

A UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇUCAR PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: O ESTUDO DE CASO EM UMA USINA SUCROENERGÉTICA DE GRANDE PORTE

Geraldo Jose Ferraresi de Araujo¹, Adhemar Ronquim Filho²

¹Bacharel e mestre em administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP; e mail: geraldoferraresi@gmail.com;

²Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pelo Centro Universitário de Araraquara e doutorando pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP; e-mail: aronquim@gmail.com

RESUMO

O setor sucroenergético tem um papel fundamental no setor de energia no Brasil, além da produção de etanol, contribui substancialmente na geração de energia elétrica limpa, renovável e distribuída no espaço geográfico. Nesse sentido, ante a crise do setor sucroenergetico, a queima do bagaço da cana de açúcar para produção de eletricidade pode vir contribuir de maneira a não só atenuar a crise supracitada, mas também resolver o problema da emissão de gases efeito estufa. Ante o exposto, justifica-se um estudo sobre essa temática, norteada a partir da seguinte questão: como a reutilização do bagaço da cana de açúcar para produção de energia elétrica pode auxiliar na superação da presente crise do setor sucroaenergetico? Para responder a pergunta, a metodologia utilizada foi à pesquisa qualitativa para a construção do estudo de caso realizado uma usina de grande porte, através de uma entrevista semiestruturada com o gestor de qualidade industrial, com o objetivo de responder a problemática da pesquisa e concomitantemente compreender o processo de reutilização do bagaço da cana para geração de eletricidade. Pode-se concluir e responder a problemática da pesquisa que a usina estudada, dado sua preocupação socioambiental, na safra 2016/2017 gerou 720 mil MWh, aonde a receita líquida de venda de eletricidade totalizou R\$ 152 milhões, como também, agregou valor à marca da empresa junto aos stakeholders.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Setor Sucroenergético. Bagaço da Cana de Açúcar.

ABSTRACT

The sugar-energy sector plays a fundamental role in the energy sector in Brazil, in addition to the production of ethanol, it contributes substantially to the generation of clean, renewable and distributed electric energy in the geographic space. In this sense, before the crisis of the sugar-energy sector, the burning of sugarcane bagasse for electricity production may contribute in a way not only to mitigate the crisis mentioned above, but also to solve the problem of greenhouse gas emissions. Given the above, a study on this subject is justified, based on the following question: how can the reuse of sugarcane bagasse for the production of electric energy help to overcome the present crisis of the sugar-energy sector? To answer the question, the methodology used was to the qualitative research for the construction of the case study carried out a large plant, through a semi-structured interview with the manager of industrial quality, with the objective of answering the research problem and concomitantly understanding the process of reuse of sugarcane bagasse for electricity generation. One can conclude and answer the research question that the plant studied, given its socio-environmental concern, in the 2016/2017 harvest generated 720 thousand MWh, where the net sales revenue of electricity totaled R \$ 152 million, as well as adding value to the of the company with its stakeholders.

Keywords: Electric Power. Sucroenergético Sector. Sugarcane bagasse.

1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar foi uma das primeiras atividades econômicas e serem desenvolvidos no país, a partir de 1530, através de Martin Afonso de Souza com o início do processo colonial brasileiro, posicionando o Brasil como fornecedor de açúcar na divisão internacional de trabalho.

Mesmo com o desenvolvimento de outras atividades econômicas no país, do século XVI até a presente data, de acordo com Garcêz (2013) o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o maior produtor e exportador de açúcar e o segundo maior produtor de etanol do mundo. O setor sucroenergético foi responsável por aproximadamente 2% do PIB nacional e por 31% do PIB da agricultura no Brasil em 2012, tendo empregado cerca de 4,5 milhões de pessoas.

O Brasil produziu próximo de 590 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo que a região Centro-Sul é responsável por aproximadamente 90% dessa produção (GARCÊZ, 2013).

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar movimentou, na safra 2013/2014, em torno de US\$ 107 bilhões, contribuindo com cerca de US\$ 8,5 bilhões de impostos. Além da comercialização de 14,54 bilhões de litros de etanol, e 11,13 milhões de toneladas de açúcar para o mercado interno, as exportações de etanol somaram US\$ 1,67 bilhão, e 26,63 milhões de toneladas de açúcar (NEVES; TROMBIN, 2014).

Embora os Estados Unidos da América liderem a produção mundial de etanol, a vantagem competitiva do Brasil frente aos seus concorrentes, de acordo com Souza, Scur e Souza (2012) é a utilização da cana de açúcar, enquanto os europeus utilizam a beterraba e os norte-americanos utilizam o milho. O etanol brasileiro tem relação entre energia renovável produzida e a energia fóssil usada de 8,9, o que torna o balanço energético positivo. Além disso, o país tem capacidade de expansão de cultivo de cana.

Ante aos expressivos números do setor sucroenergético, para Valente et al. (2012), os investidores formaram expectativas positivas para o futuro do mercado, desencadeando uma série de decisões de investimento entre 2003 e 2008. De acordo com Cardoso et al. (2009), a tecnologia *flex* e a crescente preocupação ambiental, tanto no Brasil quanto no exterior e a volatilidade dos preços do petróleo nos mercados internacionais, estimulam os países a buscarem matrizes energéticas renováveis.

Ante esse cenário, a expansão do etanol no Brasil foi marcada por forte aporte de investimento estrangeiro e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Sob a perspectiva de que Estados Unidos, Japão e União Europeia seriam potenciais consumidores do etanol brasileiro, durante o governo Lula (2003-2010), o financiamento para a indústria sucroalcooleira chegou a R\$ 28,2 bilhões. Em 2010, foram destinados R\$ 7,4 bilhões para financiar desde o cultivo (R\$ 953 milhões) até a produção de açúcar e etanol (R\$ 5,6 bilhões) e a cogeração de energia (R\$ 665 milhões).

Porém, desde 2009, o setor enfrenta uma das piores crises de sua história, devido: à recessão econômica nos mercados desenvolvidos e a consequente queda dos investimentos estrangeiros no setor; grau de endividamento das usinas; alto custo de produção; atratividade do preço do açúcar nos mercados internacionais, aonde as usinas redirecionaram sua produção para esse produto; perda de competitividade do etanol frente à gasolina, devido à manipulação de preços para contenção da pressão inflacionária e à estiagem na região sudeste nos anos de 2014 e 2015.

De acordo com Neves e Trombin (2014), a crise acarretou em mais de 64 mil postos de trabalho perdidos nas usinas de açúcar e mais de 20 mil nas destilarias de etanol. O setor fechou, desde a crise mundial, na região Centro Sul do país, mais de 80 mil postos de trabalho; acumulando R\$ 60 milhões de dívidas, faturando somente R\$ 65 bilhões.

Ante ao presente cenário, aliado a importância do setor sucroenergético para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, é fundamental que o governo federal crie uma

diretriz de longo prazo para a matriz de combustíveis no Brasil; diferenciação tributária entre os combustíveis renováveis; estímulo aos ganhos de eficiência técnica nos veículos para ampliar a competitividade do etanol ante a gasolina.

Encontrar soluções que leve a retomada da econômica do setor sucroenergético através de políticas públicas de regulação, coordenação institucional e fomento a competitividade para direcionar investimentos para dinamizar as capacidades tecnológicas, fomentando a pesquisa, o desenvolvimento e inovação de processos agrícolas e industriais, estimulando, assim, a melhoria da gestão em consonância com ações empresariais voltadas para o aumento da produtividade, diversificação da carteira de investimentos, melhoria de gestão, redução dos impactos ambientais de atividade agrícola e industrial e a exploração da bioeletricidade, através dos subprodutos/resíduos gerados pela produção de etanol, palha, bagaço, torta de filtro e a vinhaça (ALÉM; GIAMBIAGI, 2010).

Todavia, a presente crise do setor sucroenergético pode ser considerada uma janela de oportunidade para o aperfeiçoamento tanto para essa cadeia produtiva quanto de seus stakeholders, que contemplem os pontos elencados no parágrafo supracitado. Logo, instrumentais dentro das ciências da administração e da engenharia de produção, como a gestão ambiental e a produção mais limpa podem contribuir de maneira superlativa para redução e reutilização dos subprodutos/resíduos da produção de etanol, de maneira a diminuir o desperdício de matérias-primas, a degradação do meio ambiente, combate ao aquecimento global, racionalização e redução de custos, aumento de receitas, conseqüentemente, tornando as empresas do setor mais competitivas no mercado e garantindo sua sustentabilidade as auxiliando na superação da crise.

Ante o exposto, objetiva-se um estudo sobre a utilização do bagaço de cana de açúcar para geração de eletricidade, norteada a partir da seguinte problemática: como a reutilização do bagaço da cana de açúcar para geração de energia elétrica pode auxiliar o setor sucroenergético na superação da atual crise?

2 GESTÃO AMBIENTAL, PRODUÇÃO MAIS LIMPA E RESÍDUOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO

O presente modelo de desenvolvimento econômico, influenciado pela globalização, desenvolvimento tecnológico e expansão do conhecimento, exige das organizações contínua adaptação em um ambiente em constante evolução, para que possam criar e sustentar vantagem competitiva em mercados cada vez mais exigentes. Esse processo provoca demanda, por parte das organizações de criarem ambientes propícios à inovação em produto, processo e organizacional que favoreçam a redução de custos, aumento da qualidade e produtividade em consonância com a preservação do meio ambiente (SLACK et al., 2002).

Na busca por novas práticas de conservação ambiental, a produção passou a ser vista como um processo de grandes impactos ambientais. Foi a partir do início das discussões sobre o impacto dos sistemas produtivos no meio ambiente na década de 70, de acordo com Maimon (1996), surge a criação da área de meio ambiente dentro do contexto organizacional, inicialmente atrelada ao sistema produtivo.

A Gestão Ambiental e Produção mais Limpa passaram a fazer parte do contexto organizacional. Para Epelbaum (2004), a gestão ambiental é percebida como um segmento da gestão empresarial que se preocupa com a identificação, avaliação, monitoramento, controle e redução dos impactos ambientais. Rose (2015) entende como gestão ambiental uma gestão organizacional que as empresas desenvolvem, implantando políticas e estratégias ambientais, que priorizam a forma de diminuir o desperdício da matéria-prima, a degradação do meio ambiente, redução de custos, tornando-as mais competitivas no mercado e garantindo sua

sustentabilidade. O objetivo maior da gestão ambiental é a busca permanente de melhoria da qualidade ambiental dos serviços, produtos e ambiente de trabalho.

A partir desta nova visão, surgem novos mecanismos para minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade produtiva das indústrias. Dentre esses podem ser citados a Produção Mais Limpa. O conceito de Produção mais Limpa foi criado pela *United Nations Environmental Program*, que, segundo Alves e Oliveira (2007), é a aplicação contínua de estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada a processos, produtos e serviços. Incorpora o uso mais eficiente dos recursos naturais, minimizando a geração de resíduos e poluição, bem como os riscos à saúde humana.

Para Nascimento, Lemos e Mello (2008) a base conceitual da Produção Mais Limpa fundamenta-se em três pontos: mudanças tecnológicas; geração de conhecimento endógeno e aplicação de *know how* através de técnicas de gestão e mudanças em nível organizacional. De acordo com CETESB (2002) o modelo de gestão ambiental Produção mais Limpa aumenta a eficiência na conservação de matérias-primas, água e energia, eliminação de toxidade de matérias-primas e resíduo.

Segundo Hirose (2005), as práticas de Produção Mais Limpa envolvem eco eficiência da produção, cujas principais características são: a) Utilização de materiais não tóxicos e reutilizáveis; b) Processos limpos e com baixo consumo de energia; c) Mínima utilização de embalagens; d) Fácil de montar, desmontar, consertar e reciclar; e) Destinação final ambientalmente adequada gerida pelo fabricante. A Produção Mais Limpa dá oportunidade de redução de custos, aumento da produtividade, maximização dos lucros, diminuindo insumos de produção obtendo, conseqüentemente, ganhos reais.

Ao se identificar aos impactos ambientais do setor sucroenergético é preciso levar em consideração a atividade agrícola e industrial. O primeiro refere-se aos aspectos ligados às atividades desenvolvidas na cultura da cana-de-açúcar, já o segundo aos aspectos ligados à fabricação de açúcar e etanol.

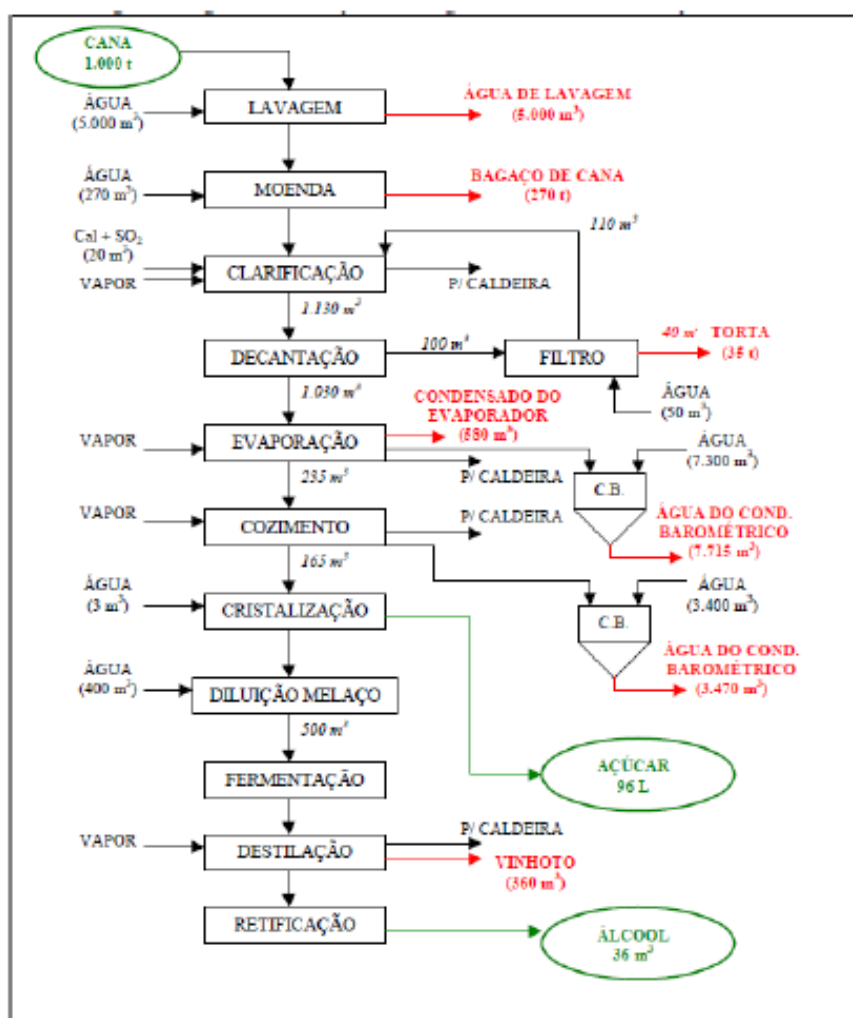
No que se refere à atividade agrícola, de acordo com Langowski (2007) os impactos ambientais são: a) Redução da biodiversidade causada pela expansão da fronteira agrícola e implantação da monocultura canavieira; b) Contaminação das águas superficiais e do solo através da prática excessiva de adubos, corretivos minerais e aplicação de herbicidas (uso desregulado de subprodutos da indústria); c) Compactação do solo por conta do tráfego de maquinaria pesada durante o plantio, os tratamentos culturais e a colheita; d) Assoreamento de corpos d'água devido à erosão do solo em áreas de renovação de lavoura; e) Eliminação de fuligem e gases de efeito estufa na queima durante o período da colheita e f) Danos à flora e a fauna, causados por incêndios descontrolados.

No que se refere à atividade industrial, de acordo com Langowski (2007) os impactos ambientais são: a) Utilização intensiva de água para o processamento industrial da cana de açúcar e b) Geração de resíduos poluidores.

Por estas características, o setor é atualmente regido por uma série de legislações com o propósito de regular as atividades produtivas visando à prevenção e à minimização dos impactos ambientais de suas operações (OLIVEIRA et al., 2011).

No que se refere ao funcionamento das usinas sucroenergeticas é sintetizado no Fluxograma 1, onde se apresentando na cor verde tanto a cana-de-açúcar quanto os dois produtos principais: açúcar e etanol; cor preta os processos produtivos e em vermelho os resíduos, como a vinhaça, bagaço e a torta de filtro. Estes resíduos/subprodutos possuem composições que, em geral, impossibilitam sua descarga no meio ambiente, exigindo tratamentos para viabilizarem sua reutilização ou descarte sem causar impactos ambientais.

Fluxograma 1 – Fluxograma do balanço de massa genérico de uma usina sucroenergética



Fonte: COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2002, p. 9.

Vilaça e Pinto (2012) destacam que a implantação de um sistema de gestão ambiental em usinas de açúcar e etanol promove consistência na administração dessas questões através da previsão, priorização e distribuição de recursos, atribuição de responsabilidades e avaliação de suas atividades, sendo um processo contínuo e interativo. Além disso, diminuem os custos de produção, melhoram a imagem da empresa e as perspectivas de negócios e, principalmente, diminuem os riscos de danos ambientais.

Este processo se dá mediante investimentos em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes fósseis por renováveis, racionalização do uso de energia e reflorestamento, devendo conduzir a resultados mensuráveis, em consonância com a Produção mais Limpa (GODOY, 2005).

Portanto, com a adoção de mecanismos como a Produção mais Limpa, oriundos da gestão ambiental, é uma redução dos custos produtivos, provenientes da utilização mais eficiente dos recursos e conseqüentemente, melhoria da imagem da organização nos mercados de atuação (PORTER; LINDE, 1995).

Com o advento destes fatores, a questão ambiental para as indústrias, sobretudo do setor sucroenergético, iniciou um processo de modificação de percepção dos resíduos de produção, passando de fator inibidor de competitividade a gerador de vantagens competitivas.

Nesse sentido a reutilização dos resíduos da produção de etanol para a produção de eletricidade é de fundamental importância para auxiliar as empresas do setor a superar a presente crise, como também contribuir para o fornecimento de energia para o sistema elétrico nacional.

3 BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: VANTAGENS E DESAFIOS

Parte das usinas do setor sucroenergético, sobretudo as controladas por corporações, já realizam projetos de Produção mais Limpa em relação aos resíduos gerados da produção de etanol e açúcar. Com alto teor de fibras, o bagaço, oriundo do esmagamento da cana-de-açúcar para produção de etanol e açúcar é utilizado na produção de vapor e energia elétrica, através da cogeração para a própria operacionalização da usina, garantindo a sua autossuficiência energética durante a safra (UNICA, 2012).

Segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), define-se cogeração de energia o processo de produção combinado de calor e energia mecânica, convertido totalmente ou parcialmente em energia elétrica. Para Zanetti e Oliveira Junior (2006) cogeração é a produção conjunta de trabalho mecânico e calor utilizável a partir da queima do mesmo combustível. O trabalho mecânico em geral é utilizado para acionar o gerador elétrico.

De acordo com Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), na safra 2010/2011 foram moídos 623,9 milhões de toneladas de bagaço da cana, para a União da Indústria da Cana de Açúcar (UNICA, 2012) potencial de cogeração dessa fonte pode alcançar 14.000 Megawatt médios em 2021.

Para Nova Cana (2014), Leme (2005), Coelho et al. (2000) e Galbiati, Gallo e Lavanholi (2010) dentre as vantagens da geração de energia elétrica através do bagaço da cana de açúcar, pode-se apontar: a) Competitividade em termos de custos; b) Alternativa energética para o país no curto e médio prazo; c) Complementaridade sazonal com relação ao regime de chuvas; d) Proximidade dos centros de carga de matéria prima e consumo de energia de energia elétrica; e) Autossuficiência energética na produção de açúcar e etanol; f) Diminuição dos riscos de falta fornecimento de energia elétrica em virtude estiagens prolongada; g) Uso mais eficiente da energia térmica, normalmente rejeitada para a atmosfera; h) Geração de renda e de emprego no campo; i) Estímulo à indústria de bens de capital e poupança de divisas – coeficiente de importação é próximo de zero, dispensando tanto a importação de equipamentos como a de combustíveis; j) Geração descentralizada, que se interliga aos troncos principais do sistema de transmissão de energia elétrica; l) Produção local de energia, com menores perdas de transmissão de energia elétrica; m) Maior flexibilidade e confiabilidade na produção de energia elétrica; n) Menor tempo e custo de construção; o) Menor emissão de poluentes. As usinas de cogeração alcançam uma redução de emissão de CO₂ em torno de 30%, em comparação com geração de estações de queima de carvão; p) Aproveitamento do resíduo, produzido em grande quantidade e q) Melhora o retorno dos investimentos realizados na unidade produtora de açúcar e etanol.

Porém, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011), Santos e Novo (2008), Szklo e Tolmasquin (2001) e Zancaner e Santos (2013), quatro barreiras que podem tornar a cogeração de energia elétrica através do bagaço da cana de açúcar menos atrativa para investimento, são elas: a) Etanol de segunda geração: produzido também a partir do bagaço da cana de açúcar, este combustível emerge como concorrente da utilização desse resíduo para a geração de energia elétrica; b) Tecnologia: no aspecto tecnológico, os principais desafios estão presentes na modernização do processo de produção de energia e na eficiência de aproveitamento do potencial energético.

As soluções estão na maior eficiência das caldeiras, na gaseificação e na integração com o processo de hidrólise. As tecnologias supracitadas determinarão o preço final do kWh, conseqüentemente, determinando a viabilidade econômica de todo o projeto; c) Linhas de transmissão: o custo de conexão da usina de cogeração à rede de distribuição é uma das maiores barreiras de entrada a viabilização da venda de bioeletricidade produzido pelas usinas.

A construção e manutenção de linhas de transmissão de energia elétrica não são a atividade fim das usinas do setor sucroenergético, e as mesmas não têm nem experiência nem escala para construir tais ramais a custos competitivos; d) Leilões de energia da ANEEL: O preço médio de energia elétrica negociada nos leilões da Agência Nacional de Energia Elétrica, declinação de R\$ 154 por megawatt médio em 2008 para R\$ 102 em 2011. Os preços atrativos nos leilões exclusivos para biomassa de 2008 começaram a declinar principalmente porque o governo alterou as regras a partir de 2009 e passou a permitir a concorrência de outras fontes de energia.

Sendo assim, a produção de excedente de energia elétrica para venda não ser uma especialidade dos produtores de açúcar e etanol, o atratividade dar-se-á pela viabilidade econômica e financeira do projeto, que depende de fatores como: tecnologia empregada na caldeira, os investimentos em subestação e linha de transmissão e o preço do kWh pago nos leilões da ANEEL.

Para Barja (2006), a viabilidade de um projeto de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana depende também de outros fatores, tais como: o preço da eletricidade, do etanol e a liquidez da venda de excedentes elétricos. Do lado da sustentabilidade econômica estão os custos de implantação desses processos. Dessa forma, deve haver o equilíbrio entre uma opção que ambientalmente traz benefícios e os desafios dos custos da produção e preço de venda.

De acordo com a Nova Cana (2014), o Brasil conta com 434 usinas sucroenergéticas, todas autossuficientes em energia elétrica, graças à cogeração de energia através do bagaço de cana. Porém, somente 88 unidades comercializam os seus excedentes de energia elétrica no mercado, sendo 54 centrais de cogeração exportando eletricidade para a rede de transmissão no estado de São Paulo e 34 centrais em outros 11 estados brasileiros, o que ainda é muito pouco, dado tanto a importância e tamanho do setor sucroenergetico na economia, quanto às necessidades socioeconômicas do Brasil.

Nesse sentido, para poder sustentar crescimento econômico, precisa estimular o aumento na geração de eletricidade de maneira mais efetiva e eficiente. Logo, para ofertar energia suficiente para impulsionar o crescimento econômico do país, bem estar da sociedade e tenham um impacto positivo no meio ambiente, devem ser apoiadas em tecnologias mais eficientes e menos poluentes a fim de utilizar-se de forma mais racional as possíveis fontes de energia. Assim, os sistemas de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana aparecem, ao mesmo tempo, como uma solução imediata para a crise atual do setor como também em longo prazo, como uma solução para os problemas ambientais, sociais e baixo crescimento econômico.

4 METODOLOGIA

A natureza da pesquisa utilizado neste artigo é a do tipo qualitativa que de acordo com Richardson (1999) pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos. A pesquisa qualitativa encaixa-se como uma abordagem adequada à compreensão da natureza de um fenômeno social.

Além do método citado, foi utilizada a pesquisa explicativa que de acordo com Vitoriano e Garcia (2004) objetiva identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência do fenômeno. Essa técnica ajuda a aproximar o conhecimento da realidade e explicar as razões de sua existência.

Logo, uma das ferramentas da pesquisa explicativa é o estudo de caso, no qual foi utilizada uma investigação empírica, que de acordo com Yin¹ (2001, p. 32-33 apud MARQUES, 2007).

Investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. [...] A investigação de estudo de caso enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que dados, e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidências, com os dados precisando convergir em um formato de triângulo, e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e análise de dados.

Conseqüentemente, o instrumento de pesquisa utilizado para a elaboração do estudo de caso foi a entrevista semi estruturada, que de acordo com Richardson (1999) visa obter do entrevistado o que ele considera os aspectos mais relevantes de um determinado problema: as descrições de uma situação em estudo. Por meio de uma conversa guiada, pretende se obter informações detalhadas que possam ser utilizadas em uma análise qualitativa. Assim, através desse instrumento, pode-se levantar dados mais detalhados, que ajudarão na resposta do problema de pesquisa.

Logo, a pesquisa semi estruturada foi realizada com o gestor de qualidade industrial de uma grande usina sucroenergética, com o objetivo de responder a problemática de pesquisa e concomitantemente compreender o processo de reutilização do bagaço da cana de açúcar para geração de energia elétrica e como a mesma superou os principais entraves de entrada neste mercado.

Espera, com a presente pesquisa, preencher a lacuna teórica e prática referente à utilização do bagaço da cana de açúcar para produção de energia em consonância com o desenvolvimento sustentável, ante a crise do setor sucroenergético e a necessidade de oferta do setor elétrico brasileiro. Neste artigo não foram utilizadas ferramentas estatísticas para interpretação dos resultados, optou-se por uma análise qualitativa dos resultados.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 DETALHAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DO ETANOL E AÇÚCAR NA USINA ESTUDADA

Através de entrevista, realizada no escritório da usina, com o gestor de qualidade industrial, pode-se constatar uma verdadeira obsessão por obter 100% de aproveitamento de todos os recursos empregados na produção de etanol e cana de açúcar. Os resíduos que ainda não são aproveitados representam um desafio intelectual que os funcionários estão extremamente engajados em solucionar.

A consciência ambiental se faz notar em toda a cadeia de produção, sendo bastante reforçada pela relevância econômica de se obter desperdício zero no processo, aumentando também consideravelmente os resultados econômicos da organização estudada, que desponta como uma das poucas que foge à crise que atinge o setor nos governos Dilma (2010-2016).

¹ YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Primeiramente, a cana colhida passa por um moedor, de onde é extraído o primeiro caldo de cana. O bagaço, resíduo desta etapa, uma vez queimado, é utilizado na geração do vapor que será utilizado ao longo do processo produtivo. O excedente é empregado na produção de energia elétrica, que depois vendida para a rede de distribuição de energia. Tal rede de distribuição de energia foi construída pela usina, uma vez que a legislação brasileira deixa sob incumbência dos particulares este tipo de investimento. O caldo é tratado, de onde se extrai a torta de filtro, componente utilizado posteriormente no processo produtivo.

O caldo é concentrado e posteriormente cristalizado, levando à produção final do açúcar à razão aproximada de 75 quilogramas por tonelada de cana moída. Os resíduos deste processo (mel, caldo e torta de filtro) são misturados, formando o mosto que é submetido à fermentação através da adição de leveduras.

Da destilação do mosto se obtém o etanol à razão aproximada de 30 litros por tonelada de cana moída. A vinhaça, resíduo deste processo será por fim submetida à biodigestão da qual os subprodutos finais serão a energia e a levedura seca, utilizada na alimentação animal ou fertilização de lavouras.

5.2 CO GERÇÃO DE ENERGIA NA USINA

Em agosto de 2010, a usina anunciou a primeira fase do projeto de cogeração com pretensão de excedente de energia para comercialização de 244.000 MWh, uma quantidade suficiente para atender uma cidade com cerca de duzentos mil habitantes. Na safra 2013/2014 houve a inauguração da Unidade Termoelétrica com a instalação de uma nova caldeira e turbogerador, propiciando a cogeração de energia por meio da queima do bagaço de cana. Totalizou a produção de 445 mil MWh ante 176 MWh da safra 2012/2013, ou seja, um acréscimo de 153,3%.

A unidade termoelétrica foi inaugurada em julho de 2013, após um investimento de cento e oitenta milhões de reais, utilizando tecnologias de ponta para transformar bagaço de cana em energia elétrica. O uso de tecnologia melhora a eficiência do processo, otimiza o uso do bagaço de cana, reduz o impacto das emissões atmosféricas. O resultado permitiu que a unidade exportasse nove vezes mais energia elétrica.

Na safra 2016/2017 gerou 720 mil MWh, aonde a receita líquida de venda de eletricidade totalizou R\$ 152 milhões. Durante a safra, a usina consome apenas eletricidade obtida a partir do bagaço de cana proveniente da queima nas caldeiras das usinas, sendo que estas; as caldeiras utilizadas possuem sistema de tratamento de lavagem dos gases.

Já na entressafra, a energia despendida é obtida através de duas distribuidoras: na primeira, são consumidos 5.481 MWh, enquanto na segunda esse número é de 5.939 MWh. Sua utilização dá-se nos processos industriais, agrícolas e administrativos, em ambas as estruturas.

As funções desta cogeração são a maior segurança energética e ser uma fonte de receita. As vantagens da cogeração de energia são: a) Menor emissão de poluentes em comparação com a queima de combustíveis fósseis; b) Construção mais rápida em relação às usinas termoelétricas movidas a combustíveis fósseis ou hidrelétricas; c) Geração de energia próxima aos centros consumidores, reduzindo a necessidade de construção de linhas de transmissão; d) Geração de energia elétrica mais barata do que aquela obtida em termoelétricas movidas a combustíveis fósseis; e e) Complementação da geração de energia das hidrelétricas no período seco do ano, ou seja, redução dos riscos de desabastecimento de energia com fonte renovável.

6 CONCLUSÃO

Com o agravamento das questões ambientais em escala mundial, sobretudo na segunda metade do século XX, as empresas e nações, organizações chave no sistema capitalista precisam liderar as reformas necessárias nesse modelo de produção, aonde indicadores de desempenho não contemple apenas o âmbito econômico, mas também as dimensões ambientais e social.

No Brasil, determinados organizações empresariais já iniciaram essas mudanças, sobretudo as empresas listadas nos Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo. Especificamente no que se refere ao setor sucroenergético, dado a natureza dos resíduos da atividade produtiva tanto no espaço agrícola quanto industrial, este segmento tem potencial de contribuição superlativo para implementação dos princípios sustentáveis em sua cadeia produtiva, gerando riqueza, promovendo inclusão social em respeito ao meio ambiente.

Resíduos da produção de etanol como o bagaço da cana de açúcar, torta de filtro palha e a vinhaça podem vir a ser reutilizados em consonância com o princípio da Produção mais Limpa, a utilização desse instrumento de gestão ambiental pode vir a auxiliar o setor, juntamente com outras ferramentas e incentivos, superar a crise que o setor atravessa desde 2008.

A usina vislumbra vantagem competitiva aplicando os princípios do desenvolvimento sustentável nas esferas estratégicas táticas e operacionais de gestão. Conforme pode ser visto no transcórre do presente artigo, a usina desenvolveu uma série de atividades de promoção social que contribuem para o desenvolvimento da cidadania e do bem estar público por ele assistidos, concomitantemente agregando valor a marca da empresa e da corporação.

Na dimensão ambiental, a reutilização do bagaço da cana de açúcar para a produção de energia elétrica vem ao encontro das ferramentas de Produção mais Limpa e permite a usina não somente dar um destino mais adequado a esse resíduo, mas também explorar o mercado de energia elétrica através tanto dos leilões de energia da Agência Nacional de Energia Elétrica, mas também através da venda direta de grandes consumidores.

Mesmo com a consolidação do projeto dominante em etanol de segunda geração através de material celulósico, a utilização do bagaço para geração de energia elétrica encontra-se mais favorável, dado a incipiência do mercado de combustíveis através das constantes interferências governamentais no setor nos últimos quatro anos. Embora o setor elétrico brasileiro tenha também sofrido constantes interferências governamentais no mesmo período, a energia elétrica não possui um substituto, como o etanol possui a gasolina. Além disso, a liquidez do mercado de energia elétrica é maior do mercado de combustíveis.

Portanto a usina está em consonância com o desenvolvimento sustentável, suas ações sociais e ambientais lhe diferenciam de suas concorrentes no setor, contribuindo com seu desempenho econômico diferenciado, mesmo durante o período de crise no setor sucroenergético. A empresa prova, como foi constatado na bibliografia, que há sinergia entre ganhos econômicos, preservação ambiental e promoção social. Em suma, empresa ante o exposto está preparada para liderar as grandes transformações sociais, econômicas e ambientais do século XXI.

Pode-se concluir e responder a problemática da pesquisa que a usina estudada, dado sua preocupação socioambiental, gerou, na safra 2016/2017, 720 mil MWh, aonde a receita líquida de venda de eletricidade totalizou R\$ 152 milhões, como também, agregou valor à marca da empresa junto aos stakeholders.

Como proposta a política sócio ambiental da empresa, os autores do artigo destacam as seguintes ações: a) Demonstrativo dos resultados sociais e ambientais tanto da corporação quando da unidade estratégica de negócios em consonância com o Global Report Iniciative; b) Utilização tanto da palha seca quanto da vinhaça na geração de energia elétrica; c) Participar da venda direta de energia elétrica para grandes consumidores; d) Ampliar as políticas

socioambientais da usina para outras Unidades Estratégicas de Negócios da Corporação; e e) Ampliar sua participação em projetos de abatimentos de impostos como o Imposto de Renda e Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços para fomento a cultura e ao esporte.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Acesso em: 25 out. 2012.

ALÉM, A. C.; GIAMBIAGI, F. (org.). **O BNDES em um Brasil em transição**. Rio de Janeiro: BNDES, 2010. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_brasil_em_transicao/brasil_em_transicao_completo.pdf. Acesso em: 18 jun. 2015.

ALVES, S. M.; OLIVEIRA, J. F. G. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 129-138, abr. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-5132007000100009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 jun. 2015.

BARJA, G. J. A. **A cogeração e sua inserção no sistema elétrico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Gabriel_de_Jesus.pdf. Acesso em: 31 jul. 2015.

CARDOSO, R. D. *et al.* Índice de desenvolvimento do setor externo sucroenergético brasileiro: uma análise de 1999 a 2007. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 7, n. 3, p. 337-361, set./dez. 2009. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/94838/2/Artigo%203.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

COELHO, S. T. *et al.* **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **A produção mais limpa (P+L) no setor sucroenergético**: informações gerais. São Paulo: CETESB, 2002. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Aduacao_organica_producao_mais_limpaID-37HFh1RpEg.pdf. Acesso em: 18 jun. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **A geração termelétrica com a queima do bagaço de cana-de-açúcar no Brasil**: análise do desempenho da safra 2009-2010. 2011. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res..pdf. Acesso em: 22 set. 2012.

EPELBAUM, M. **A influência da gestão ambiental na competitividade e no sucesso empresarial**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-02072004-190334/>. Acesso em: 18 jun. 2015.

GALBIATI, J. K.; GALLO, C. A.; LAVANHOLI, M. G. D. P. Produção de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana de açúcar. **Nucleus**: revista científica da Fundação Educacional de Ituverava, Ituverava, v. 7, n. 1, p. 127-138, abr. 2010. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/319/376>. Acesso em: 2 ago. 2015.

GARCÊZ, S. L. A. **Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana de açúcar em condições de sequeiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013. Disponível em: http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacoes/SilviaLeticiaAlvesGarcez_2013.pdf. Acesso em: 27 abr. 2015.

GODOY, A. V. **A eficácia do licenciamento ambiental como um instrumento público de gestão do meio ambiente**. Brasília: OAB, 2005.

HIROSE, M. **Produção mais limpa**. 2005. Disponível em: http://www.cybermind.com.br/OLDFat/download/RevistaFAT03_2005.pdf. Acesso em: 18 jun. 2015.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana**: uma prática usada e abusada. 2007. Disponível em: <http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

LEME, R. M. **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. 2005. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MAIMON, D. **Passaporte verde**: gestão ambiental e competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MARQUES, F. P. **Análise da dimensão social da sustentabilidade no varejo de supermercados de Ribeirão Preto**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

NASCIMENTO, L. F.; LEMOS, Â. D. C.; MELLO, M. C. A. **Gestão socioambiental estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. (coord.) **A dimensão do setor sucroenergético**: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat: Fundace: FEA–RP/USP, 2014. Disponível em: <https://www.unica.com.br/wp-content/uploads/2019/06/A-Dimensao-do-Setor-Sucroenergetico.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

NOVA CANA. **Vantagens da bioeletricidade do bagaço de cana para o Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.novacana.com/estudos/vantagens-da-bioeletricidade-do-bagaco-de-cana-para-o-brasil-120913/>. Acesso: 31 jul. 2015.

OLIVEIRA, L. R. *et al.* Sustainability: the evolution of concepts to implementation as strategy in organizations. **Produção**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 70-82, nov. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132012000100006&script=sci_arttext. Acesso em: 18 jun. 2015.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. Verde e competitivo: acabando com o impasse. *In*: PORTER, M. E. **Competição**: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campus, 1995. p. 371-397.

RICHARDSON, R. J. (org.). **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSE, R. **A gestão empresarial e a questão ambiental**. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/>> Acesso em 13 jan. 2015.

SANTOS, F. B.; NOVO, L. M. A. **Fundamentos teóricos relacionados à cogeração e o exemplo da central de cogeração da Infoglobo**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001201.pdf>. Acesso em: 31 jun. 2015.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, P. N.; SCUR, G.; SOUZA, R. C. Panorama da cadeia produtiva do etanol no Brasil: gargalos e proposições para seu desenvolvimento. **Revista GEPROS**: gestão da produção, operações e sistemas, Bauru, v. 7, n. 3, p. 145-159, jul./set. 2012.

SZKLO, A.; TOLMASQUIM, M. Strategic cogeneration: fresh horizons for the development of cogeneration in Brazil. **Applied Energy**, v. 69, n. 4, p. 257-268, ago. 2001.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. **Consecana**: dados. 2012. Disponível em: <http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=%7B6ED1BE65-C819-4721-B5E7-312EF1EA2555%7D>. Acesso em: 3 ago. 2015.

VALENTE, M. S. *et al.* Bens de capital para o setor sucroenergético: a indústria está preparada para atender adequadamente a novo ciclo de investimentos em usinas de cana-de-açúcar? **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 36, p. 119-178, 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Tipo/BNDES_Setorial/201209_04.html>. Acesso em: 18 jun. 2015.

VILAÇA, A. C.; PINTO, D. C. A. **Sustentabilidade do setor sucroenergético**. 2012. Disponível em: <http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/%20viewFile/467/359>. Acesso em: 18 jun. 2015.

VITORIANO, A. D.; GARCIA, C. C. **Produzindo monografia**. 5. ed. São Paulo: Limiar, 2004.

ZANCANER, M. G.; SANTOS, T. B. S. S. Cogeração: ampliação da oferta de energia elétrica com a biomassa: bagaço da cana-de-açúcar. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, Mogi das Cruzes, v. 2, n. 2 p. 47-65, set. 2013.

ZANETTI, A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, S. Avaliação comparativa de sistemas de cogeração com utilização de bagaço de cana-de-açúcar e gás natural. *In*: **TecMec** 2006. São Paulo: EPUSP, 2006. Disponível em: http://www.mecanica-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2014/02/Art_TCC_020_2006.pdf. Acesso em: 31 jul. 2015.