

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



COMPLEMENTARIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: O POTENCIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR E SEUS CO-PRODUTOS

Sérgio Alves Torquato¹; Katia Regina Evaristo de Jesus²

¹ Pesquisador Científico da APTA – Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Tietê, SP. Brasil. Rodovia SP 127 km 69 CEP 18530-970 P.O Box 18. Tel. 55 -19-3282 1000

² Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariuna, SP. Brazil. Rodovia SP 340km 127,5 CP 69 CEP 13820-000 Tel 055-19-33112641 – Fax -055-19-33112640

E-mail: storquato@apta.sp.gov.br

Resumo

As usinas processadoras de cana-de-açúcar para produção de açúcar e etanol são grandes geradoras também de vinhaça que até pouco tempo era considerada um resíduo da produção de etanol. Grande parte deste subproduto é utilizado como fertilizante na lavoura de cana-de-açúcar. A tecnologia de biodigestão da vinhaça produz o “biogás” com teor de 80% de metano que tem grande potencial energético utilizado como fonte para movimentar turbinas para geração de energia elétrica. O estado de São Paulo produz em média 11,8 litros de vinhaça para cada litro de etanol produzido (11,8 L de vinhaça /1 L de etanol) por safra, fato que chama a atenção para a necessidade de destinação adequada desse resíduo. Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de uso da vinhaça como fonte para produção de bioeletricidade, com a consequente minimização do descarte deste resíduo. O estudo dos impactos, benefícios e eficiência no processo de conversão serão demonstrados a partir da análise dos dados do Protocolo Agro-Ambiental do período 2007-2012 (um estudo que visa certificar usinas do Estado de São Paulo, de acordo com alguns parâmetros sustentáveis) e dados da prospecção da produção de vinhaça no Centro-Sul do Brasil obtidos a partir dos dados da União da Indústria de cana-de-açúcar (UNICA) e do Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Palavras-chave: Bioeletricidade; vinhaça, subprodutos da cana-de-açúcar; Matriz energética brasileira.

Abstract

The processing plants of sugarcane to produce ethanol and sugar are also large generating of stillage which until recently was considered a residue of ethanol production. Much of this

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



by-product is used as fertilizer in the fields of sugarcane. The technology of fermentation of vinasse produces "biogas", which contains 80% of methane that has great energy potential as a source used to move turbines to generate electricity. São Paulo state produces on average 11.8 liters of vinasse per liter of ethanol produced (11.8 L of vinasse / 1 L of ethanol) per harvest, a fact that draws attention to the need for proper disposal of this waste. This work aims to analyze the potential use of vinasse as a source for the production of bioelectricity, with the consequent minimization of disposal of this as a waste. The study of the impacts, benefits and efficiency in the conversion process will be demonstrated through the analysis of data from the Agro-Environmental Protocol for the period 2007-2012 (a study to ensure plants in the state of São Paulo, according to some sustainable parameters) and data from prospecting production of vinasse in the Center-South of Brazil obtained from the Brazilian Sugarcane Industry Association (UNICA) and the Institute of Agricultural Economics (IEA).

Keywords: bioelectricity; vinasse; by-products of sugarcane; Brazilian energy matrix.

1. Introdução

Na atualidade a energia é considerada indutora da economia e, por conseguinte da sociedade moderna, a qual cada vez mais depende desta para se manter e progredir. Desta forma, a demanda por esse bem é crescente e as formas de produção são cada vez mais desafiadoras: são várias as possibilidades e alternativas para sua geração e/ou co-geração. Assim, sua disponibilidade, preço e qualidade são determinantes fundamentais para a produção de tecnologias inovadoras que promovam facilidades, conforto e bem estar.

Dentre as várias formas de energia, a energia elétrica se destaca como um bom indicador de crescimento e desenvolvimento de uma nação, e reflete, como no caso do Brasil, retrata avanços e desenvolvimento econômico. Por outro lado, essas vantagens, têm impactos no sistema, elevando a pressão por aumento da capacidade de oferta de energia. Espera-se que a relação energia/PIB para o Brasil aumente nos próximos anos devido à elevação na taxa de investimentos em produção industrial, ao aumento da renda das famílias e à sua consequente mudança no padrão de consumo. O grande desafio é a produção de energia de forma sustentável. E assim entra a prospecção e produção de energias alternativas.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



As energias renováveis não convencionais são complementares ao fornecimento tradicional de grande parte da energia brasileira oriundas das hidrelétricas, mas sempre havendo a necessidade de outras fontes de energia.

Do processamento da cana-de-açúcar são produzidos basicamente dois principais co-produtos que são: o bagaço e a vinhaça. A energia elétrica produzida a partir do uso de materiais oriundos do processamento da cana-de-açúcar, como a vinhaça e o bagaço pode ser considerado uma energia limpa e renovável. Esses elementos até pouco tempo eram considerados resíduos, os quais geravam externalidades negativas e problemas em seu descarte, principalmente no caso da vinhaça. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, técnicas e processos, esses resíduos foram alavancados para a categoria de co-produtos, desta forma, possibilitando a geração e participação na formação da receita da empresa.

O bagaço é a biomassa oriunda do esmagamento da cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar, e que pode ser utilizado na produção de energia elétrica e calor de processo. No caso da energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar o pico de produção se dá nos meses secos do ano.

O outro subproduto da cana-de-açúcar, a vinhaça é produzida a partir da fermentação da calda do licor e destilação do vinho para produção de álcool. A vinhaça é caracterizada como resíduo de destilaria e é altamente poluente, devido a grande quantidade de matéria orgânica e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), mas também de alto valor fertilizante, (Freire & Cortez, 2000). Na sua grande maioria, é utilizado como fertilizante no campo, ou seja a fertirrigação. Contudo o uso da vinhaça segue normas P4 231 da Cetesb, no caso de São Paulo, de aplicação para cada tipo de solo (Cetesb, 2015). O potencial da vinhaça vai além da fertirrigação, há boas oportunidades e viabilidade do seu uso como fonte para geração de energia elétrica. Desta forma evidenciaremos esforços para apresentar esse potencial da vinhaça na produção de energia elétrica ou bioeletricidade.

Com a necessidade de um uso sustentável dos resíduos, hoje considerados subprodutos gerados da produção e processamento da cana-de-açúcar, cria-se uma gama de novas oportunidades a partir de inovações tecnológicas e técnicas para reaproveitamento destes resíduos. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da vinhaça no processo de produção de eletricidade.



2. Conjuntura e crise hídrica

A crise hídrica que se iniciou em 2013 e se acentuou em meados de 2015 elevou os custos de produção de energia elétrica no Brasil, promovendo a entrada de eletricidade gerada a partir das termoeletricas, alimentadas por combustíveis fósseis, para suprir essa demanda. Além dos reflexos no meio ambiente, os impactos sociais foram percebidos por ocasião dos repasses dos altos custos de produção, encarecendo as contas de energia elétrica em todo o país. Ficou evidente a necessidade de novos investimentos no sistema elétrico e, em especial na busca e desenvolvimento de alternativas complementares para a geração, dentre elas: energia eólica, solar, energia gerada a partir da biomassa, biogás, etc. Em um cenário de crescimento econômico a demanda de energia cresce, pressionando ainda mais a oferta reprimida de energia que ocorre hoje no Brasil, no cenário de estresse hídrico.

Algumas usinas hidrelétricas entrarão em funcionamento nos próximos anos, aliviando a pressão na oferta hoje limitada, mas vale salientar que há uma tendência, que se consolida a cada ano, de maior alteração nos regimes de chuvas, que acrescenta na equação de produção de eletricidade algumas incertezas. Os investimentos em produção de energias alternativas, principalmente como complementar a produção convencional, representa uma oportunidade de contornar a crise hídrica que ameaça nossa soberania energética. Para que as novas formas de produção de energia tornem realmente complementar a atual matriz energética brasileira, a questão deve ser analisada com seriedade e estrategicamente por meio de políticas públicas consistentes para viabilizar e propagar o crescimento destas fontes alternativas de produção de eletricidade.

Os grandes empreendimentos para geração de energia elétrica dependem de obras caras, complexas e que requerem um tempo maior para sua maturação, e, além disso, há uma tendência recente em construir as usinas hidrelétricas a fio d'água, ou seja, sem reservatório ou com pequenos reservatórios, essa tendência pode acarretar em maior risco técnico na geração de energia elétrica devido não haver essa reserva técnica e por isso não ser capaz de regular a vazão, ficando dependente do regime de chuvas na bacia hidrográfica onde está inserida a usina. Por outro lado esse tipo de técnica possibilita menor impacto socioambientais dos empreendimentos.

O uso de fontes alternativas para gerar eletricidade aparece como oportunidade neste cenário. Além de ser uma fonte complementar existem alguns pontos positivos como: estar mais próxima a alguns centros de carga, com isso proporciona menor custo de



transmissão, reutilização e aproveitamento de resíduos (coprodutos) de processos para ser utilizado como matéria prima para alimentar os geradores.

3. Embasamento teórico

No presente estudo foi considerada a mudança tecnológica como alternativa de um novo processo de geração de energia elétrica a partir do uso da vinhaça proveniente da cana-de-açúcar para produção de biogás, esse poderia ser empregado como combustível para movimentar as turbinas para a geração de energia elétrica. A inovação é inerente ao processo de mudança das empresas, por meio da modernização dos processos produtivos que visam aumentar sua competitividade e viabilizar o progresso tecnológico. O conceito de progresso será utilizado aqui como inovação de processo e técnica. É tomado como referência o argumento defendido por Rogers e Shoemaker (1971) de que uma inovação pode resultar de uma nova ideia, uma nova prática ou também um novo material a ser utilizado em um determinado processo.

Pressupõe-se que a curva de aprendizagem na produção de energia elétrica a partir do uso da vinhaça esteja somente começando, havendo ainda um longo caminho a ser percorrido. Por exemplo, para se considerar economia de escala é necessário haver o aumento do volume de produção de um bem por período e com a redução de custos (Torquato & Ramos, 2013). Esse processo de aumento de produção, no caso da produção da vinhaça e sua conversão em biogás e energia ainda estão em desenvolvimento, e a indústria conta apenas com resultados e estimativas de custos relativos a projetos-piloto.

4. Aspectos técnicos

Considerando a premissa da sustentabilidade e destinação adequada dos resíduos do processamento industrial, no caso específico, processamento da cana-de-açúcar, a alternativa de uso da vinhaça para produção de eletricidade é uma alternativa com grande potencial. A atratividade da biodigestão da vinhaça para produção de metano, só é possível com o desenvolvimento de reatores de alta eficiência, à exemplo do Reator Anaeróbio - (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Digestion) (UASB) (GRANATO, 2003). O processo de biodigestão anaeróbia trata da degradação orgânica dos compostos existentes. Desta forma, pode ser extraído biogás e biofertilizante (LAMONICA, 2006).

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Embora ainda não exista, uma consolidação teórica sobre a digestão anaeróbica da vinhaça e conseqüentemente existam dificuldades e perdas que poderão futuramente ser superadas a partir do amadurecimento da tecnologia e aumento da escala de produção. Uma grande vantagem do processo é que a produção do biogás a partir da vinhaça não a inviabiliza depois da biodigestão, podendo ainda ser empregada no campo como fertilizante, havendo essa possibilidade dupla de uso da vinhaça.

Na tabela 1, descrevemos alguns parâmetros que serão utilizados para calcular o potencial de produção de vinhaça.

Tabela 1: Dados e parâmetros para definição da análise do potencial da vinhaça. (ÚNICA 2015), (Protocolo Agroambiental, 2014), (POMPERMAYER & JUNIOR, 2003) e (SCHVARTZ, 2006)

1 ton de cana	85 litros de álcool
1 litro de álcool	11,83 litros de vinhaça
1 ton. de cana	1005 litros de vinhaça (1 m ³)
1 litro de vinhaça	4,5 a 5,2 de gás carbônico
1 litro de vinhaça	7,8 a 8,5 litros de metano
1 m ³ de vinhaça	10 m ³ de biogás
1 m ³ de vinhaça	< 1.428 kW
1 m ³ de biogás	1,25 a 1,43 Kwh

Vale salientar que a legislação no Estado de São Paulo coloca critérios para o armazenamento ou estocagem da vinhaça, conforme específica na portaria CTSA 01, de 28 de novembro de 2005 (CETESB, 2005) e Norma Técnica CETESB P 4.231, que explica a utilização da Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. A quantidade permitida de estoque de vinhaça pode está diretamente associada a sua viabilidade técnica-econômica. Caso não seja permitido um volume alto de estocagem da vinhaça, a sua utilização seja para fertirrigação ou para produção de biogás deverá ocorrer durante a safra.



5. Material e Método

A pesquisa apresenta um caráter descritivo exploratório, utilizando os dados obtidos das planilhas do Protocolo Agroambiental Paulista, banco de dados referentes à produção de cana-de-açúcar e álcool.

Foram consideradas nesse estudo 50 usinas de um total de 162 usinas signatárias do Protocolo Agroambiental Paulista do Estado de São Paulo, durante as safras 2007/08 e 2011/12. Complementados com os dados disponíveis acerca de produção de cana-de-açúcar, etanol para São Paulo e centro Sul, nas safras de 2004/05 a 2014/2015 na base de dado UNICA.

6. Potencial do uso da vinhaça

A produção de energia elétrica no Brasil a partir do resíduo da destilaria, ou seja, da vinhaça ou vinhoto ainda é muito incipiente, grande parte devido ainda a complexidade do processo e de informações mais precisas da viabilidade técnica-econômica. Alguns projetos-piloto foram implantados para investigar a viabilidade, técnica, processos, engenharia para consolidação da tecnologia.

O amadurecimento da tecnologia, necessidade de destinação adequada da vinhaça para que seja sustentável e do preço da energia elétrica, poderá tornar o processo e uso do biogás produzido a partir da vinhaça mais viável e vantajoso.

Outro fator que poderá contribuir para essa viabilidade é a possibilidade de uso de reatores de alta eficiência para tratar a vinhaça por biodigestão anaeróbica, a técnica fica mais viável, pois o processo torna-se mais rápido, acrescentando ganho de tempo e redução de custos.

No entanto, não há como negar o grande potencial de produção de vinhaça no Brasil, especificamente, no Centro-Sul e em São Paulo, como apresenta a (Figura 1) e (Tabela 1).

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo

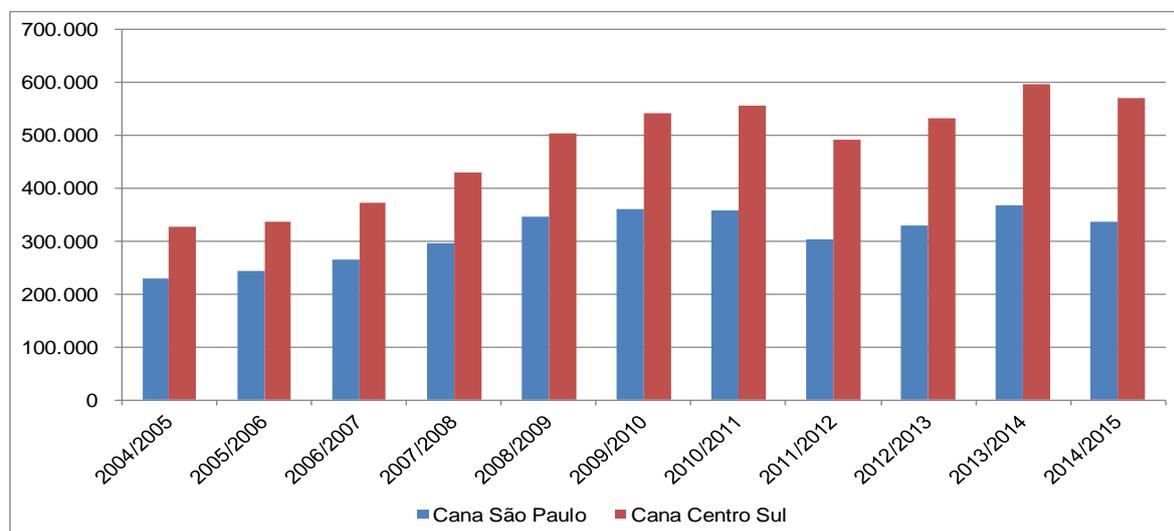


Figura 1 – Produção de cana-de-açúcar em São Paulo e Centro sul. Safras de 2004/2005 a 2014/2015 (UNICA, 2015) e (IEA, 2015)

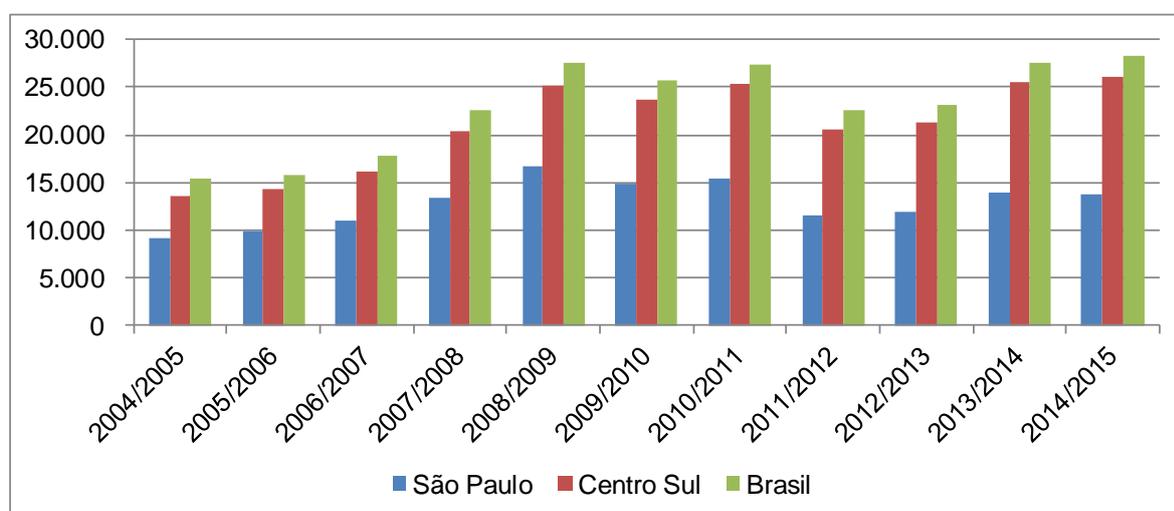


Figura 2: Produção de álcool em São Paulo, região Centro Sul e Brasil, safras 2004/2005 a 2014/2015 (UNICA, 2015)

Tabela 1: Relação de produção álcool/vinhaça e quantidade de vinhaça produzida no Estado de São Paulo, safras: 2007/08 a 2011/12

Safra	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
litros Vinhaça/litros Álcool	11,81	11,79	11,82	11,82	11,91
Quant. Vinhaça São Paulo	107.722	117.238	129.620	157.617	199.165

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Protocolo Agroambiental Paulista



7. Considerações Finais

A cana-de-açúcar tem atraído grandes investimentos de diversos países, empresas e empreendedores, por ser um produto de grande interesse econômico, responsável por porção considerável da movimentação do setor e causador da necessidade de melhorar e modernizar a produção em milhões de hectares no Centro Sul do país. Essa modernização vem ocorrendo em de-açúcar até as grandes usinas sucroalcooleiras. Vários níveis da hierarquia canvieira, desde os fornecedores de cana-

Embora as perspectivas do setor sejam favoráveis, em função do potencial de suprir uma demanda crescente de energia de modo mais sustentável, o setor sensível às mudanças climáticas globais, dificuldades impostas pela nova forma de plantar e colher, além das oscilações nos preços, busca novas alternativas tecnológicas para retomar os patamares de produção condizentes com o seu grau de importância.

A produção de eletricidade a partir da biodigestão da vinhaça, produzida no processo de geração de etanol a partir da cana de açúcar, desponta como alternativa possível e sustentável para o setor. Algumas dificuldades tornaram essa produção um processo ainda lento, dentre elas, o conhecimento técnico, com estimativas de custos e retorno ainda em fase de estudo, bem como, a necessidade de revisão no planejamento das usinas de modo a garantir o fluxo e volume necessário dentro da planta de produção também deve ser considerado.

Por outro lado, as vantagens ambientais e econômicas justificam as adequações necessárias nas plantas de produção e o tempo de retorno do investimento tende a diminuir progressivamente em função da demanda crescente de energia e comprometimento da matriz energética tradicional, causado pela crise hídrica.

Outra grande vantagem do processo, do ponto de vista da sustentabilidade, consiste no fato da produção do biogás a partir da vinhaça não inviabilizar seu uso como fertirrigação no campo, garantindo a redução do uso de insumos químicos e a consequente economia de recursos que seriam direcionados para sua aquisição.

Desse modo, estratégias e ferramentas que possibilitem orientar políticas públicas, para que tanto fornecedores quanto usinas retomem as inovações tecnológicas, com a diversificação de produtos e co-produtos que podem garantir o crescimento do setor de modo sustentável.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



A retomada do crescimento do setor via produtividade e novos processos de produção agregando tecnologia e inovação passa pela criação e implementação de políticas públicas direcionadas e aderentes às reais necessidades de médio e longo prazo dos fornecedores de cana, como também das usinas processadoras, criando um sistema que proporcione valores compartilhados entre fornecedores, usinas, Estado e sociedade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESTESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma Técnica P4.231, 3ª Edição Fevereiro de 2015 15 páginas 2ª versão. Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/DD-045-2015-C.pdf>. Acesso: 02 de outubro de 2015

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.

GRANATO, E. F. Geração de energia através da biodigestão anaeróbia de vinhaça. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Estadual Paulista, Bauru.

Instituto de Economia Agrícola - IEA. Banco de dados. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. Acesso em: 02 de outubro de 2015

LAMONICA, H. M. *Potencial de geração de excedentes de energia elétrica a partir da biodigestão da vinhaça*. Campinas: Editora Unicamp, 2006. (Palestra proferida no AGRENER).

POMPERMAYER, R.de S.; JÚNIOR, Durval R. de P. Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos. An. 3. Enc. Energ. Meio Rural, 2003

ROGERS, E.; SHOEMAKER, F. F. *Communication of innovations: a cross cultural approach*. New York: Free Press, 1971.

TORQUATO, S.A.; RAMOS, R.C. BIOMASSA DA CANA-DE-AÇÚCAR E A GERAÇÃO DE BIOELETRICIDADE EM SÃO PAULO: usinas signatárias ao Protocolo Agroambiental Paulista. Revista Informações Econômicas, SP, v. 43, n. 5, set./out. 2013.

União da Indústria da Cana-de-açúcar - ÚNICA. UnicaData – banco de dados. Disponível em: <http://www.unica.com.br/index.php?idioma=1> Acesso em: 02 de outubro de 2015

SCHVARTZ, C. WORKSHOP TECNOLÓGICO SOBRE VINHAÇA, 2006 Projeto Programa de Pesquisa em Políticas públicas. Painel 5 - Tratamento da vinhaça: biodigestão Anaeróbica. Campinas, SP. IPT, 2006