

COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NO PARANÁ EM 2018

Natalia Biazi Teixeira¹
Marcia Gonçalves Pizaia²
Marcia Regina Gabardo da Camara³
Carlos Eduardo Caldarelli⁴
Irene Domenes Zaparoli⁵

RESUMO: O objetivo principal deste artigo é identificar o quadro atual de cogeração de energia elétrica utilizando-se o bagaço de cana-de-açúcar para o Brasil e Paraná. O método de pesquisa utilizado foi análise literária e documental, de natureza descritiva, sob a forma de estudo de caso, enfatizando-se o panorama nacional e paranaense. Mediante este estudo foi possível averiguar que, em 2018, foram 188 usinas brasileiras a usarem a biomassa de cana para gerar 21,46 TWh de bioenergia – um aumento modesto frente a 2017, quando 191 unidades produziram 21,45 TWh (+0,05%). No Brasil a “Raízen Energia” foi o grupo que mais cogereu energia em 2018, com um total de produção de 2,47 TWh a partir de 15 usinas. Porém, foi a Cerradinho quem ficou em primeiro lugar no desempenho individual, cogereando sozinha 454,71 GWh. A energia gerada a partir de biomassa no Brasil, em 2018, foi de 14.516.337 kW, sendo que desse total 77,64% foi de biomassa de cana-de-açúcar. Já o Paraná gerou em 2017, 21,58 kWh para cada tonelada de cana. O setor sucroenergético paranaense tem potencial para expandir seu parque gerador elétrico, porém, esta expansão está sendo prejudicada pela falta de investimento no setor.

PALAVRAS-CHAVE: Setor sucroenergético, cogeração, biomassa.

ABSTRACT: The main objective of this article is to identify the current picture of electric energy cogeneration using sugarcane bagasse in Brazil and Paraná. The research method used was based on the literary and documentary analysis, of a descriptive nature, in the form of a case study, emphasizing the national and paranaense panorama. Through this study, it was possible to find out that in 2018, 188 Brazilian plants used sugarcane biomass to generate 21.46 TWh of bioenergy - a modest increase compared to 2017, when 191 plants produced 21.45 TWh (+ 0.05%). In Brazil, “Raízen Energia” was the group that generated the most energy in 2018, with a total production of 2.47 TWh from 15 plants. However, it was Cerradinho who came first in the individual performance, catching alone 454.71 GWh. With regard to installed capacity in Brazil, generated from biomass in 2018, was 14,516,337 kW - of this total, 11,271,611 kW (77.64%) of the biomass responsible for the generation of electric energy was the biomass of sugarcane, of sugar. Paraná generated in 2017, 21.58 kWh for each ton of sugarcane. The sugarcane sector of Paraná has the potential to expand its electric generating plant, however, this expansion is being hampered by the lack of investment in the sector.

KEY WORDS: Sugar-energy sector, cogeneration, biomass.

Data da submissão: 14-09-2018

Data do aceite: 15-05-2019

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo na história da agroindústria canavieira no Brasil, o bagaço da cana-de-açúcar foi visto como um material residual indesejado, sendo usualmente comercializado ou queimado de forma ineficiente para atendimento do consumo interno de energia nas usinas (SOUZA, 2002).

¹ Economista, Universidade Estadual de Londrina (UEL).

² Professora do Departamento de Economia da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE/UEL).

⁴ Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE/UEL).

⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Regional (PPE/UEL).

Nesse sentido, a bioeletricidade é uma energia renovável feita a partir da biomassa – resíduo da cana-de-açúcar (bagaço e palha), restos de madeira, carvão vegetal, casca de arroz, capim-elefante e outras. Com alto teor de fibras, o bagaço de cana tem sido empregado na produção de vapor e energia elétrica além da fabricação de açúcar e etanol, garantindo a autossuficiência energética das usinas durante o período da safra. Mas além de atender as necessidades de energia das usinas, desde a década de 1980 o bagaço tem permitido a geração de excedentes de energia elétrica que são fornecidos para o sistema elétrico brasileiro. No Brasil, 80% da bioeletricidade vem dos resíduos da cana-de-açúcar (UDOP, 2018).

Segundo dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, a produção das geradoras da biomassa cresceu 14% entre maio e junho (3.051 MW médios para 3.477 MW médios), acompanhando o período da safra de cana-de-açúcar usada como insumo por grande parte dessas usinas. A cana-de-açúcar foi responsável, de janeiro a maio de 2017, por 75,7% de toda a geração de energia a partir de biomassa no Brasil (CCEE, 2019).

A perspectiva modesta de evolução da participação da energia de biomassa, no “*mix*” de oferta do SIN, justifica a pesquisa de medidas para melhorar o aproveitamento do potencial da bioeletricidade.

Este trabalho tem como objetivo principal identificar o quadro atual de cogeração de energia elétrica existente utilizando o bagaço de cana-de-açúcar, para o Brasil e o estado do Paraná. Para tanto, apresenta-se a experiência nacional e paranaense relativa ao aproveitamento dos resíduos da cana.

Partindo-se da informação de que nos últimos 30 anos é notório o crescimento da participação da bioeletricidade na matriz elétrica nacional e levando-se em consideração o problema de escassez de energia elétrica no Brasil devido ao aumento no consumo, o presente estudo reúne várias informações coletadas no intuito de responder ao problema de pesquisa: Como o bagaço da cana-de-açúcar pode contribuir na geração de energia elétrica no país?

A cogeração pode trazer perspectivas no crescimento do país ao gerar emprego e renda no campo, estimular a indústria de bens de capital e a poupança de divisas, ao possuir vantagem ambiental em relação às usinas termelétricas movidas a óleo combustível e ser uma fonte de geração descentralizada, interligando-se ao sistema elétrico (NOVA CANA, 2016).

Utilizou-se como método de pesquisa a análise literária e documental, realizou-se um levantamento bibliográfico da literatura existente no país, através de periódicos específicos e de banco de dados nacional. Também é realizada a pesquisa de natureza descritiva sob a forma de estudo de caso, enfatizando-se aqui o panorama brasileiro e paranaense, baseada em CANAL BIOENERGIA (2018); CANA ONLINE (2018); CCEE (2019); EMBRAPA (2018); NOVA CANA (2016, 2018, 2019); UDOP (2018); e USAÇÚCAR (2018).

Este artigo é composto por seis tópicos incluindo-se a introdução e a conclusão. O primeiro tratará do contexto do estudo, dos objetivos buscados e da justificativa para esta pesquisa. O segundo discutirá diversos conceitos e definições sobre o processo de cogeração de energia elétrica em usinas a partir da biomassa da cana. O terceiro versará sobre a metodologia do estudo. O quarto apresenta a experiência nacional e paranaense relativa ao aproveitamento dos resíduos da cana-de-açúcar. O quinto discorre sobre os resultados e discussões da pesquisa. O último tópico finalizará o estudo, trazendo as principais conclusões da pesquisa.

2. COGERAÇÃO NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Sousa e Macedo (2010) afirmam que entre as fontes alternativas de geração de energia elétrica com potencial para expansão no Brasil, a produção de bioeletricidade por meio do processo de cogeração é destacada entre as demais, utilizando-se os resíduos de cana-de-açúcar (biomassa). Os resíduos do processo de cultivo e de moagem da cana-de-açúcar são denominados de biomassa, que é todo recurso renovável, oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, podendo ser utilizada na produção de energia (LOBO, 2013).

Tais resíduos podem gerar dois tipos de biomassa, o bagaço de cana-de-açúcar, subproduto do processo de moagem para obtenção de caldo, e a palha da cana-de-açúcar, material remanescente da colheita da cana-de-açúcar que fica no campo de cultivo, recolhido para aproveitamento futuro (INNOCENTE, 2011).

O bagaço da cana-de-açúcar, antes descartado e utilizado como lixo pelas usinas, passa a ser reaproveitado no Brasil em 1980, tendo grande importância na produção de energia elétrica, de fertilizantes agrícolas e de matéria-prima para a indústria de papel. É recente o uso da palha da cana remanescente da colheita da cana para aproveitamento

energético, face às restrições a prática da queimada nas lavouras da cana no Brasil a partir de 2007. Atualmente, a cana é retirada sem a queima por uma “colheitadeira”, preservando a palha (LOBO, 2013).

O bagaço da cana-de-açúcar é a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira, sendo responsável pelo suprimento de energia térmica mecânica e elétrica das unidades de produção de açúcar e álcool por meio da cogeração (GUARDABASSI, 2006).

Segundo Dantas (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 começaram a se tornar autossuficientes em energia elétrica. Com ajuda e incentivos do governo essas unidades começaram a investir em tais processos no intuito de aumentar ainda mais a geração de vapor para também aumentar a geração de energia e ter um excedente para comercialização.

Para Nagaoka (2002), a reforma do setor elétrico brasileiro permitiu ao governo concentrar-se na elaboração de políticas energéticas e de regulamentação, transferindo ao setor privado as responsabilidades sobre a operação do sistema elétrico e de novos investimentos, propiciando a comercialização da eletricidade cogorada pelo setor sucroenergético. Assim, espera-se maior participação da cogeração na matriz energética brasileira para o futuro.

Guardabassi (2006) destaca que essa realidade só mudou em 2001, período no qual o Brasil foi vítima da crise do abastecimento e conseqüente racionamento de energia, quando o setor vislumbrou vantagens na geração de excedentes.

De acordo com Oddone (2001) a cogeração apresenta vantagens de eficiência em relação à geração termoeletrica, pela destinação final da energia produzida. Enquanto na geração termoeletrica uma parte do calor é sempre desprezada, na cogeração esse calor alimenta processos produtivos, fazendo com que a eficiência global seja superior.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste artigo utilizou-se como método de pesquisa a análise literária e documental. Realizou-se um levantamento bibliográfico da literatura existente no país, onde foram pesquisados inúmeros livros, teses, dissertações, periódicos específicos, artigos científicos e banco de dados, que abordavam temas referentes à cogeração de energia elétrica. Gil (2010) propõe sistematizar passo a passo a pesquisa bibliográfica, de modo a coletar informações já publicadas de autores que tratam a abordagem do assunto, a fim de entender os pensamentos dos autores e validar o conhecimento científico.

Conforme Gil (2010, p.29-31) “a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado”, que inclui material impresso como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. A pesquisa documental “vale-se de toda sorte de documentos, elaborados com finalidades diversas [...] se recomenda que seja considerada fonte documental quando o material consultado é interno à organização”. Michaliszyn e Tomasini (2008, p.51), expõem que a pesquisa bibliográfica e documental é “desenvolvida a partir de referências teóricas que apareçam em livros, artigos, documentos, etc.”.

Este artigo apresentou uma discussão sobre aspectos relevantes da cogeração de energia elétrica, onde as informações, os documentos e base de dados foram obtidos através da CANAL BIOENERGIA (2018), CANA ONLINE (2018), CCEE (2019), EMBRAPA (2018), NOVA CANA (2016, 2018, 2019), UDOP (2018), USAÇÚCAR (2018), entre outros. De acordo com Gil (2008), as metodologias sociais são utilizadas na pesquisa, seja em contextos acadêmicos, seja como ferramentas de intervenção profissional. Entre as várias metodologias sociais, encontra-se a pesquisa documental.

Quanto aos meios, por esta pesquisa ser baseada em estudos de caso de usinas paranaenses que cogeram energia elétrica, foi necessário coletar informações a respeito das usinas analisadas, enfatizando-se o panorama do estado no contexto nacional. Conforme Yin (2010), o estudo de caso contribui para os conhecimentos de fenômenos individuais, grupais, organizacionais, sociais e políticos. A realização de determinado estudo de caso é relevante quando uma questão “como” ou “por que” está sendo feita sobre eventos contemporâneos ou sobre algo que o investigador tenha pouco controle.

Quanto aos fins, também foi realizada pesquisa de natureza descritiva, descrevendo-se aspectos da cogeração no estado do Paraná. Pois, de acordo com Gil (2010) a pesquisa descritiva tem como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

4. COGERAÇÃO: A EXPERIÊNCIA NACIONAL

Na legislação brasileira existe um sistema regulatório definido na ANEEL que ampara casos onde ocorre a necessidade de exportação ou importação de energia elétrica por cogeração em suas três fases: a produção, o transporte e o consumo de energia elétrica (ANEEL, 2019). A legislação relacionada à cogeração de energia (eletricidade) teve como seu marco regulatório a Lei nº. 9.074/1995, que define as figuras do autoprodutor e do produtor independente de energia elétrica. Onde o produtor Independente de Energia Elétrica é a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco; e o autoprodutor de Energia Elétrica é a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo (BRASIL, 1995).

Assim, a venda da energia elétrica excedente pode ser feita para concessionárias de energia através de leilões ou diretamente para o consumidor. Alguns órgãos e entidades são envolvidos no processo para encontrar a melhor maneira de fazer a comercialização. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) é o órgão responsável pelo assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas e diretrizes de energia. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é responsável pelas atividades requeridas à administração do mercado: financeiras, contábeis e operacionais, sendo todas reguladas pela ANEEL. Nesse se processam as atividades comerciais dos leilões de energia elétrica por meio de contratos e de um mercado de curto prazo, restrito ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Cabe ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) garantir a manutenção dos ganhos sinérgicos da operação coordenada, criando condições para a justa competição entre os agentes do setor. O ONS atua como sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos, e opera o SIN por delegação dos agentes (empresas de geração, transmissão e distribuição de energia), seguindo regras, metodologias e critérios codificados nos Procedimentos de Rede; aprovados pelos próprios agentes e homologados pela ANEEL (CARDOSO, 2011).

Dados apresentados a partir de 2018 mostram que o Brasil apresenta um baixo crescimento de expansão da cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar, desde que o segmento começou a investir com mais força na atividade. Entretanto, os últimos leilões de cogeração feitos desde o final do ano de 2017 já apresentaram um cenário mais previsível e rentável, o que poderá estimular a retomada de incentivos (RAMOS, 2018).

Esse baixo crescimento é reflexo da falta de incentivos nos últimos quatro a seis anos, quando praticamente não houve leilões direcionados para a fonte biomassa e os que ocorreram tiveram preços “erráticos” e “declinantes”, sem uma “política de previsibilidade” para a realização dos certames. Porém, o preço da energia no mercado livre passou a oferecer uma melhor remuneração desde o final do ano de 2017, colaborando assim para fortalecer os balanços das usinas. Há também projetos de investimentos em cogeração para melhorar a capacidade de geração de caixa das usinas, sobretudo as que já têm alguma unidade de cogeração e querem aumentar sua capacidade (RAMOS, 2018).

A cogeração de energia também está sendo prejudicada pela redução da produção de cana-de-açúcar. Nesse sentido, tentando solucionar a questão da redução da produção, foi iniciado em 2018 o cultivo de cana obtida a partir do cruzamento das espécies denominadas cana-energia, que apresentam maior teor de fibras e robustez. Desenvolvidas por empresas como a GranBio e a Vignis e pelo Instituto Agrônomo de Campinas, essas “supercanas” são apontadas como a solução para aumentar a produtividade e elevar a cogeração de energia (CANAL BIOENERGIA, 2018).

Anunciado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) orienta tendências e procura alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas para solucionar o problema de baixo crescimento no setor. O PNE realiza uma série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis. Esses estudos estão divididos em volumes temáticos cujo tema é biomassa (EPE, 2017).

Conforme o Plano Nacional de Energia 2030, uma das perspectivas para o sistema de cogeração é a energia chegar não só as usinas, mas também aos hospitais e demais instalações comerciais. Um dos *drivers* para a expansão da energia renovável no País é a redução das emissões de CO₂ - a meta é reduzir em 45% a emissão de CO₂ até 2030 (EPE, 2017).

Em relação às usinas serem autossuficientes em energia elétrica usando o bagaço da cana, elas vem cada vez mais se adaptando a este cenário. Em 2018 o Brasil possuía quase 200 empresas do setor sucroenergético que utilizam a biomassa como principal fonte de energia na maior parte do ano e comercializam o excedente (NOVA CANA, 2018).

No início de 2018 o Brasil possuía 411 usinas de açúcar e álcool instaladas, todas usando o bagaço e palha da cana-de-açúcar como fonte energética e autossuficientes no consumo de energia. A relação da quantidade de usinas por estado é apresentada na Tabela 1, mostrando o estado de São Paulo liderando a relação (NOVA CANA, 2018).

Estima-se que, caso fosse aproveitada plenamente toda a biomassa de cana disponível no país, seria possível agregar à rede elétrica um volume de energia da ordem de 11.000 MW médios na safra 2018/19, o que equivale a uma usina do porte de Itaipu. Somente no estado de São Paulo a reserva de cana permitiria exportar 4.800 MW médios para a rede em 17/18. O Balanço Energético Nacional apresenta a cana e derivados como a segunda maior fonte energética do país, em tonelada equivalente de petróleo, ficando à frente da hidroeletricidade e atrás apenas do petróleo. Em grande parte, isto se deve à queima do bagaço tanto para o consumo das usinas quanto para a rede pública (NOVA CANA, 2016).

Tabela 1 – Relação das usinas sucroalcooleiras nos estados brasileiros em 2018

Estado	Quantidade de Usinas
São Paulo	172
Minas Gerais	42
Goiás	39
Paraná	30
Alagoas	25
Mato Grosso do Sul	24
Pernambuco	17
Mato Grosso	12
Paraíba	9
Bahia	6
Espírito Santo	6
Sergipe	6
Maranhão	5
Rio de Janeiro	5
Rio Grande do Norte	3
Rio Grande do Sul	3
Acre	1
Amazonas	1
Ceará	1
Pará	1
Rondônia	1
Tocantins	1
Amapá	0
Distrito Federal	0
Roraima	0
Santa Catarina	0
Total	411

Fonte: Elaboração própria com base na NOVA CANA (2018).

O Brasil possuía, no primeiro semestre do ano de 2018, um total de 3.808 agentes investindo no mercado de geração de energia elétrica e 5.388 empreendimentos em operação, totalizando 159.822.118 kW de potência instalada. Observa-se na Tabela 2 o total de energia gerada por segmento e pode-se ver que 14.516.337 kW são gerados a partir de biomassa.

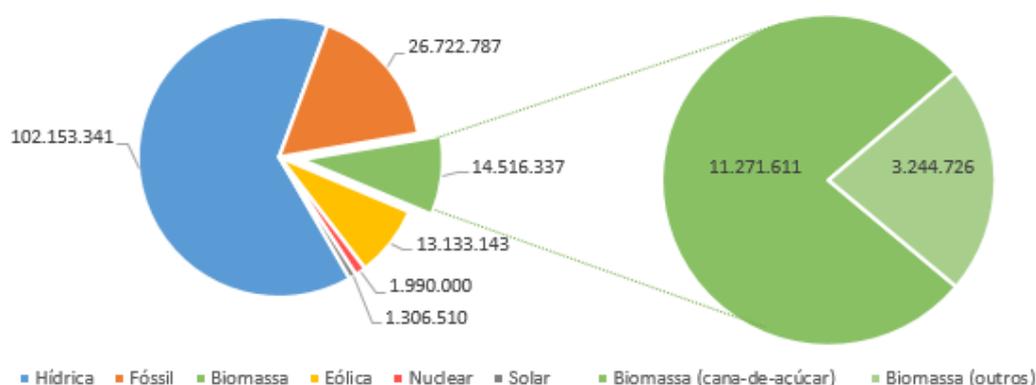
Tabela 2 – Distribuição da matriz energética brasileira em 2018

Origem	Capacidade Instalada (kW)
Biomassa	14.516.337
Eólica	13.133.143
Fóssil	26.722.787
Hídrica	102.153.341
Nuclear	1.990.000
Solar	1.306.510
Undi-Elétrica	50
Total	159.822.168

Fonte: Elaboração própria (2018) com base na UDOP (2018).

A Figura 1 mostra a Distribuição da matriz energética brasileira a partir da biomassa em 2018.

Figura 1 – Distribuição da matriz energética brasileira a partir da biomassa em 2018



Fonte: Elaboração própria (2018) com base na UDOP (2018).

Ressalta-se que 77,64 % da biomassa responsável pela geração de energia elétrica é a da cana-de-açúcar, contribuindo assim com 11.271.611 kW de potência instalada (Figura 1).

4.1 O CASO PARANAENSE

Um dos grandes vetores de desenvolvimento da indústria sucroenergética foi a geração de eletricidade a partir do bagaço de cana, um fator que ajudou grandes empresas a lidarem com situações de crise, onde a geração de energia foi um “abatador de custos” para as usinas de açúcar e etanol. Com a produção da bioeletricidade, foi possível reduzir custos unitários, lucrar com a venda do excedente e aproveitar ao máximo a cana-de-açúcar que sai do campo.

O problema é que, em 2017 o Paraná deixou a desejar também neste aspecto, com pouca participação e baixos investimentos das usinas na área de eletricidade. Das 200 empresas do setor sucroenergético que não só utilizavam a biomassa como principal fonte de energia, mas também comercializam o excedente, apenas nove delas eram paranaenses.

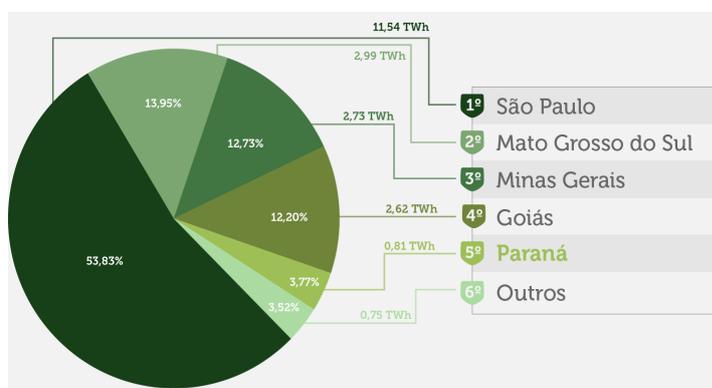
Outrossim, em 2017 a indústria sucroenergética do Paraná passou por grandes dificuldades. A maior dificuldade para a expansão da cogeração paranaense estava além do alcance das usinas. O Paraná, nos últimos cinco

anos, teve capacidade de gerar entre 900 a 1 milhão de MWh por ano, mas a grande necessidade do estado é em relação às linhas de transmissão. Se mais unidades iniciarem a cogeração de eletricidade, a Companhia Paranaense de Energia (Copel) precisaria investir em novas linhas ou em potencializar as já existentes. Destaca-se que as linhas de transmissão disponíveis hoje não são suficientes para distribuir todo o potencial de geração de energia das usinas de cana.

Um estudo encomendado pela Alcopar e pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP) demonstrou que o potencial para a produção de energia de biomassa no estado é grande, especialmente por demandar um investimento relativamente baixo e sem impacto ambiental. Porém, a Copel teria que fazer esse planejamento para que o Paraná possa ter mais usinas cogerao energia elétrica - podendo chegar a 3 GWh por ano. Esta seria uma grande oportunidade para o estado e para as empresas sucroenergéticas, indicando ser este um caminho viável para a retomada do crescimento do setor (NOVA CANA, 2018).

Conforme a Figura 2, em 2017 o Paraná estava na quinta posição nacional tanto na capacidade de cogeração quanto na média do total gerado nos últimos anos. São Paulo foi responsável por aproximadamente 53% da bioeletricidade gerada no país. Em seguida vieram Mato Grosso do Sul (13%), Minas Gerais (12%) e Goiás (12%). O Paraná vem na sequência, com apenas 3,77% da produção de energia naquele ano, o que corresponde a 809,15 GWh.

Figura 2 – Ranking dos estados que mais geraram energia com o bagaço de cana em 2017



Fonte: Modificado pelo autor, Base de dados CCEE (2018) apud Nova Cana (2018).

O Paraná gerou em 2017, cerca de 21,58 kWh para cada tonelada de cana com uma produção de 37,5 milhões de toneladas. Para efeitos de comparação, o Mato Grosso do Sul foi o estado que mais produziu energia em relação à produção de cana em 2017, com 2.991,62 GWh e uma moagem de 46,9 milhões de toneladas, ou 63,78 kWh/t. Se o Paraná rendesse da mesma forma, ele poderia ter produzido 2.391,75 GWh, ante o resultado efetivo de 809,15 GWh – um aumento de 195%. Observando-se esses números e a média do valor da venda de bioeletricidade no mercado *spot* nos últimos três anos, conforme dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, as usinas do Paraná deixaram de receber aproximadamente R\$ 365,61 milhões só com a venda de energia em 2017.

Tem-se que a cogeração representou em 2017 um aumento de 15% a 20% no fluxo financeiro das empresas, com reflexos positivos para a economia do Paraná. Tal afirmação diz que, em 2017, uma usina sucroenergética média teve fluxo de caixa líquido positivo de R\$ 4,00 e uma receita de R\$ 8,28 por tonelada obtida com a energia. Assim, caso não tivesse gerado energia, a unidade teria registrado um caixa negativo. Com uma geração de energia mais eficiente, o fluxo de caixa poderia ser ainda mais elevado (NOVA CANA, 2018).

A cogeração é uma alternativa mais rentável e atrativa às operações de fusão e aquisição, por exemplo. Quem tem capacidade de investir vai preferir a cogeração a fazer a aquisição de um vizinho. Esse vai ser o direcionamento do *capex* nos próximos anos, projeta (NOVA CANA, 2018).

Já em junho de 2018 o Paraná ficou em quinto lugar em relação a geração de energia por estado. Conforme a câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), em 2018 o estado de São Paulo foi o maior produtor de energia proveniente da queima da biomassa no país com 1.033,9 MW médios de energia entregues no primeiro semestre. Na sequência, aparece o Mato Grosso do Sul com 451,2 MW médios produzidos, Minas Gerais com 291,8 MW médios, Goiás com 232,7 MW médios e o estado do Paraná com 154,5 MW médios (CCEE, 2019).

Com relação à capacidade instalada, os dados consolidados da CCEE em junho de 2018 confirmam o estado de São Paulo com a maior capacidade instalada, somando 5.308,3 MW, em seguida aparece o Mato Grosso do Sul com

1.904,8 MW, Minas Gerais com 1.326,0 MW, Goiás com 1.084,5 MW e o estado do Paraná com 713,9 MW de capacidade (CCEE, 2019).

Na Tabela 3 constam as 30 usinas do estado do Paraná operantes em 2018. O Grupo Usasúcar (Usina Santa Terezinha) é o maior grupo do setor no estado. Fundado em 1964, a Usina Santa Terezinha, iniciou produzindo açúcar e logo já empreendeu também a fabricação do etanol. Com início em Maringá, hoje a usina atua com dez unidades produtivas pelo estado. Em 2018, a usina é a maior do segmento açúcar e etanol da região sul do Brasil, está entre as cinco empresas do agronegócio que mais empregam e é a 3ª maior exportadora de açúcar do país. A energia elétrica limpa gerada a partir do bagaço da cana-de-açúcar abastece todas as unidades produtivas da empresa e a produção excedente é comercializada. O aproveitamento da matéria prima como fonte de biomassa gera a cada safra energia elétrica suficiente para atender mais de 160 mil residências (USACUCAR, 2018).

Todavia, o grupo Santa Terezinha, com 10 usinas no Paraná, entrou no dia 21 de março 2019 com um pedido de recuperação judicial. A crise agravou-se com a falta de cana devido a adversidades climáticas, onde três unidades do grupo Santa Terezinha ficaram paralisadas na safra 2018/19. No período, a empresa moeu 14 milhões de toneladas de cana, um valor abaixo das 18 milhões de toneladas registradas em safra 2016/17.

Tabela 3 – Relação das usinas no estado do Paraná em 2018

Usina	Cidade
Grupo Usasúcar - Unidade Paranacity	Paranacity
Grupo Usasúcar - Unidade Tapejara	Tapejara
Grupo Usasúcar - Unidade Ivaté	Ivaté
Grupo Usasúcar - Unidade Cidade Gaúcha	Cidade Gaúcha
Grupo Usasúcar - Unidade Terra Rica	Terra Rica
Grupo Usasúcar - Unidade Goioerê	Moreira Sales
Grupo Usasúcar - Unidade Rondon	Rondon
Grupo Usasúcar - Unidade Iguatemi	Iguatemi
Grupo Usasúcar - Unidade Serra dos Dourados	Umuarama
Grupo Usasúcar - Unidade São Tomé	São Tomé
Grupo Copersucar - Unidade Jacarezinho	Jacarezinho
Grupo Copersucar - Unidade Jussara	Jussara
Grupo Copersucar - Unidade Nova Londrina	Nova Londrina
Grupo Alto Alegre - Unidade Florestópolis	Florestópolis
Grupo Alto Alegre - Unidade Junqueira	Colorado
Grupo Alto Alegre - Unidade Santo Inácio	Santo Inácio
Grupo Renuka - Unidade Cambuí	Marialva
Grupo Renuka - Unidade São Pedro do Ivaí	São Pedro do Ivaí
Coopcana	São Carlos do Ivaí
Dail / Clarion	Ibaiti
Cooperval	Jandaia do Sul
Central Paraná	Porecatu
Decalda	Jacarezinho
Grupo Sabarácool - Usina Matriz	Engenheiro Beltrão
Grupo Sabarácool - Filial Cedro	Perobal
Nova Produtiva	Astorga
Destilaria Americana	Nova América da Colina
IMCOPA	Araucária
Luso	Ventania
Usiban	Bandeirantes

Fonte: Elaboração própria (2018) com base na NOVA CANA (2018).

Além disso, na temporada 2019/20, outra usina do grupo Santa Terezinha, a Usina Goioerê em Moreira Sales (PR), também deve ficar parada. A cana da região será direcionada para a Usina Tapejara, no município paranaense que tem o mesmo nome. O Grupo faz tal movimento como estratégia para formar “clusters” de produção, integrando as atividades operacionais de usinas geograficamente próximas (NOVA CANA, 2019a).

Com relação à produção de energia elétrica no estado, a maior parte da energia produzida pela Copel, cerca de 95%, tem sua matriz energética em hidrelétricas, percentual que no Brasil é de 65%. A ideia é sair da dependência da energia produzida a partir do aproveitamento do potencial hidráulico do represamento de rios. O projeto de geração de energia renovável no Paraná ainda precisa enfrentar muitos desafios para entrar em prática, em que de todos os setores o mais estruturado é o da cana-de-açúcar, pois o Paraná teria um potencial de 1.000 MW considerando os volumes de bagaço, vinhaça e palha de cana (JORNAL PARANÁ, 2017).

A título de melhorar a produtividade e o sistema de cogeração pela biomassa, o estado do Paraná já está realizando medidas necessárias nesse sentido. O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) junto com o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) vem desenvolvendo o Projeto Puricana, que tem o objetivo de construir uma rede de pesquisa, desenvolvimento e inovação em cana, integrando e ampliando a base genética utilizada pelos programas de melhoramento genético. Os estudos englobam ainda soluções para cogeração de energia, com culturas como *Arundo donax* (cana gigante), capim-elefante, casca de coco-verde, sorgo sacarino e sorgo biomassa (EMBRAPA, 2018).

No Paraná, o cenário apresenta perspectivas em relação ao crescimento de cogeração de energia elétrica, pois entra em vigor uma nova política estadual de biogás e biometano. A nova política irá regular investimentos desse tipo de geração de energia, que reaproveita resíduos sólidos urbanos e rurais, como do setor de cana-de-açúcar (sucroenergético) e de proteína animal (MOLIN, 2018).

O Paraná tem um grande potencial para erguer um parque gerador de energia com bagaço de cana-de-açúcar, porém, grande parte das usinas paranaenses busca produzir apenas para consumo próprio, sem produzir energia excedente para comercialização. No geral, o entrave para investimentos na geração de energia pela agroindústria canavieira do Paraná é a falta de capital, as empresas precisam de mais apoio, infraestrutura e incentivos, pois os custos para adequar usinas a cogerarem são muito altos (GUILLEN, 2011).

A cogeração de energia pelo bagaço de cana-de-açúcar seria uma ótima alternativa para as usinas sucroenergéticas do estado do Paraná agregarem valor a produção e também uma alternativa para dar um destino correto ao bagaço, evitando desperdício e ainda gerando receita (MORAES; SHIKIDA, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em 2018 o Brasil possuía 411 usinas de açúcar e álcool instaladas, que usavam o bagaço e palha da cana-de-açúcar como fonte energética, sendo autossuficientes no consumo de energia. São Paulo liderava a relação de cogeração de energia. Somente 45% das empresas brasileiras comercializavam o excedente para o SIN. Porém, apenas 15% do potencial da biomassa eram aproveitados para a produção de energia elétrica no país. Onde 77,64 % da biomassa responsável pela geração de energia elétrica foi a biomassa cana-de-açúcar, contribuindo com 11.271.611 kW de potência instalada (CANA ONLINE, 2018).

No ano de 2018 contam-se 188 usinas brasileiras que usaram biomassa de cana para gerar 21,46 TWh – um aumento modesto frente a 2017, quando 191 unidades produziram 21,45 TWh (+0,05%) (CCEE, 2019).

Raízen Energia foi o grupo que encabeçou a lista de cogeração de energia em 2018 no Brasil, com um total de produção de 2,47 TWh a partir de 15 usinas. Todavia, foi a Cerradinho quem ficou em primeiro lugar no desempenho individual, cogeraoando sozinha 454,71 GWh e, deste modo, garantiu a primeira colocação no *ranking* de cogeração de energia pelo segundo ano consecutivo (NOVA CANA, 2019b).

As vendas totais de açúcar da Raízen Energia cresceram 4% em 2017/2018 em relação a 2016/2017, chegando a R\$ 6.166 milhões. As vendas de etanol aumentaram 23% no ano-safra, o que representa R\$ 7.444 milhões. Já as vendas de cogeração de energia totalizaram R\$ 952 milhões no período, uma evolução de 84%, foi a que mais evoluiu (RAÍZEN, 2019).

Está prevista para os próximos anos uma adição de 17.217.878 kW na capacidade de geração de energia elétrica do País, proveniente dos 199 empreendimentos atualmente em construção e mais 386 em empreendimentos com construção não iniciada (UDOP, 2018).

Destaca-se que por ser a bioeletricidade um produto menos volátil em termos de mercado, a expansão da cogeração de energia elétrica é uma promessa para os próximos anos como alternativa financeira para as usinas. Estima-se que para a safra de cana de 2018/19, cada tonelada de cana gerou uma receita de R\$ 9,95 para as unidades que comercializaram bioeletricidade. O incremento para uma usina média do setor foi de R\$ 23,94 milhões na temporada (NOVA CANA, 2019b).

Vale reafirmar que o Brasil apresenta baixo crescimento de expansão da cogeração de energia a partir da cana-de-açúcar, devido a falta de incentivos nos últimos anos, quando praticamente não houve leilões para a fonte biomassa e os que ocorreram tiveram preços declinantes (RAMOS, 2018).

A cogeração de energia também está sendo prejudicada pela redução da produção de cana prevista. O Brasil produziu menos cana no ano de 2018 devido aos baixos investimentos nos canaviais, que se encontram mais envelhecidos e com produtividade reduzida (GALDIERI, 2018).

Concernente ao Paraná, o setor tem potencial para expandir seu parque gerador elétrico, porém, esta expansão está sendo prejudicada pela falta de investimentos. Os principais motivos pelos quais o investimento na produção e expansão da cogeração de energia elétrica oriunda da biomassa da cana foi baixo em 2017 no Paraná foram os seguintes:

a) Grande parte das usinas paranaenses busca produzir apenas para consumo próprio, sem produzir energia excedente para comercialização, porquanto os custos para as usinas a cogerem ainda são muito altos (GUILLEN, 2011).

b) além dos baixos investimentos o Paraná também teve pouca participação das usinas na área de eletricidade em 2017. No Brasil, das quase 200 empresas do setor sucroenergético que não só utilizavam a biomassa da cana como principal fonte de energia, mas também comercializam o excedente, apenas nove delas eram paranaenses (NOVA CANA, 2018).

c) A maior dificuldade da indústria sucroenergética paranaense para a expansão da cogeração em 2017 foi devida às linhas de transmissão. O Paraná, nos últimos cinco anos, teve capacidade de gerar entre 900 a 1 milhão de MWh/ano, mas a grande necessidade do estado é em relação às linhas de transmissão. Se mais unidades iniciarem a cogeração de eletricidade, as linhas atuais não serão suficientes para distribuir todo o potencial de geração de energia das usinas de cana (NOVA CANA, 2018).

Os dados apresentados e discutidos nesta seção mostram que apesar do potencial de geração de energia de biomassa por parte das usinas do setor sucroenergético paranaense, o estado ainda necessita de alguns avanços em termos de financiamento, infraestrutura e incentivos (GUILLEN, 2011). A realidade nacional, sobretudo o estado de São Paulo que é líder nacional e alguns de trajetória recente como Mato Grosso do Sul, mostra que alguns pontos ainda carecem de maior atenção para o setor no estado do Paraná, no sentido de melhor infraestrutura e organização institucional, assim como financiamento. Ademais, registra-se que, mesmo no contexto nacional, o setor ainda necessita de políticas setoriais para maiores incentivos e a questão da potencialidade da energia que pode ser gerada é um primeiro passo para um desenho das políticas para o setor (NOVA CANA, 2019b).

6. CONCLUSÃO

Este artigo procurou identificar o quadro atual de cogeração de energia elétrica por meio do bagaço da cana-de-açúcar para o Brasil e Paraná. mediante esta pesquisa foi possível averiguar que no ano de 2018, foram 188 usinas brasileiras a usarem biomassa de cana para gerar 21,46 TWh.

Com relação à potência instalada no país, em 2018 o Brasil possuía 3.808 agentes investindo no mercado de geração de energia elétrica e um total de 5.388 empreendimentos em operação, totalizando 159.822.118 kW de potência instalada. Deve-se destacar que, 14.516.337 kW da potência instalada no Brasil em 2018 foi gerada a partir de biomassa e desse total, 11.271.611 kW (77,64%) da biomassa responsável pela geração de energia elétrica foi a partir da biomassa de cana-de-açúcar.

A previsão para os próximos anos é de uma adição de 17.217.878 kW na capacidade de geração de energia elétrica do País, proveniente dos 199 empreendimentos atualmente em construção e mais 386 em Empreendimentos com construção não iniciada.

O cenário atual do setor sucroenergético no Paraná é similar ao identificado nas demais regiões do país, tendo potencial para expandir seu parque gerador elétrico, porém, esta expansão está sendo prejudicada pela falta de investimento e infraestrutura no setor.

Em 2017 o Paraná gerou 21,58 kWh para cada tonelada de cana com uma produção de 37,5 milhões de toneladas. Destaca-se que observando a média do valor da venda de bioeletricidade no mercado *spot* nos últimos três anos, as usinas do Paraná deixaram de receber aproximadamente R\$ 365,61 milhões só com a venda de energia em 2017.

No Paraná, a cogeração de energia representou em 2017 um aumento de 15% a 20% no fluxo financeiro das empresas, com reflexos positivos para a economia do Paraná. Caso não tivesse gerado energia, a unidade teria registrado um caixa negativo. Com uma geração de energia mais eficiente, o fluxo de caixa poderia ser ainda mais elevado.

Conforme a câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, em junho de 2018 o Paraná ficou em quinto lugar em relação a geração de energia e à capacidade instalada por estado.

Com relação à geração de energia, em junho de 2018 o estado de São Paulo foi o maior produtor de energia proveniente da queima da biomassa no país com 1.033,9 MW médios de energia entregues no primeiro semestre. Na sequência, aparece o Mato Grosso do Sul com 451,2 MW médios produzidos, Minas Gerais com 291,8 MW médios, Goiás com 232,7 MW médios e o estado do Paraná com 154,5 MW médios (CCEE, 2019).

Com relação à capacidade instalada, em junho de 2018 o estado de São Paulo estava com a maior capacidade instalada, somando 5.308,3 MW, em segundo aparece o Mato Grosso do Sul com 1.904,8 MW, em terceiro está Minas Gerais com 1.326,0 MW, em quarto vem Goiás com 1.084,5 MW e em quinto tem-se o estado do Paraná com 713,9 MW de capacidade.

O bagaço está deixando de ser apenas um resíduo em que as usinas têm dificuldade em armazenar e acabam descartando, queimando-o e prejudicando o meio ambiente para gerar um terceiro produto, a “energia”, contribuindo para redução de custos, gerando receita e competitividade da cadeia com um projeto econômico-financeiro viável.

Foi observado com dados da experiência nacional do aproveitamento resíduos da cana-de-açúcar que o Brasil e também o estado do Paraná teriam condições de cogear mais energia elétrica. Mas, mesmo com todo o potencial de produtividade de cana-de-açúcar, para as usinas canavieiras cogerem mais energia a partir desta biomassa é preciso de mais investimento no setor, tanto para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar quanto para adaptar os equipamentos necessários para o sistema de cogeração.

Uma das maiores dificuldades encontradas nesta pesquisa foi relativa à coleta de informações atuais relativas ao potencial de geração de energia elétrica no Paraná para o ano de 2018, dificultando realizar estimativas atuais e futuras do volume de cogeração de energia elétrica utilizando-se o bagaço de cana-de-açúcar no Paraná. Essa dificuldade decorre da obtenção de poucos dados a este respeito, uma vez que algumas usinas ficaram paralisadas na safra 2018/19, devido a adversidades climáticas, outras fecharam no ano de 2018, e algumas estão com processo de recuperação judicial.

Como sugestões para futuros trabalhos que possam dar continuidade a esta pesquisa, citam-se: estudos investigando a viabilidade técnica e econômica das usinas brasileiras que cogeram energia elétrica pelo uso do bagaço da cana-de-açúcar; estudos sobre a diferentes sistemas de cogeração, com destaque a cogeração a partir de biogás gerado por tratamento de esgoto, utilizando motores ou turbinas à gás.

Espera-se que o presente trabalho seja capaz de subsidiar discussões e estudos relacionados ao processo de cogeração de energia elétrica pelo uso do bagaço da cana-de-açúcar no Brasil e no exterior.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Fatores de Conversão*. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

BRASIL. *Lei nº 9.074 de 07 de julho de 1995*. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9074cons.htm>. Acesso em 23 de abril de 2019.

- CANAL BIOENERGIA. Cana-de-açúcar ideal para cogeração de energia. *Jornal Da Bioenergia*. Goiânia, Goiás. 2018. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/>>. Acesso em: 28 de junho de 2018.
- CANA ONLINE. Cana que gera luz. 2018. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/>>. Ribeirão Preto, SP: *CanaOnline*. Acesso em: 28 de junho de 2018.
- CARDOSO, T. *Cogeração de Energia Através do Bagaço de Cana-de-açúcar*. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 24 de abril de 2019.
- DANTAS, G. de A. *O impacto dos créditos de carbono na rentabilidade da cogeração sucroalcooleira brasileira*. Dissertação (Mestrado) - ISEG/Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Evento no IAC busca discutir formas de financiamento para as pesquisas com cana-de-açúcar no Brasil*. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/1>>. Acesso em: 28 de junho de 2018.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. *Em plenária da COGEN, presidente da EPE diz que objetivo é incentivar geração distribuída valorizando os atributos de cada fonte*. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 28 de junho de 2018.
- GALDIERI, Dado. Raízen vê safra de cana menor que no Brasil neste ano. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/raizen-ve-safra-de-cana-menor-no-brasil/>>. EXAME, 2018. Acesso em: 20 de junho de 2018.
- GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas. 2008.
- GUARDABASSI, P. Maria. *Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectiva para os países em desenvolvimento*. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- GUILLEN, F. Usinas da região de Maringá produzem eletricidade suficiente para abastecer cidade grande. *Gazeta de Maringá*, Maringá, ago. 2011. Disponível em: <<http://www.gazetamaringa.com.br/online/>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- INNOCENTE, A. *Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar*. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- JORNAL PARANÁ. Copel quer gerar energia a partir da biomassa. Maringá: *Jornal Paraná*. 2017. Disponível em: <<http://www.jornalparana.com.br/>>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- LOBO, C. da S. *A importância da cogeração utilizando bagaço de cana-de-açúcar como forma de diversificação da matriz elétrica*. 2013. 118 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- MICHALISZYN, Mario Sergio; TOMASINI, Ricardo. Pesquisa: orientações e normas para elaboração de projetos, monografias e artigos científicos. 4. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro (RJ): Vozes, 2008. 215 p.
- MOLIN, G. D. Nova lei regula transformação de dejetos em luz e renda. *Gazeta do Povo*. 2018. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/>>. Acesso em: 20 de junho de 2018.
- NAGAOKA, M. P. T. *A comercialização da energia elétrica cogerada pelo setor sucroalcooleiro em regiões do estado de São Paulo*. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.
- NOVA CANA. *Usina Santa Terezinha pede recuperação judicial; dívida da companhia é de R\$ 4,6 bi*. 22 mar 2019. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/>>. Acesso em: 20 de abril de 2019a.
- NOVA CANA. *Ranking da bioeletricidade: As 100 usinas de cana que mais geraram eletricidade em 2018*. 28 mar 2019. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cogeracao/>>. Acesso em: 20 de abril de 2019b.
- NOVA CANA. *Dossiê Paraná*. 17 set 2018. Disponível em: <<https://www.novacana.com/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

-
- NOVA CANA. Vantagens da bioeletricidade do bagaço de cana para o Brasil. Curitiba: *Nova Cana*. 2016. Disponível em: <<https://www.novacana.com/estudos/vantagens-da-bioeletricidade-do-bagaco-de-cana-para-o-brasil-120913/>>. Acesso em: 28 de janeiro 2018.
- ODDONE, D. C. *Cogeração: uma alternativa para produção de eletricidade*. 2011. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- RAMOS, C. Melhoram Perspectivas para a Cogeração. *Valor*, São Paulo, 08 jun. 2018. 1, p. 1. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/>>. Acesso em: 20 de junho de 2018.
- RAÍZEN. Relatório Anual 2017/2018. Disponível em: <[Raizen.pdf](#)>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- SOUSA, E.; MACEDO, I. *Etanol e Bioeletricidade: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética*. 1ed. São Paulo. Luc Projeto de Comunicação, São Paulo, 2010.
- SOUZA, O. *Aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar como alimento volumoso para ruminantes*. 2002. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/CMT07.pdf>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2017.
- UDOP – União dos Produtores de Bioenergia. Disponível em: <http://www.portaludop.com.br/>. Acesso em: 20 de junho de 2018.
- USAÇÚCAR – Usina de Açúcar Santa Terezinha. 2018. Disponível em: <<https://www.usacucar.com.br/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2018.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.