

Um estudo sobre cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar

Noé Ribeiro da Silva (Universidade de Araraquara - UNIARA) nnoeribeiro@yahoo.com.br

Resumo:

A cogeração de energia através da queima do bagaço da cana-de-açúcar desempenha um papel importante na cogeração de energia. O bagaço há tempos atrás era resíduo jogado na lavoura como fonte de adubo ou mesmo era considerado sem função, acumulando-se nas usinas, hoje se mostra uma fonte que supre as necessidades energéticas das usinas através da cogeração e também gera energia elétrica excedente que pode ser comercializada com as distribuidoras. Contudo, para que isso aconteça requer equipamentos específicos ou modificações nos mesmos. Dentre os equipamentos modificáveis tem-se as caldeiras, turbinas e outros que possibilitam que a cogeração venha se tornar eficiente, sendo que, essas modificações também são válidas quando se fala no uso da palha da cana, que aumenta significativamente a geração de energia elétrica. O objetivo desse estudo é descrever o processo de cogeração de energia de uma usina do setor sucroalcooleiro autossuficiente, com a utilização de bagaço de cana-de-açúcar. O método utilizado foi pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Os resultados mostram que o projeto de cogeração é eficiente, ainda que devam ser feitas algumas melhorias nas usinas, considerando a produção de energia elétrica.

Palavras-chave: Cogeração. Bagaço da cana-de-açúcar. Fontes alternativas de energia. Usinas. Energia Elétrica.

A study on energy cogeneration from sugarcane bagasse

Abstract:

Energy cogeneration through the burning of sugarcane bagasse plays an important role. In the past the bagasse was waste disposed in the field as a source of fertilizer or even it was considered without accumulating function in the plants, today it's shows a source that supplies the energy needs of the plants through cogeneration and it's also the production of surplus electric energy which it can be marketed with distributors. But for this to happen requires specific equipment or modifications. Thereof among the modifiable equipment are the boilers, turbines and others that allow the cogeneration and it's become efficient, these modifications are also valid when it's talking about the use of sugarcane, straw that significantly increases the generation of electric energy. The objective of this study is to describe the energy cogeneration process of a sugarcane bagasse plant in the sugarcane industry. And the method used was bibliographic research and case study. The results show that the cogeneration project is efficient, some adjustments still have to be made in the companies, considering the production of electric energy.

Keywords: Cogeneration. Sugarcane bagasse. Alternative energy sources. Power plants. Electricity.

1. Introdução

O Brasil, no que se refere a energia elétrica, tem enfrentado dificuldades quanto a geração desse subsídio, já que depende em grande parte das hidroelétricas, que por sua vez dependem da quantidade de chuva. As usinas hidroelétricas segundo o Balanço Energético Nacional de 2017, “contribuíram com 55,6% enquanto as centrais térmicas responderam por 18,1% da capacidade adicionada.” (EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA, 2017, p. 17-8).

Conforme dados do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), o consumo final de energia no Brasil, no ano de 2017 teve um crescimento de 0,8%, depois de dois anos de queda (NASCIMENTO, 2018). Dados da Secretaria de Energia e Mineração (2018) informaram que, “[...] as concessionárias de energia elétrica que atuam no Estado de São Paulo distribuíram, em fevereiro de 2018, um montante de 10.980 GWh, que representou um acréscimo de 3,7% em relação ao consumo registrado no mês de fevereiro de 2017,” (SÃO PAULO, 2018, p. 10). Com base nos dados do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), “no período 2013-2050, estima-se que a demanda brasileira total de energia aumente pouco mais de duas vezes (BRASIL, 2016, p. 40). Os dados corroboram com os apresentados pelo PNE 2030, no qual mostraram que a crise energética de 1970 levou o Brasil a investir em fontes energéticas hidráulicas e da cana-de-açúcar.

O Brasil tem se destacado como maior produtor em nível mundial de energias renováveis, graças as condições favoráveis que lhe permitem o desenvolvimento de fontes de energia, conforme descrito no relatório Tendências Globais de Investimento em Energias Sustentáveis do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2015).

A maioria das usinas sucroalcooleiras encontram-se no estado de São Paulo e são autossuficientes no consumo de energia, por meio da utilização do bagaço da cana, suprimindo todas as suas necessidades dentro de suas plantas. Por exemplo, “na safra 2015/16, a produção desse resíduo foi de 166,40 milhões de toneladas no país. O Estado de São Paulo respondeu por 55,2% dessa produção” (RAMOS; NACHILUK, 2017, p. 1), sendo que várias unidades já produzem energia excedente e comercializam com as redes de distribuição.

A União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA, 2011 *apud* KAWA, 2015) afirma que uma tonelada de cana gera cerca de 320 kg de bagaço, sendo 90% empregados na produção de energia. A importância desse processo reside no fato de que ela coincide com o período de seca dos reservatórios das usinas hidrelétricas, possuindo importante caráter complementar. Conforme Tatoni e Rochman (2012) a biomassa procedente do bagaço da cana-de-açúcar corresponde a uma alternativa de energia renovável, podendo complementar a geração de energia proveniente da hidrelétrica no Brasil.

Diante do exposto, a questão que se propõe responder é: o processo de cogeração de energia tem se mostrado lucrativo para a usina estudada?

O objetivo desse estudo é descrever o processo de cogeração de energia de uma usina do setor sucroalcooleiro autossuficiente, e mostrar a importância da cogeração de energia por meio da utilização de bagaço de cana-de-açúcar. A usina está instalada no interior do Estado de São Paulo, produz energia para consumo da planta e comercializa o excedente para companhia de energia.

Para atingir o objetivo proposto do trabalho, realizou-se pesquisa bibliográfica como suporte teórico necessário para o desenvolvimento de um estudo de caso.

2. Processo de produção de energia

2.1 Cogeração

O processo de produção que utiliza a combinação de calor e de eletricidade denomina-se de cogeração (BOYCE, 2010; KAYS; CRAWFORD, WEIGAND, 2012). Na definição de Tolmasquim (2016, p. 82) corresponde a um “processo de produção combinada de calor útil e energia elétrica ou mecânica, de modo simultâneo e sequenciado, a partir da queima de um combustível.” Boyce (2010) afirma que esse processo proporciona o aproveitamento de mais de 70% da energia térmica, proveniente dos combustíveis utilizados.

O Decreto-Lei 23 de 25 de março 2010 leciona sobre a cogeração, relacionando uma série de medidas na qual evidencia sobre a necessidade de um aumento de preocupação ambiental, pautando ser a cogeração prioritária, tendo em vista a redução das emissões de CO₂, a diminuição de perdas na rede associada à descentralização da produção elétrica e também da contribuição para a segurança de abastecimento. Conforme esse Decreto-Lei, a classificação de um sistema de cogeração está relacionada a sua eficiência, podendo ser ele um sistema de cogeração eficiente ou de elevada eficiência (BRASIL, 2010).

A cogeração aproveita a energia produzida pelo combustível reduzindo perdas, sendo que dentro de uma central termelétrica a meta é empregar o calor rejeitado pelos ciclos de potência em processos industriais, ou para o aquecimento de moradias ou ainda, para geração de frio (TOLMASQUIM, 2016). A respeito do ciclo de potência, Kays, Crawford e Weigand (2012) apresenta que o processo de ciclo combinado possui dois ciclos termodinâmicos, geralmente Brayton-Rankine, alcançando como produto final a eletricidade. Na cogeração ocorre que o sistema parte do recurso geralmente perdido, com um ciclo termodinâmico, gerando dois produtos finais, o calor e eletricidade (KAYS; CRAWFORD, WEIGAND, 2012).

O processo de cogeração, dentro das centrais termelétricas ocorre na geração de energia elétrica e térmica simultaneamente, a partir do mesmo combustível, podendo ser ele derivado de petróleo, gás natural, carvão ou biomassa (TOLMASQUIM, 2016). Conforme o mesmo autor, as termelétricas que executam esse processo caracterizam-se por uma alta eficiência.

Conforme Lora e Nascimento (2004), a cogeração pode ser feita utilizando como acionadores primários as turbinas a vapor, as turbinas a gás, e também os motores de combustão interna, incluindo os ciclos combinados. Nas três opções ocorre a rejeição de calor não convertido em potência de eixo, podendo esse ser empregado para atender a demanda térmica (NOGUEIRA et al., 2004). Na figura 1, os esquemas apresentam sistemas de cogeração com turbina a gás, turbina a vapor e motor de combustão interna.

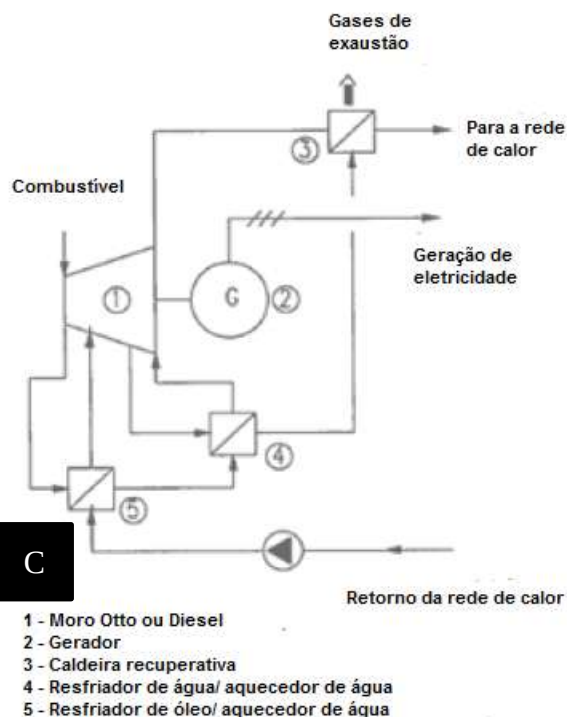
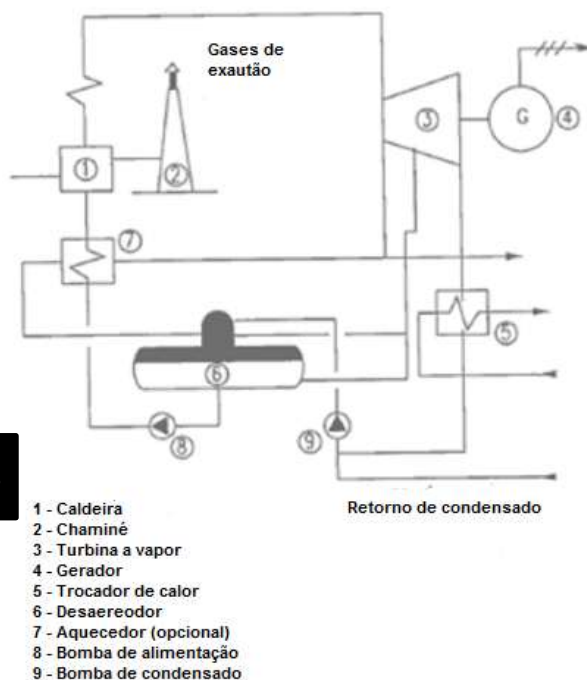
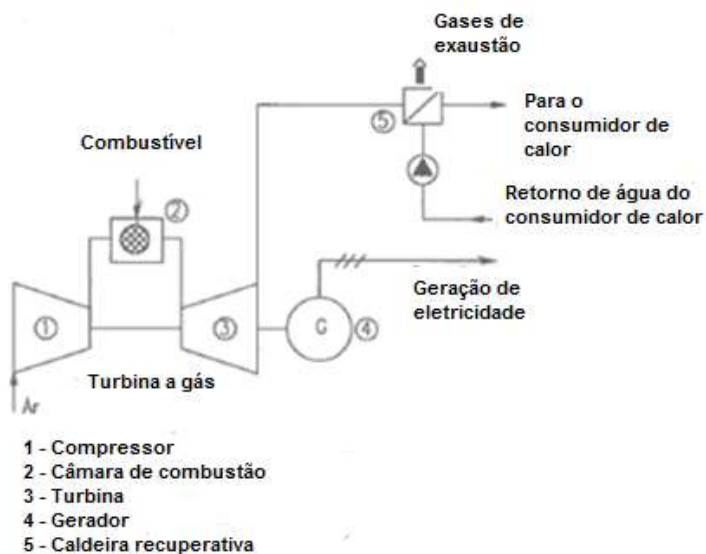


Figura 1 – Esquemas de sistemas de cogeração: A) cogeração com turbina a gás; B) Cogeração com turbina a vapor; C) Cogeração com motor de combustão interna.

Fonte: Nogueira et al. (2004 apud TOLMASQUIM, 2016, p. 84).

Segundo Lora e Nascimento (2004), o rendimento total de uma central de cogeração considera como energia útil a soma da potência elétrica e do consumo de calor pelo consumidor externo. Nogueira, Carvalho e Rosa (2004) acrescentam que a potência elétrica pode ser consumida pela própria empresa de cogeração ou ainda ser negociada para outros consumidores, ou para concessionárias prestadoras de serviço elétrico.

2.2 Cana-de-açúcar como fonte de energia elétrica

A fonte de energia renovável, a partir da biomassa, proveniente da queima de bagaço de cana-de-açúcar, está em ascensão no Brasil desde os anos de 1990, e na atualidade vem sendo mais

empregada na geração de energia elétrica, principalmente em sistemas de cogeração e no suprimento de eletricidade, atendendo as demandas isoladas de rede elétrica (FRASSON et al., 2009).

Frasson et al. (2009) estimam uma maior vantagem na utilização do bagaço da cana frente aos demais tipos de biomassa. Salomão (2009) afirma que apenas as usinas do interior do estado de São Paulo seriam capazes de gerar energia para suprir a demanda dos estados do Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina. Tanto a estimativa quanto a afirmação estão baseadas no fato de o cultivo e beneficiamento da cana ocorrerem em grandes e contínuas extensões, e o aproveitamento dos resíduos (bagaço, palha etc.) é facilitado dado a centralização dos processos de produção (FRASSON et al., 2009). Isso porque o Brasil, em específico o estado de São Paulo, possui vasta riqueza natural, relevo e topografia favorável a produção agrícola da cana-de-açúcar graças a melhoramento genético, combate de pragas e demais técnicas de cultivo e colheita (VASCONCELOS, 2003).

Decorrentes desses fatores, as lavouras canavieiras alcançam altos índices de produtividade em períodos de estiagem e consequentemente de resíduos gerados pelos processos de produção, favorecendo a cogeração a partir desse produto (FRASSON et al., 2009). Entretanto, a experiência brasileira em termos mundiais “é importante em função do porte da atividade canavieira, mas não da eficiência com que a biomassa é empregada” (WALTER, 1994 *apud* TOMAZ et al., 2017, p. 7).

Tomaz et al. (2017) descrevem que o processo de cogeração ocorre, após a extração do caldo da cana com auxílio de picadores, desfibradores e espalhadores (moenda) deixando a cana uniforme e separando o bagaço, que é enviado por esteiras de lonas de borracha (Figura 2) à caldeira. Na sequência é transportado por esteiras metálicas (Figura 3), passando sobre as bicas de alimentação que mantêm a quantidade suficiente do bagaço para atender a demanda da caldeira. O excesso desse bagaço é jogado em outra esteira que o leva para ser armazenado. Quando a quantidade vinda da moenda não é suficiente, ocorre um sistema de retorno do bagaço armazenado. O vapor com determinada pressão, gerado pela queima desse bagaço varia de 42 kgf./cm² a 100 kgf./cm², e é pressurizado girando as turbinas, “transformando a energia térmica em energia mecânica para os rotores, acionando geradores de energia elétrica, e pequenas turbinas” (TOMAZ et al., 2017, p. 14) acionando picadores, desfibradores e ternos de moendas (Figura 4). Como a necessidade de pressão nesses equipamento é de 21 kgf./cm², são instaladas válvulas redutoras de pressão.



Figura 2 – Esteira transportadora de bagaço

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor *apud* Tomaz (2017, p. 13).



Figura 3 – Esteira metálica transportadora de bagaço

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor *apud* Tomaz (2017, p. 13).

Figura 4 – Turbinas dos picadores, desfibradores e espalhadores

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor *apud* Tomaz (2017, p. 14).

Conforme Tomaz et al. (2017, p. 14) “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.” Esse vapor, conhecido como vapor de escape com 1,5 kgf./cm² de pressão, destina-se “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.” (TOMAZ et al., 2017, p. 14).

Quando a energia elétrica gerada é excedente, essa é enviada à uma subestação, e utilizando dois transformadores de 35/45MVA e 25/32MVA, transformam 13800V em 138000V, sendo direcionada para a rede da companhia elétrica (CPFL). (Figura 5)



Figura 5 – Subestação de energia na usina

Fonte: Usina Barra Grande – Grupo Zilor *apud* Tomaz (2017, p. 15).

3. Método da pesquisa

3.1 Pesquisa bibliográfica e estudo de caso

Para a realização desta pesquisa utilizou-se como método o estudo de caso, onde a coleta de dados ocorreu no acervo da própria Usina estudada, conforme necessidade dos questionamentos sobre o processo de cogeração de energia elétrica.

O estudo de caso, segundo Yin (2001, p. 28): “é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.” Corresponde a estratégia mais escolhida quando se é necessário responder questões “como” e “por quê” e quando o pesquisador possui pouco controle sobre os eventos pesquisados.

4. Análise dos dados e resultados

4.1 Caracterização da empresa

A empresa do estudo teve início na Itália no final do século XIX, quando integrantes da família imigraram para o Brasil. Fundada em 1945, está localizada no município de Américo Brasiliense (SP), na região de Araraquara. A unidade possui autossuficiência em matéria-prima com 90% de cana própria e 10% de fornecedor, conta com aproximadamente 3 mil colaboradores diretos e indiretos. Sua capacidade de moagem é mais de 4 milhões de toneladas de cana processada, que também é certificada pela Bonsucro,

Os dados para essa pesquisa foram coletados com pessoas que trabalham no processo, gestores e coordenadores de processo que estão ligados diretamente na cogeração de energia.

A usina trabalhava com 7 caldeiras de 21kgf/cm², com média de produção de vapor 400ton/h; Parte deste vapor era utilizado nos turbos geradores, um com capacidade de 6mwh e outro 3mw, sendo que na admissão da turbina era 21kgf/cm² e na saída da turbina 1,5kgf/cm². Esta pressão era enviada para fábrica de açúcar e de etanol. No final dos processos de evaporação e aparelhos de destilação este vapor se condensa (estado líquido), retornando para o desaerador térmico (tanque pulmão) de água, para novamente alimentar as caldeiras tornando o ciclo fechado de geração de vapor (recuperação de condensado 95%).

4.2 Panorama atual

Todo o ciclo relatado no panorama anterior, repete-se no novo processo, porém, com mais eficiência. Trabalha-se com 3 caldeiras de 65kgf/cm² com capacidade de 450ton/h de vapor produzido. Todo vapor gerado passa por 3 turbos geradores, sendo 2 chamados de contrapressão

e 1 de extração e condensação, com capacidade de produção em cada gerador em 25mwh, totalizando 75mwh. As turbinas de contrapressão liberam vapor de 1,5khf/cm² para o processo de fabricação de açúcar e etanol, e a turbina de extração libera vapor de 21kgf/cm² para alimentar as turbinas das moendas e condensação, e retorna para os desaerador térmico. No balanço térmico da planta industrial o consumo de energia elétrica fica em torno de 25mwh em período de safra. O excedente da energia é exportado para companhia, conforme o contrato, não podendo exceder a demanda de 50mwh.

A tabela 1 demonstra a estrutura da usina para o processo de cogeração de energia elétrica.

Quantidade	Descrição
3	Caldeira de 65kgf/cm ² capacidade 450ton/h
5	Turbos geradores
5	gerador
2	Transformador
1	Tratamento de água
TL104	sistema de transporte de bagaço
TL101	

Tabela 1 – Descrição da Usina

Para implantação do sistema de cogeração, a Usina deste estudo, investiu no projeto aproximadamente R\$150.000,000,00 (cento e cinquenta milhões de reais), para instalação na unidade. O retorno desse investimento é previsto em 10 anos, tendo iniciado o processo e quitado o valor em 2016. O contrato firmado equivale ao período de 30 anos com as companhias de distribuição de energia, o que viabiliza o projeto. O valor do MWh iniciou em 150,00 reais e atualmente, com as correções está em 200,00 reais.

Unidade	MW gerado	MW consumido	MW excedente	Valor da venda em MWh
Usina interior de SP	75MWH	25MWH	50MWH	R\$200,00

Tabela 2 – Capacidade instalada de geração da usina

5. Considerações finais

Apesar da recente implantação do sistema de cogeração de energia elétrica, é possível constatar a isenção de um custo de energia para o funcionamento da usina, caracterizando-se com custo evitado.

A cogeração de energia é uma realidade brasileira, e que já sendo implantada não somente nas empresas, mas observa-se que um grande número de residências já tem buscado por essa fonte por meio de outros recursos (por exemplo a fotovoltaicas), no caso das usinas, a

facilidade em converter o bagaço da cana, que até então era um problema sustentável, tornou-se um ganho financeiro. Esse processo de queima de bagaço para geração de energia tende a crescer, pois as demais usinas buscam se adaptar para uma melhor eficiência, por meio da troca de seus equipamentos.

Quanto aos custos da implantação, com o passar dos anos ocorrerá um aumento da demanda e evolução tecnológica, elevando o valor e provocando aumento de custo de implantação em R\$/MWh. O aumento da eficiência levará a um aumento da capacidade produtiva, e consequente melhora dos resultados operacionais, promovendo um retorno do investimento.

O processo de cogeração é incentivado pelo Governo Federal, ciente de que se trata de uma fonte ecologicamente correta e tem grande perspectiva de crescimento, mostrando ser mais uma fonte para geração de energia elétrica.

Referências

BOYCE, M. P. *Handbook for cogeneration and combined cycle power plants*. 2 ed. New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2002.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia & Empresa de Pesquisa Energética – Brasil. *Plano nacional de energia 2030: combustíveis líquidos* Brasília: MME: EPE, 2007. v. 10.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2050*: nota técnica DEA 13/15-Demanda de Energia 2050. Brasília: MME, 2016. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>> Acesso em: 1 maio. 2018.

BRASIL. Senado Federal. *Decreto-Lei 23 de 25 de março de 2010*. Estabelece o regime jurídico e remuneratório aplicável à energia elétrica e mecânica e de calor útil produzidos em cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a directiva n.º 2004/8/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de fevereiro. Disponível em: < <https://dre.pt/pesquisa/-/search/611330/details/maximized> > Acesso em: 1 maio. 2018.

BRONZATTI, F. L.; IAROSINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, 28., Rio de Janeiro, RJ, 2008. *Anais...* Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. 15 p. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf >. Acesso em: 16 dez. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). *Balanço energético nacional 2017: Ano base 2016* / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

FRASSON, J. A. et al. A utilização da biomassa do bagaço da cana-de- açúcar como fonte alternativa de energia elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 30., São Carlos, SP, 2009. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2009.

KAWA, L. *Resíduos da produção de cana-de-açúcar*. 2015. Não paginado. Disponível em: < <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/sucroenergetico/156845-residuos-da-producao-de-cana-de-acucar.html#.WjgBXdknEdU> > Acesso em: 17 dez. 2017.

KAYS, W. M.; CRAWFORD, M.; WEIGAND, B. *Convective heat and mass transfer*. Índia: Tata McGraw-Hill Education, 2012.

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. *Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. v. 2.

NASCIMENTO, L. Consumo de energia cresceu 0,8% em 2017, aponta comitê do setor elétrico. 7 mar. 2018. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-03/consumo-de-energia-cresceu-08-em-2017-aponta-comite-do-setor-eletrico> > Acesso em: 1 maio 2018.

NOGUEIRA, L. A. H.; CARVALHO, F. N. T.; ROSA, F. Cogeração e geração distribuída. In: LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. *Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação*. Rio de Janeiro: Interciência, v. 2, 2004. Cap. 13, p. 743-786.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Global trends in renewable energy investment 2015*. Disponível em: < <http://fs-unep-centre.org/> >. Acesso em: 16 dez. 2017.

RAMOS, R. C.; NACHILUK, K. Geração de bioenergia de biomassa da cana-de-açúcar nas usinas signatárias ao protocolo agroambiental paulista, safra 2015/2016. *Análise e Indicadores de Agronegócios*, São Paulo, v. 12, n. 4, p.1-7, abr. 2017 < <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-19-2017.pdf> >. Acesso em: 16 dez. 2017.

SALOMÃO, A. Apagão de ideias. *Revista Época Negócios*, São Paulo, ano 2, n. 11, maio 2009. Não paginado. Disponível em: < <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Epocanegocios/0,,EDR82170-8384,00.html> >. Acesso em: 9 jul. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado. Secretaria de Energia e Mineração. *Boletim energético*: Informativo mensal com dados sobre a geração e o consumo dos princípios energético do Estado e São Paulo. São Paulo: SEM, 2018. (Série Informações Energéticas, 001). Disponível em: < <http://catalogo.governoaberto.sp.gov.br/dataset/boletim-energetico> >. Acesso em: 16 dez. 2017.

SOUZA, Z. J. de; AZEVEDO, P. F. de. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 44, n. 2, p. 179-199, jun. 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/resr/v44n2/a02v44n2.pdf> >. Acesso em: 16 dez. 2017.

TATONI, W. M.; ROCHMAN, R. R. Viabilidade da cogeração. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, p. 21, set. 2012. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/24520/23288> > . Acesso em: 16 dez. 2017.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.) *Energia termelétrica*: gás natural, biomassa, carvão, nuclear. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TOMAZ, W. L. et al. Cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO AMBIENTAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA).19., 2017, Rio de Janeiro, RJ. *Anais...* Rio de Janeiro: FEA/USP, 2017.

VASCONCELOS, Y. Não sobra nem o bagaço. 2003. *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo, ed. 77. Não paginado. Disponível em: < <http://revistapesquisa.fapesp.br/2002/07/01/nao-sobra-nem-o-bagaco/> >. Acesso em: 9 jul. 2018.

YIN, R. K. *Estudo de caso*: planejamento e métodos. trad. Daniel Grassi - 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.