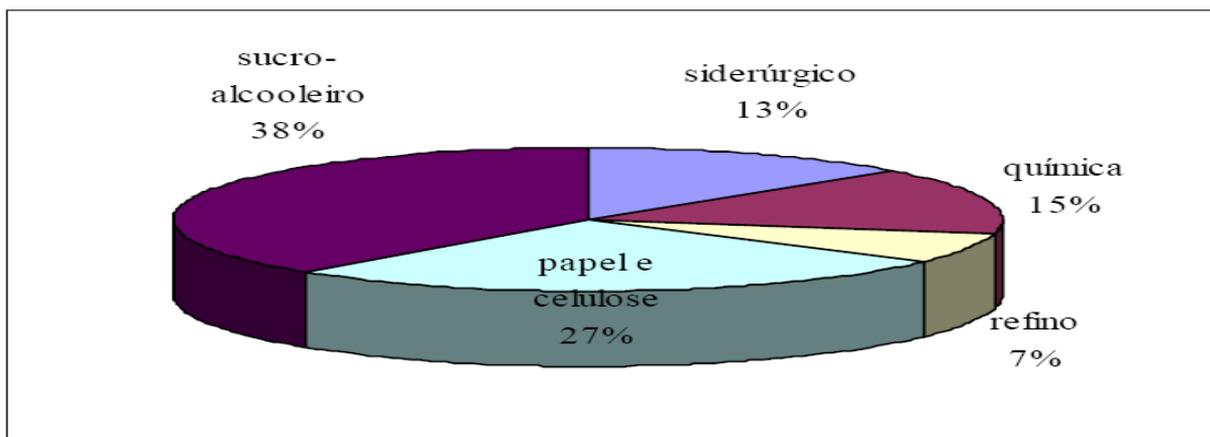


Figura 04 - Empresas Cogradoras

Fonte: Eletrobrás (2012)

2.4 Cogeração no setor sucroalcooleiro

É uma prática que já vem sendo feita pelas usinas há um bom tempo, mas para poder produzir o suficiente atendendo ao seu próprio consumo e ter um excedente para venda, as usinas tem que fazer algumas melhorias na planta industrial.

As usinas mais antigas do país, que se privaram de inovações tecnológicas ainda trabalham com caldeiras de baixa pressão, tendo um baixo rendimento térmico gerando energia mecânica suficiente somente para acionar moendas.

A produção elétrica nas usinas de açúcar e álcool, em sistemas de cogeração que usam o bagaço da cana como combustível, é prática tradicional desse segmento industrial em todo o mundo. O que muda, dependendo das condições particulares de cada país, é a eficiência de uso do bagaço. Em termos mundiais a experiência brasileira é importante em função do porte da atividade canavieira, mas não da eficiência com que a biomassa é empregada (WALTER, 1994).

Quanto à tecnologia de cogeração, tradicionalmente as usinas utilizam ciclos de contrapressão capazes de garantir apenas o auto suprimento energético da usina. Contudo, mesmo nesse tipo de solução, algumas modificações, dentre as quais se destaca a utilização de caldeiras com maior pressão, permite atingir um nível de eficiência energético considerável, com a geração de algo em torno de 40 kWh por tonelada de cana processada (CORRÊA NETO e RAMÓN, 2002).

Não é somente a instalação de caldeiras de alta pressão que irá fazer com que as usinas comercializem energia elétrica. A instalação de uma subestação e linhas de transmissão de 138 KV, além de turbos geradores capazes de receber alta pressão de vapor e temperatura que pode chegar a 530° C, o sistema de alimentação de combustível (bagaço) e água também deve acompanhar as melhorias.

Na década de 90 as usinas trabalhavam com caldeiras de 42kgf/cm². No início de 2000 algumas usinas já iniciavam a instalações de caldeiras de 65kgf/cm², hoje tem usinas com caldeiras de até 90kgf/cm².

A eletricidade hoje já é considerada o terceiro produto do setor sucroalcooleiro. Atualmente, aproximadamente 10% das usinas em funcionamento geram a bioeletricidade, mas esse número vem crescendo com instalação de novas e modernas unidades (ÚNICA 2015). Segundo o autor, vem aumentando o reconhecimento e a importância do aproveitamento da potência da biomassa.

A cogeração se tornou uma prática essencial para as usinas de açúcar e álcool, pois além de atender sua necessidade de energia térmica e mecânica, usa o resíduo (bagaço) que sobra da moagem da cana como combustível, conforme mostra a figura 05.

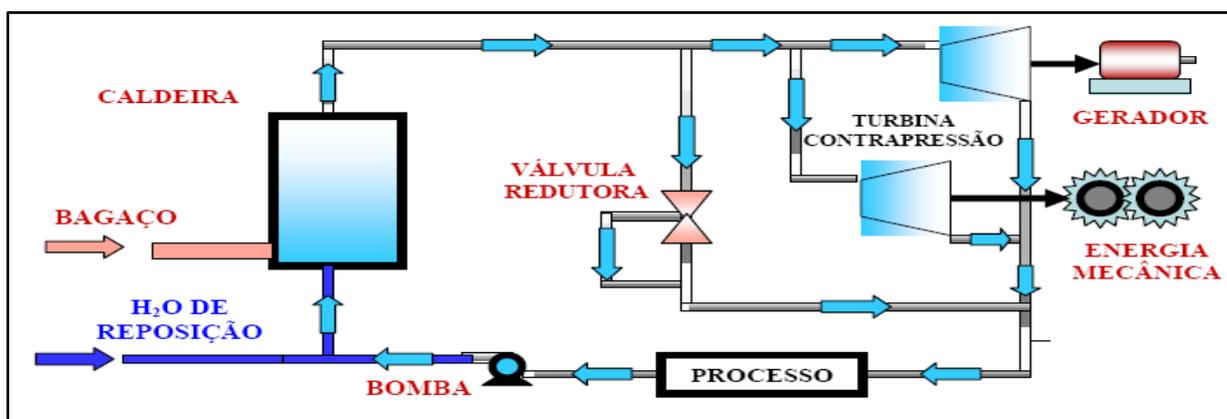


Figura 05 - Diagrama padrão de cogeração da usina de açúcar e álcool.

Fonte: Pessine (2008, *apud*, DANTAS, 2008, p.50).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste artigo foi utilizada uma pesquisa qualitativa voltada para a compreensão e entendimento dos participantes, a fim de extrair informações de como eles agem em atividades concretas, de acordo com Grahame (1999), buscando atingir o objetivo do trabalho, que é mostrar a viabilidade da cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Ludke (1986) explica que a pesquisa qualitativa tem como fonte direta de dados do ambiente natural e o seu principal instrumento é o pesquisador.

Quanto ao objetivo da pesquisa, segundo Gil (2008), teve caráter exploratório, uma vez que envolveu um levantamento bibliográfico e entrevistas visando uma maior familiaridade com o problema, tornando-o mais visível. Tendo como base o conceito de Selltiz (1967), o levantamento bibliográfico, a entrevista, o contato com os entrevistados e a observação nas empresas fornecem um conjunto de coleta de dados.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa contou com estudo de caso múltiplos, pois para Yin (2005) o estudo de caso permite uma melhor compreensão dos fenômenos ocorridos, pois investiga a realidade de forma completa e profunda.

Os instrumentos metodológicos utilizados para a coleta de dados foram a análise de documentos, observação *in loco* e entrevistas, conforme sugere Miguel (2007), a fim de levantar as evidências que proporcionam sólida interpretação da realidade estudada.

A pesquisa foi realizada com duas empresas do setor sucroalcooleiro do centro oeste do estado de São Paulo, sendo uma usina localizada na cidade de Lençóis Paulista e a outra na cidade de Barra Bonita.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A pesquisa de campo foi realizada em duas usinas do centro oeste paulista: Usina Barra Grande (Grupo Zilor), localizada em Lençóis Paulista e Usina da Barra (Grupo Cosan) em Barra Bonita. Todas com tradição no mercado de açúcar e álcool a mais de 60 anos.

4.1 Usina Barra Grande – Grupo Zilor

Fundada em 1947, pelas famílias Zillo e Lorenzetti, sempre esteve focada na produção de açúcar e álcool se destacando no setor sucroalcooleiro pela produção e tecnologia adquirida. Com o passar do tempo a produção de seus dois principais produtos (açúcar e álcool), não era mais o principal motivo para a modernização da planta, a geração de energia elétrica passou a ser a grande oportunidade de diversificação dos seus produtos, além da autossuficiência na produção de energia para consumo próprio.

Conforme ilustra a figura 06, a empresa é equipada com duas caldeiras de 42 kfg/cm² e uma de 65 kfg/cm², ternos de moenda com capacidade para moer 21.000 ton./dia a usina gera 62 MW/h sendo 17 MW/h para consumo próprio e utilizando um excedente de 45 MW/h para venda, possuindo também duas casas de força responsáveis pela geração e distribuição da energia gerada.



Figura 06 - Caldeiras

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

A casa de força 1 é composta por 3 geradores com potência nominal de 6,6 MW, 7,5MW, e 18,75MW, gerando em média 30MW. É alimentada com uma pressão de 42kgf/cm², fornece toda a energia elétrica que a usina necessita e o restante é exportado.

A casa de força 2 tem um único gerador com 2 turbinas alimentadas com uma pressão de 65 kgf/cm², totalmente automatizado. Entrou em operação em 2003 com o principal objetivo de aumentar a cogeração de energia elétrica excedente e fornecer vapor de 21kgf/cm² para o processo de moagem.

Por safra (média de 220 dias) a usina tem a capacidade de processar 4.300.000 toneladas de cana gerando aproximadamente 1.290.000 toneladas de bagaço, tendo condições de gerar um excedente de 197.000 MW de energia para venda. Mas devido à ocorrência de chuvas essa produtividade pode sofrer variações, e pode haver a necessidade de compra de bagaço de outras usinas, como ocorreu na safra 2009/2010.

Os gráficos 01, 02 e 03 mostram a quantidade de cana moída, bagaço e energia excedente nas safras de 2005 a 2009 da Usina Barra Grande.

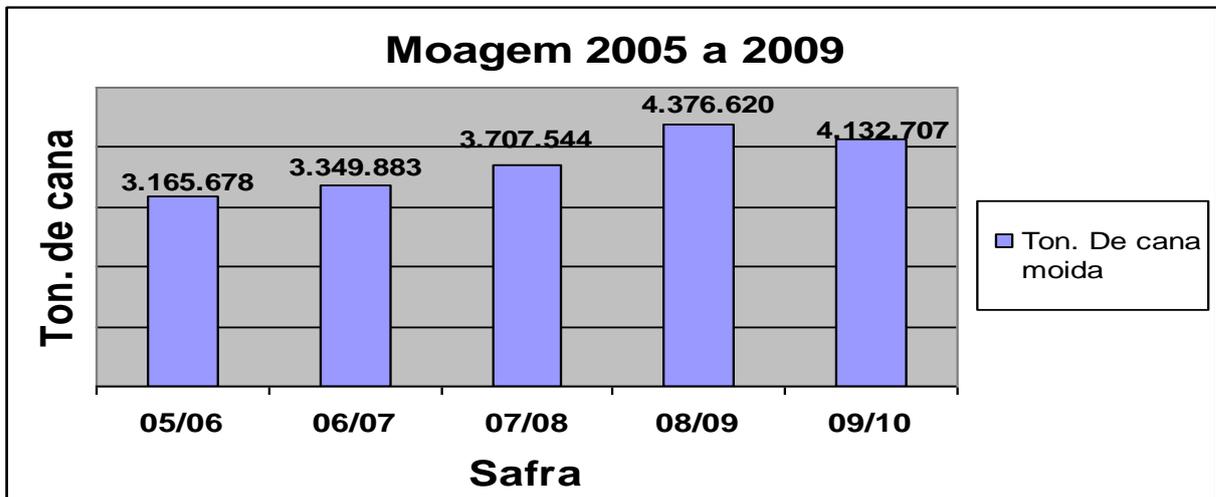


Gráfico 01 - Moagem de cana por safra
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

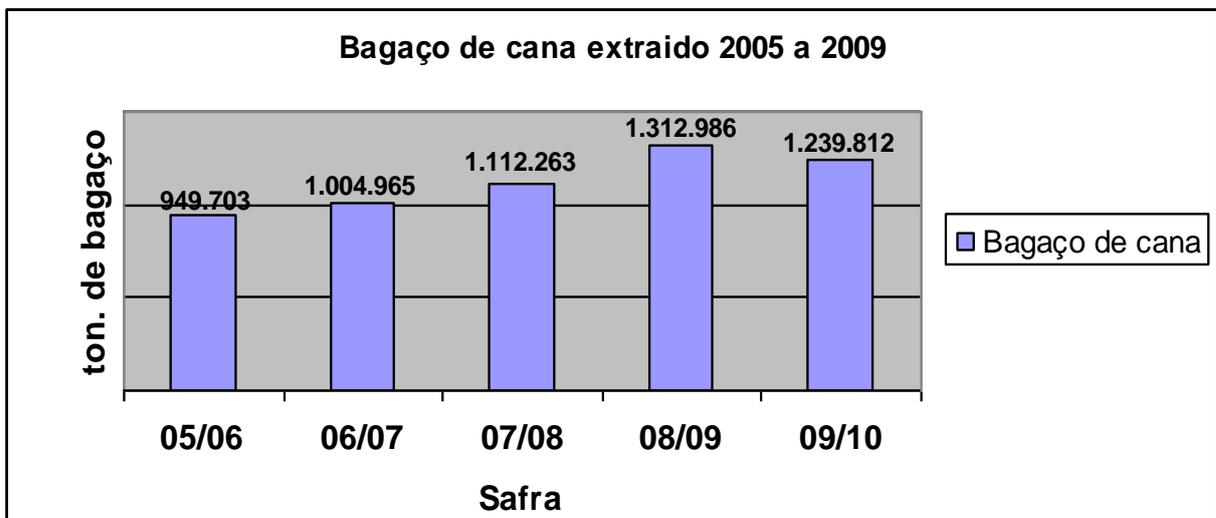


Gráfico 02 - Bagaço de cana extraído na moagem
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

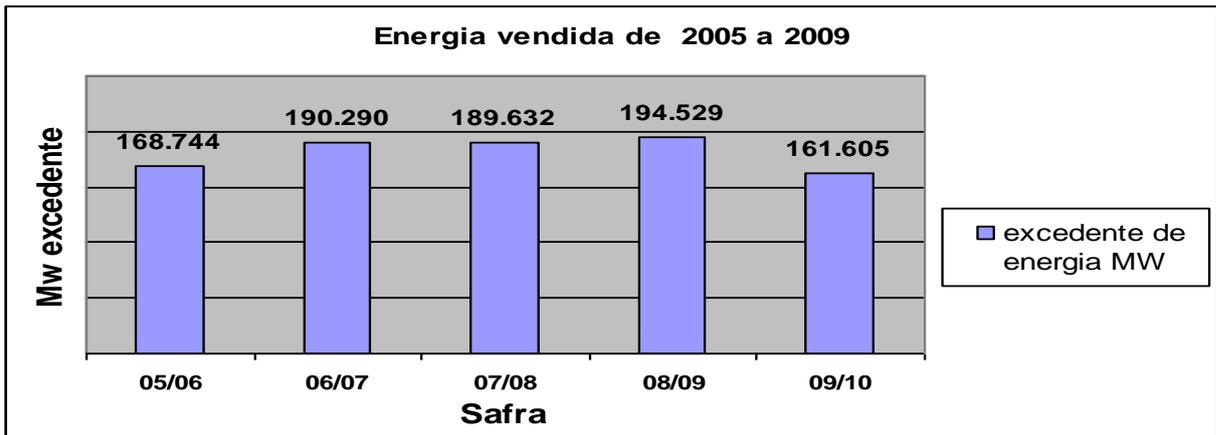


Gráfico 03 - Energia excedente por safra
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

4.2 Usina da Barra – Grupo Cosan

Em 1945 entra em operação a Usina da Barra, fundada pelo usineiro Pedro Ometto. É uma das maiores usinas de açúcar e álcool do mundo em capacidade de moagem (7.200.00 ton. de cana), também focada na produção de açúcar e álcool atuando no mercado varejista dona da marca Da Barra.

A usina até a safra 2009/2010 utilizava o bagaço da cana para gerar energia elétrica somente para atender o seu próprio consumo, mas com a intenção de também diversificar seus produtos investiu em seu sistema de cogeração, aumentando de 19 MW/h para 66 MW/h, prevendo utilizar 24 MW/h e exportar 37 MW/h. Em sua primeira configuração de cogeração a usina conta com 3 geradores que juntos tem a capacidade nominal de gerar 21 MW/h, e é alimentado com uma pressão de 21 kgf/cm² capaz de atender toda a necessidade elétrica da planta industrial. A figura 07 mostra os geradores de energia e a figura 08 as turbinas a vapor da empresa estudada.



Figura 07 - Geradores de energia
Fonte: Usina da Barra – Grupo Cosan



Figura 08 - Turbina a vapor

Fonte: Usina da Barra – Grupo Cosan

Com o objetivo de comercializar a energia elétrica excedente, este ano está entrando em operação uma caldeira com a capacidade em operar a 100 kgf/cm², que irá triplicar sua cogeração de energia elétrica. Essa caldeira será responsável por alimentar 2 turbinas acopladas a geradores produzindo 32 MW/h cada um, ficando entre as 10 maiores usinas cogedoras de energia elétrica.

4.3 Processo de cogeração das usinas pesquisadas

O caminhão carregado é pesado em uma balança rodoviária e em seguida essa carga é enviada a um tomador de amostra. A partir da pesagem e amostragem da cana serão realizadas análises laboratoriais que fornecerão informações importantes relacionadas ao processo de fabricação de açúcar e álcool e pagamento aos fornecedores.

A cana é então direcionada ao hilo para seu descarregamento, que é efetuado por uma mesa alimentadora (figura 09) que leva a cana até a uma esteira metálica. Com o auxílio de alguns equipamentos como picadores, desfibradores e espalhadores a cana ficará mais uniforme facilitando assim a extração do caldo nos ternos de moenda onde o bagaço será separado. Abaixo, a figura 10 mostra a visão panorâmica da moenda.



Figura 09 - Mesas alimentadoras

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor



Figura 10 - Vista panorâmica da moenda
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

Depois de separado, o bagaço é enviado à caldeira por meio de esteiras de lonas de borracha (figura 11). Assim que chega à caldeira o bagaço volta e ser transportado por esteiras metálicas (figura 12) que passam sobre as bicas de alimentação, responsáveis por manter a quantidade suficiente de combustível (bagaço) para atender a necessidade da caldeira.

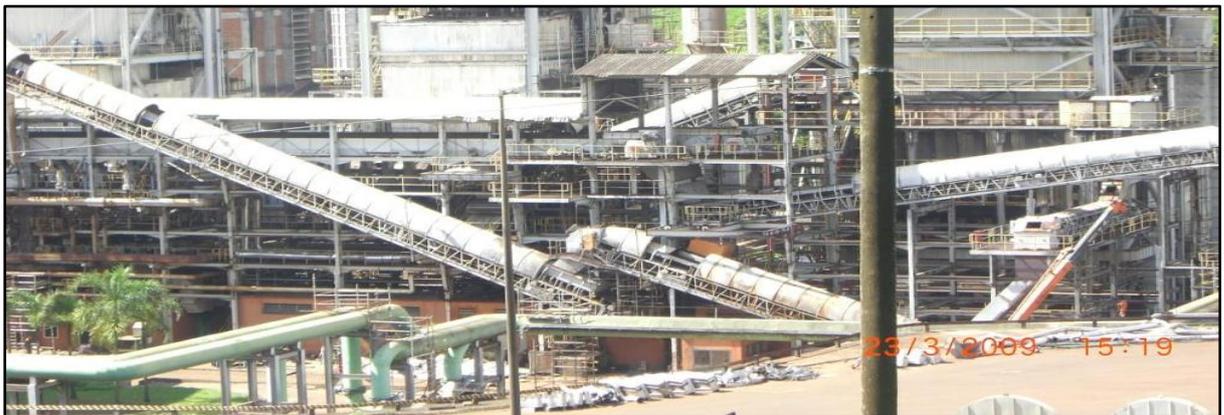


Figura 11 - Esteira transportadora de bagaço
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

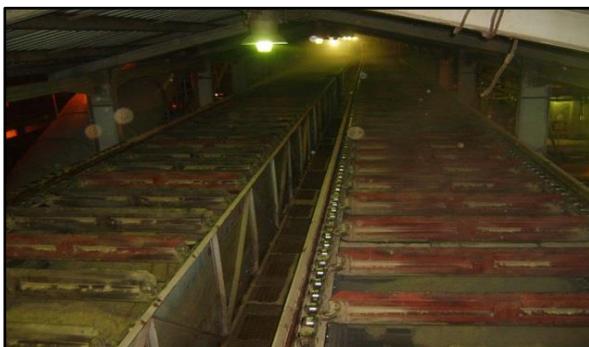


Figura 12 - Esteira metálica transportadora de bagaço
Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

Mas nem todo o bagaço que passa sobre a bica de alimentação é utilizado, o excesso é jogado em outra esteira que levará o excedente até um local destinado a armazenagem. Se a

quantidade de bagaço que vem da moenda não for o suficiente para manter a eficiência adequada da caldeira para a geração de vapor, existe um sistema de retorno que alimenta a caldeira com o bagaço já estocado.

A queima desse bagaço irá gerar vapor com uma determinada pressão, que no caso das usinas pesquisadas variam de 42 kgf./cm² a 100 kgf./cm². Esse vapor pressurizado irá girar turbinas, transformando a energia térmica em energia mecânica para os rotores, acionando geradores de energia elétrica, e pequenas turbinas que irão acionar picadores, desfibradores e ternos de moendas (figura 13), mas para esses equipamentos a pressão deve ser no máximo de 21 kgf./cm², e para isso são instaladas válvulas redutoras de pressão.



Figura 13 - Turbinas dos picadores, desfibradores e espalhadores

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

Algumas usinas utilizam um gerador capaz de suportar altas temperaturas e pressão para gerar energia elétrica para seu próprio consumo e venda do excedente e diminuir a pressão para essas turbinas menores.

O vapor resultante dessa turbina, conhecido como vapor de escape com 1,5 kgf./cm² de pressão é destinado ao processo de fabricação do açúcar e do álcool, aproveitando sua energia térmica, e o vapor condensado que também sobra dessas turbinas volta para a caldeira para o reaproveitamento, completando assim a cogeração.

A energia elétrica excedente é enviada para uma subestação, que com auxílio de dois transformadores de 35/45MVA e 25/32MVA, transformam 13800V em 138000V, seguindo para a rede da companhia elétrica (CPFL), conforme mostra a figura 14.



Figura 14 - Subestação de energia na usina

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do tempo às pesquisas vêm avançando cada vez mais, e o bagaço da cana-de-açúcar que antes era considerado rejeito, sendo queimado causando emissões de gases poluentes, vem ganhando novas utilidades no mercado. Assim, esses resíduos são eliminados do meio ambiente e ganham vida útil (SOUZA, 2002).

Em constante crescimento, o setor sucroalcooleiro no Brasil com a sua substância essencial, a cana-de-açúcar, atua na produção do álcool e açúcar, e com isso colabora economicamente com o país. A indústria alcooleira vem atuando também com algumas práticas sustentáveis de reaproveitamento do bagaço da cana, usando essa matéria prima como base na produção de energia elétrica, bicomustíveis, e outras inovações, beneficiando a empresa além de economicamente, pelo baixo custo de aquisição do bagaço, essas práticas colaboram com a preservação ambiental, pois o bagaço passa a não ser mais descartado em campos abertos, e sim reutilizado.

O estudo foi realizado através de uma pesquisa qualitativa baseada no método de estudo de casos múltiplos, utilizando instrumentos metodológicos para coleta de dados, sendo que tais métodos foram apropriados, uma vez que possibilitaram que a pesquisa atingisse seu objetivo, ou seja, analisasse a viabilidade da cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar.

O artigo apresentou algumas vantagens na cogeração de energia elétrica nas indústrias sucroalcooleiras como: a preservação dos recursos naturais, diminuição da dependência de combustíveis fósseis, diminuição de emissão de CO₂ na atmosfera e servindo como um complemento no potencial energético brasileiro.

Foi demonstrado como as usinas utilizam o resíduo do processo moagem da cana para geração de energia térmica, mecânica e elétrica, diversificando seus produtos visando um aumento na lucratividade uma vez que aproveita uma matéria-prima de baixo custo.

Ao longo desse estudo também foi abordado à importância da cogeração de energia para manter o Brasil como potência mundial quando se fala em energia renovável e sustentável. Com o crescimento no consumo de energia elétrica a cogeração de energia a partir de biomassa atualmente é a opção mais viável nos aspectos econômicos e ambientais.

O maior diferencial que cogeração traz é a produção de energia elétrica contínua mesmo num período de escassez de chuvas onde é afetado o fornecimento feito pelas hidrelétricas.

Para futuras pesquisas, sugere-se analisar quais as aplicações do bagaço da cana-de-açúcar são mais rentáveis, visto que a maior parte das empresas a utiliza apenas no processo

de cogeração de energia. Como também fazer um estudo comparativo dos benefícios e dificuldades e a rentabilidade da utilização da biomassa – cana-de-açúcar com o cavaco de lenha.

REFERÊNCIAS

BEN. Balanço energético nacional. 2015. Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2015_Web.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Cogeração no Setor Sucroalcooleiro. Setap. Brasília, 2002

DANTAS, G. de A; CASTRO, N. J. de. O Uso do Bagaço e da Palha: Bioeletricidade ou Etanol Celulósico? In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

DANTAS, G. de A. O Impacto dos Créditos de Carbono na Rentabilidade da Cogeração Sucroalcooleira Brasileira. Dissertação de Mestrado. ISEG/Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAHAME,P. Doing qualitative research: Three problematics. Boston: University of Massachusetts, 1999.

GOLDENBERG, P.; GUERRA, F. Inovação na Geração de Energia Elétrica a Partir do Bagaço de Cana. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

LUDKE, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção. v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

PACINI, H; SILVEIRA, S. (2010a) Ethanol or gasoline? Consumer choice in face of different fuel pricing systems in Brazil and Sweden. Biofuels vol 1, issue 5. pp. 685-695.

RIBEIRO, Silvio. Gestão ambiental em usinas do setor sucroalcooleiro: fatores de influência e práticas adotadas. 2010. 136 f. Dissertação de Mestrado- UNESP, Bauru, 2010.

SEIFERT, Mari Elizabete Bernardini. Gestão Ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. São Paulo: Atlas, 2011

TACHIZAWA, Takeshy. Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: estratégia de negócios focadas na realidade brasileira.São Paulo: Atlas,2011.

TEIXEIRA, Ronaldo Soares. Utilização de resíduos sucro-alcooleiros na fabricação de fibrocimento pelo processo de extrusão. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e

Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SELLTIZ, C. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

SOUZA, Z. J. de,. **Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: entraves estruturais e custo de transação**. Tese de Doutorado. UFSCar, 2003.

SOUZA, O. **Aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar como alimento volumoso para ruminantes**. Embrapa, Sergipe, out.2002. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/CMT07.pdf>>. Acesso em: 09 de jul. 2015.

ÚNICA. União da indústria de cana-de-açúcar. Estudo da Matriz Energética. Disponível em: < <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1610&safr=2013%2F2014&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>>. Acesso em 08 jul. 2015.

WALTER, A. C. S. **Viabilidade e perspectivas da cogeração e geração termelétrica no setor sucroalcooleiro**. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas, 1994.

YIN, Robert K. **Estudos de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.