

LOGÍSTICA REVERSA: ANÁLISE DO USO DA BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

REVERSE LOGISTICS: ANALYSIS OF THE USE OF BIOMASS IN ELECTRIC POWER PRODUCTION.

Ronas da Paz Santana¹
Flávio Nunes de Araújo Maia²

RESUMO: Desde a introdução oficial da cana-de-açúcar em 1532, sua expansão foi inevitável pelo autovalor agregado. Com o surgimento dos engenhos centrais, foi elaborado um programa de modernização da produção. Mas, só no início da 2ª guerra mundial, concentraram-se na multiplicação da capacidade produtiva, objetivando o melhor aproveitamento da produtividade que se dividia em subsistema: área agrícola, área industrial e a logística que é responsável por ligar esses pontos. Neste prisma, a presente pesquisa visa a análise da logística reversa aplicada no uso da biomassa. O estudo trata-se de uma revisão integrada, com buscas realizadas em sites e artigos que abordam o tema logística, logística reversa na produção de biomassa, impactos do excedente da produção do setor sucroalcooleiro. Todas as buscas se restringiram a publicações dos últimos 5 anos. De início selecionou-se que tinham um título relevante e informações pertinentes em seus resumos. Feito isso, os artigos foram lidos na íntegra e com base em critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados. Os critérios foram: inclusão - trabalhos que apresentaram dados sobre produção da safra da cana-de-açúcar, impactos da geração de biomassa, logística e suas diversas aplicações e disponibilidade de artigos na íntegra; exclusão: trabalho com publicação inferior ao ano de 2018, atendendo todos os critérios exigidos. Constatou-se que a logística aplicada na geração de biomassa, traz benefícios concretos. Com os resultados da pesquisa podemos constatar a necessidade de investimentos no setor sucroalcooleiro, possibilitando melhorar a produtividade, garantindo os benefícios da logística na geração de energia elétrica proveniente da biomassa.

Palavras-chave: Logística Reversa, Reutilização do Bagaço da cana-de-açúcar, Geração de biomassa, Aproveitamento energético nas usinas sucroalcooleiras.

ABSTRACT: Since the official introduction of sugar cane in 1532, its expansion was inevitable due to the added eigenvalue. With the emergence of central mills, a production modernization program was drawn up. However, it was only at the beginning of the 2nd World War that they concentrated on multiplying production capacity, with the aim of making better use of productivity, which was divided into subsystems: agricultural area, industrial area and the logistics that is responsible for connecting these points. In this light, this research aims to analyze the reverse logistics applied to the use of biomass. The study is an integrated review, with searches carried out on websites and articles that address the theme of logistics, reverse logistics in biomass production, impacts of surplus production in the sugar and alcohol sector. All searches were restricted to publications from the last 5 years. At first, it was selected that had a relevant title and relevant

¹Acadêmico do Curso Tecnólogo em Logística. ronas.santana@unifacol.edu

²Mestre em hotelaria e Turismo pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Profº do Centro Universitário Facol - UNIFACOL. flavio.maia@unifacol.edu.br Professor

information in their abstracts. After that, the articles were read in full and based on inclusion and exclusion criteria, they were selected. The criteria were: inclusion - works that presented data on the production of the sugarcane harvest, impacts of biomass generation, logistics and its various applications and availability of articles in full; Exclusion: work published less than 2018, meeting all the required criteria. It was found that the logistics applied in the generation of biomass brings concrete benefits. With the results of the research, we can see the need for investments in the sugar and alcohol sector, making it possible to improve productivity, guaranteeing the benefits of logistics in the generation of electricity from biomass.

Keywords: Reverse Logistics, Reuse of sugarcane bagasse, Biomass generation, Energy utilization in sugar and ethanol plants.

1 INTRODUÇÃO

Desde a introdução oficial da cana-de-açúcar no Brasil em 1532 por Martim Affonso de Souza, que iniciou seu cultivo e construiu o primeiro engenho na capitania de São Vicente, sua expansão foi inevitável pelo autovalor econômico agregado, no Nordeste principalmente nas capitais de Pernambuco e da Bahia foi onde os engenhos mais se multiplicaram.

Em 1857 foi elaborado um Programa de modernização da produção da cana-de-açúcar pelo imperador do Brasil D Pedro II, que era um entusiasta de novas tecnologias, assim surgiram os engenhos centrais, que deveriam somente moer a cana-de-açúcar e processar o açúcar, ficando o cultivo por conta dos fornecedores. Foi no início da 2ª guerra mundial que as industriais açucareiras brasileiras se concentraram na multiplicação da capacidade produtiva da cana-de-açúcar ampliando as regiões que até os dias de hoje se beneficiam dessa produção.

A cana-de-açúcar tem grande importância para as usinas, assim como os meios de transportes, que deslocam a matéria-prima (cana), desde o campo até a chegada à Usina, ou seja, descrever todo o procedimento logístico envolvido nesta operação torna-se imprescindível para que não ocorra falta de abastecimento da matéria-prima para a indústria (MEURER e LOBO, 2015).

Segundo Santos (2012), a cana-de-açúcar, pode ser dividida basicamente em três partes: caldo, bagaço e palha (pontas e folhas), ao longo de todo o processo colheita, transporte, armazenagem produção que englobam o campo e a indústria. Cada uma destas partes que compõem a planta, representa aproximadamente um terço do seu potencial energético.

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar divide-se em subsistemas: área agrícola, área industrial e a logística que é responsável por ligar esses pontos. Na área agrícola, o corte da

cana pode ser mecanizado ou manual. A queima da palha é uma antiga prática na lavoura para facilitar o corte. A mecanização tem como consequência um aumento da biomassa a ser utilizada como insumo energético para a geração de energia, pois permite a utilização da palha (que anteriormente era queimada) (COSTA, 2016).

Biomassa é toda matéria vegetal ou animal que pode ser reutilizada como fonte de produção de calor ou eletricidade, como cana-de-açúcar, óleos vegetais, madeira, dejetos orgânicos e resíduos de indústrias alimentícias ou agrícolas. A biomassa produz energia por processo de combustão, através de material orgânico, permitindo o aproveitamento de resíduos de outros materiais, como por exemplo, a cana-de-açúcar (TEIXEIRA R. S., 2010). Segundo Costa (2016), as diferentes fontes de combustível para geração de energia através da biomassa, necessitam de diferentes tratamentos no que se refere à coleta, transporte e armazenagem, e também diferentes abordagens em relação ao processo de conversão e geração de energia elétrica, para que se possa aproveitar da melhor forma possível o combustível. O combustível proveniente de resíduos florestais, por exemplo, possui uma grande parcela de custos com transporte, outra vantagem que destaca a cana-de-açúcar é que a não há custos para transporte de resíduos e o bagaço, é uma questão genética da planta, ao passo que se as indústrias possuem a cana, vão possuir também o bagaço (CONAB, 2011).

Com a ampliação e o aumento da produção da cana-de-açúcar, os problemas gerados provenientes do processo que envolve desde e o plantio da até o produto final aumentaram, trazendo consequências ao meio ambiente, dentre eles podemos citar: erosão do solo, aumento do CO_2 e os resíduos sólidos que dentre eles se destaca o bagaço da cana-de-açúcar. Quanto mais cresce a produção mais resíduos são gerados e se não for bem administrado geram problemas ainda maior. Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais foi aprovada a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS introduz a Logística reversa que é um instrumento de desenvolvimento econômico social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou seja destinação final ambiental adequada, e a responsabilidade compartilhada que enfatiza que para que esse processo aconteça se faz necessário a participação de todos em seus respectivos papéis.

Diante desse contexto tem-se a seguinte indagação: a biomassa obtida através do bagaço da cana-de açúcar é dessas alternativas de energia renovável pode ser considerada um potencial para complementar a geração de energia proveniente da hidrelétrica do País?

A produção dessa energia ocorre justamente no período da estação seca, em que os reservatórios se encontram no nível mais baixo (TATONI E ROCHMAN, 2012). O setor sucroenergético do país é autossuficiente na produção de energia elétrica por meio da biomassa e comercializa excedentes para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Dito isso, o objetivo geral desta pesquisa é realizar uma análise sobre o uso da biomassa na produção de energia elétrica. Para conseguir alcançar tem-se como objetivos específicos:

- Analisar os principais benefícios da logística reversa na reutilização do bagaço da cana-de-açúcar para geração de biomassa.
- Expressar as melhorias agregada a produção do excedente de biomassa advinda no processo produtivo da combustão da cana-de-açúcar nas usinas sucroalcooleiras.
- Abordar as principais atividades e conceitos de logística, afim de conseguir resultados eficaz no processo produtivo.

Dessa forma, considerando aspectos da logística reversa envolvida na geração de biomassa proveniente da combustão da palha e do bagaço da cana-de-açúcar nas usinas sucroalcooleiras, tem-se a proposta que será estudado o impacto que o excedente do bagaço da cana-de-açúcar causa ao meio ambiente se mal acondicionado ou não reutilizado no processo de combustão nas usinas sucroalcooleiras, a complementariedade existente entre os períodos de secas, propiciando assim produção e comercialização do excedente da energia elétrica, a influência que a logística traz para a performance deste tipo de geração conjuntamente com sua aplicabilidade.

2 METODOLOGIA

Com o objetivo de obter embasamento teórico que consolidasse as informações contidas neste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre logística reversa sua aplicação na geração de energia com biomassa à cana-de-açúcar, utilizado como base de dados artigos e site acessados no google acadêmico na internet que abordam o tema de maneira eficaz.

Segundo Soito e Freitas (2011), é imprescindível que haja a redução da vulnerabilidade do sistema elétrico que é tão dependente do regime hidrológico. Pelo fato de que há variabilidade natural do clima que conseqüentemente modifica o ciclo hidrológico, ameaçando assim a disponibilidade e confiabilidade das fontes hidrelétricas do Brasil.

A inserção da geração de biomassa a cana-de-açúcar, além de ser uma alternativa limpa de energia renovável, ajuda a poupar reservatórios de hidrelétricas, devido à possibilidade de suprimento de energia em períodos mais secos, normalmente de abril a novembro, coincidindo com o período de safra. Auxilia também na redução de custos associados à transmissão de energia elétrica e menores perdas, por ser uma forma de bioeletricidade mais despachável, visto que a geração de energia em menor escala pode ser consumida perto dos locais de geração, não sendo necessária transportá-la para tão longe e custo de implantação inferior ao de outras alternativas renováveis. Também ajuda a diminuir a emissão de gases para o efeito estufa, quando comparada aos combustíveis fósseis por exemplo, visto que ela capta o gás carbônico e não emite novamente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Logística

A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e a armazenagem de materiais, peças e produtos acabados e, também, seus fluxos de informações através da organização e seus canais, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura mediante atendimento dos pedidos a baixo custo e a plena satisfação do cliente. (POZO, 2015).

De acordo com Cnlog (2019), A logística tradicional refere-se, sobretudo, ao movimento físico de materiais, à gestão e distribuição de insumos e mercadorias, focada principalmente em atividades como compras, produção, vendas e distribuição, às vezes abrangendo também a manutenção e o gerenciamento de estoques.

Toda via, segundo Cnlog (2019), as atividades referentes a logística reversa são de responsabilidade das empresas, onde o principal objetivo é a redução de custos mais a cada ano a terceirização desses serviços vem ganhando mais adeptos, tornando esse modelo obsoleto, diversificando assim o modelo de negócios logísticos.

3.2 Logística Reversa

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos provenientes do setor industrial. Para C.L.M (1993:323 e Apud: Leite (2003), a logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidos no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens. (Stock (1998:20) e Apud: (Leite (2003), enfatiza que

isso de trata de uma perspectiva de logística de negócios, o termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.

Para Cnlog (2019), A Aplicação da logística reversa nas empresas surgiu como um divisor de águas, que vem para solucionar ou minimizar os impactos sociais e ambientais causados pelo excesso de resíduos sólidos proveniente do processo produtivo das empresas. Para que as empresas possam alcançar os resultados esperados se faz necessários a partição de todos neste sistema, uma vez, que esse processo é um ciclo em que cada uma tem sua responsabilidade e a boa execução desses processos traz benefícios concretos para todos os envolvidos.

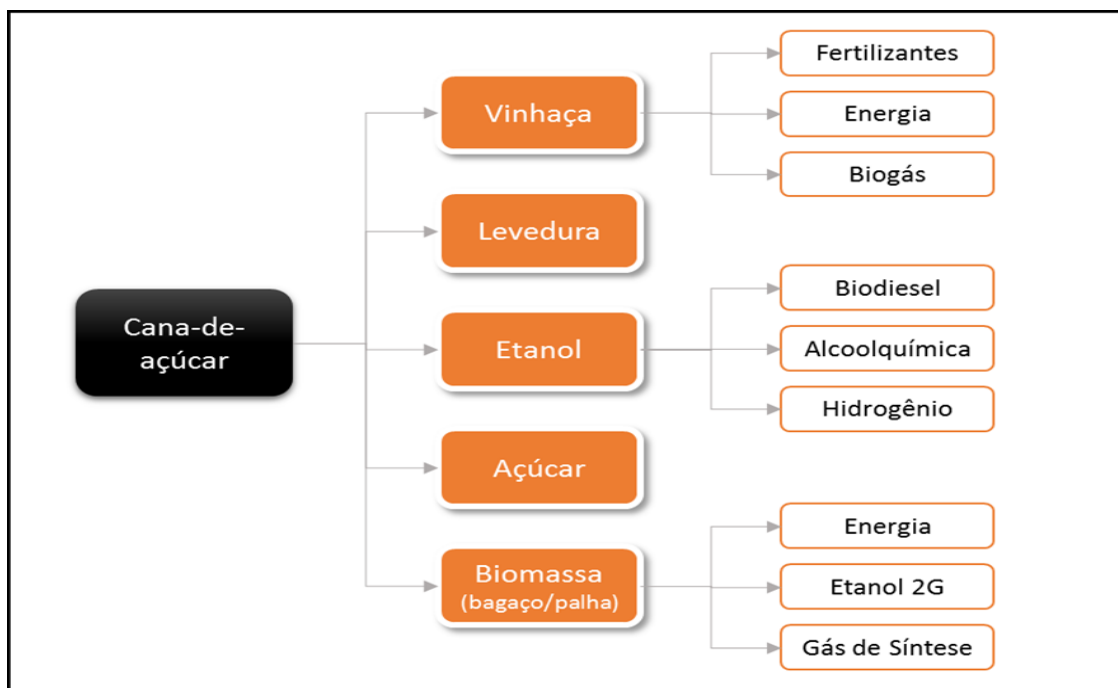
3.3 Logística versus Logística Reversa

Na logística o monitoramento do produto termina quando é entregue ao cliente enquanto na logística reversa essa logística vai mais além, pois através de planejamento e controle busca minimizar os impactos causados pelo processo produtivo, adaptando-se assim as necessidades do mercado. Todavia, segundo Jeams Krike (1998), na logística reversa, os processos de transformação tendem a ser incorporados na rede de distribuição, cobrindo todo o processo de “produção”, da oferta (descarte) e demanda (reutilização).

Segundo Cnlog (2019), afirma que a Logística tradicional trata do fluxo de saída dos produtos, a logística reversa tem que se preocupar com o retorno de produtos em geral ao processo de produção da empresa. Diante da globalização que a cada ano vem evoluindo, a transição do processo Logístico tradicional se torna imprescindível, para que as empresas possam conseguir se manter no mercado.

A cana-de-açúcar já possui tecnologia madura para diferentes produtos, como açúcar, biocombustível (no caso o etanol de primeira geração), fertilizantes, com o aproveitamento da vinhaça, e energia elétrica, através da cogeração pela queima do bagaço. Porém, essa cadeia possui um grande potencial ainda não explorado, principalmente através dos açúcares contidos no bagaço e na palha da cana. O esquema apresentado na figura 01 abaixo ilustra alguns desses potenciais.

FIGURA 01: Potenciais de aproveitamento da cana-de-açúcar.



Fonte: (ILOS, 2015).

A palha de cana-de-açúcar usualmente era queimada para facilitar a colheita manual. Porém, tal prática está para ser extinta, devido a regulamentação prevista na Lei 11.241, que a proíbe. Desse modo, esse resíduo passa a ser considerado insumo para outras finalidades, como adubo nas lavouras, aproveitamento energético ou como uso de matéria-prima na indústria.

Para avaliar a disponibilidade real dos resíduos da cana-de-açúcar, levando em conta técnicas de colheita e transporte dessa palha, um estudo do BNDES considera a premissa de geração de 167 kg de palha e 270 kg de bagaço para cada tonelada de cana-de-açúcar colhida. Isso significa que na última safra da cana-de-açúcar, 2014/2015, foram produzidas mais de 300 milhões de toneladas desses resíduos agrícolas.

3.4 Aplicação da logística reversa na produção de energia elétrica Biomassa.

Com o objetivo de encontrar meios alternativos, sustentáveis para aumentar a produção de energia já produzida no Brasil e com o intuito de melhorar a eficácia da mesma, a cada ano vem se ampliando o debate sobre o uso da palha e do bagaço da cana-de-açúcar na produção de energia elétrica proveniente da combustão no processo de produção dos engenhos sucroalcooleiros.

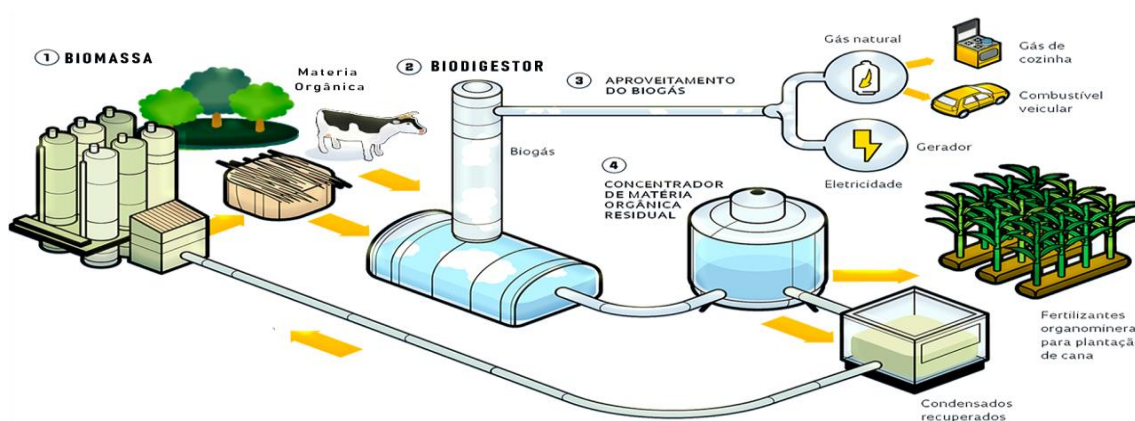
Um setor em ascensão neste ramo é o sucroalcooleiro, que utiliza o bagaço (um subproduto do processo industrial) como combustível para geração de vapor.

Inicialmente, o bagaço de cana que significa 25% a 30% do peso da cana processada com 50% de umidade, foi utilizado nas usinas para geração de calor, substituindo a lenha (TACHIZAWA, 2011).

De todas as fontes renováveis de energia existentes, a biomassa hoje se apresenta como sendo a mais expressiva, correspondendo a 15,7% da produção de energia renovável brasileira, no total de 39,4% (BEN, 2015).

A partir de um biorreator, a vinhaça se transforma em biogás para gerar eletricidade, gás natural e eletricidade com aproveitamento total dos resíduos. A figura 02 a abaixo ilustra como se dá esse processo.

FIGURA 02: Biorreator



Fonte: (CTBE, 2015).

Dessa maneira, a cogeração em indústrias sucroalcooleiras é feita basicamente por uma fornalha, onde é queimado o bagaço, e uma caldeira onde é produzido o vapor, sendo que o jato de vapor extraído da caldeira gira uma turbina que, por estar interligada ao eixo de um gerador, faz com que este entre em movimento, gerando a energia elétrica (BACCARIN e CASTILHO, 2002). A energia produzida é em média tensão 13,8 kV que normalmente é elevada para 138 kV ou 69 kV, através de uma subestação elevadora, para ser então transmitida por uma linha de transmissão até um ponto de conexão, entrando assim no Sistema Interligado Nacional (SIN) (QUEIROZ, 2008).

Como as usinas sucroalcooleiras arcam com custos de transporte da energia até a concessionária, esse custo da conexão do gerador à rede de distribuição se torna uma das maiores barreiras para viabilização dessa venda de energia excedente no Brasil (ZANCANER e SANTOS, 2013).

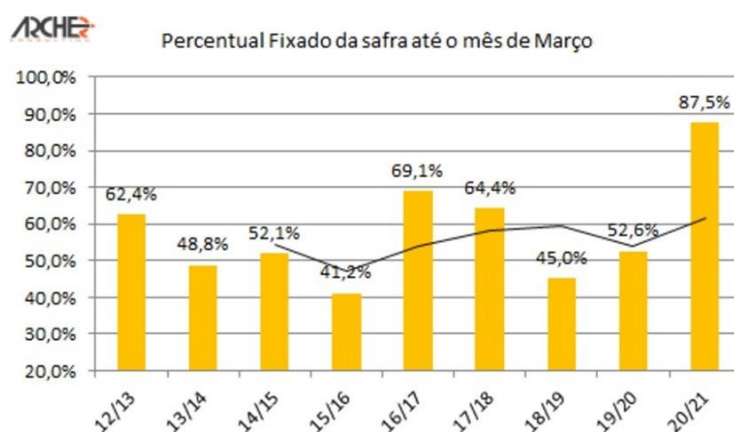
3.5 Benefícios do excedente da produção de energia geradas nos engenhos sucroalcooleiros

A produção de energia no Brasil a cada ano vem sendo mais prejudicada por conta de fatores climáticos, desde a crise do sistema elétrico de 2001, procurar alternativas para o aumento da produção de energia elétrica tornou-se prioridade, uma vez que, mesmo com a quantidade de energia produzida pelas hidrelétricas no Brasil, a busca por métodos que torne o sistema já existente mais eficaz e com intuito de encontrar opções mais sustentáveis de produção que não agride o meio ambiente. Mesmo o Brasil sendo o país com a energia mais limpa do planeta, a cada ano a necessidade de investir em pesquisa que ajudem a buscar novas possibilidades na geração de energia aumenta.

Atualmente com o intuito de reduzir custos e minimizar os problemas ambientais, o uso da palha e do bagaço da cana-de-açúcar que é queimado nas fornalhas dos engenhos (biorrefinaria) vem sendo utilizado na geração de energia elétrica, a maioria das usinas de cana-de-açúcar produzem sua própria energia a partir da queima de bagaço nas caldeiras, essa energia gerada tende a aumentar, uma vez que a produção de cana-de-açúcar no Brasil a cada ano cresce e os investimentos neste setor traz benefícios econômicos e social-ambiental.

O gráfico 01 seguir demonstra o percentual da produtividade da safra da cana-de-açúcar até março de 2021, enfatizando como essa produção vem crescendo no decorrer dos anos.

GRÁFICO 01: Produção da safra da cana-de-açúcar,



Fonte: Globo Rural (2021).

Se na temporada 2020/21 o desenvolvimento da cultura foi influenciado pela falta de chuvas e no ciclo 2021/22, além da estiagem, foram registradas fortes geadas em importantes regiões produtoras, na safra 2022/23 as condições climáticas foram mais favoráveis. De acordo com o documento, os agricultores deverão colher nesta safra 70.484 quilos por hectares colhidos. No ciclo de 2021/22, a produtividade esteve estimada em 69.355 quilos por hectare. Já em 2020/21 o desempenho das lavouras ficou em torno de 70.357 quilos por hectare, valor muito próximo ao esperado para a atual temporada.

A produtividade da atual safra de cana-de-açúcar começa a mostrar recuperação, após dois ciclos de adversidades climáticas. O aumento de 1,6% na média nacional no rendimento das lavouras do país é um contraponto para a redução de 2,6% na área de cultivo. Com isso, a produção deve chegar a 572,9 milhões de toneladas de cana, uma ligeira queda de 1% se comparada com o ciclo anterior, como indica o segundo levantamento da safra 2022/23 divulgado nesta sexta-feira (19) pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

4.6 Cogeração no setor sucroalcooleiro

É uma prática que já vem sendo feita pelas usinas há um bom tempo, mas para poder produzir o suficiente atendendo ao seu próprio consumo e ter um excedente para venda, as usinas tem que fazer algumas melhorias na planta industrial. As usinas mais antigas do país, que se privaram de inovações tecnológicas ainda trabalham com caldeiras de baixa pressão, tendo um baixo rendimento térmico gerando energia mecânica suficiente somente para acionar moendas. A produção elétrica nas usinas de açúcar e álcool, em sistemas de cogeração que usam o bagaço da cana como combustível, é prática tradicional desse segmento industrial em todo o mundo. O que muda, dependendo das condições particulares de cada país, é da eficiência de uso do bagaço.

Em termos mundiais a experiência brasileira é importante em função do porte da atividade canavieira, mas não da eficiência com que a biomassa é empregada (WALTER, 1994). Quanto à tecnologia de cogeração, tradicionalmente as usinas utilizam ciclos de contrapressão capazes de garantir apenas o auto suprimento energético da usina.

Contudo, mesmo nesse tipo de solução, algumas modificações, dentre as quais se destacam a utilização de caldeiras com maior pressão, permite atingir um nível de eficiência energético considerável, com a geração de algo em torno de 40 kWh por tonelada de cana processada (CORRÊA NETO e RAMÓN, 2002).

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

A eletricidade hoje já é considerada o terceiro produto do setor sucroalcooleiro. Atualmente, aproximadamente 10% das usinas em funcionamento geram a bioeletricidade, mas esse número vem crescendo com instalação de novas e modernas unidades (ÚNICA, 2020). A cogeração se tornou uma prática essencial para as usinas de açúcar e álcool, pois além de atender sua necessidade de energia térmica e mecânica, usa o resíduo (bagaço) que sobra da moagem da cana como combustível,

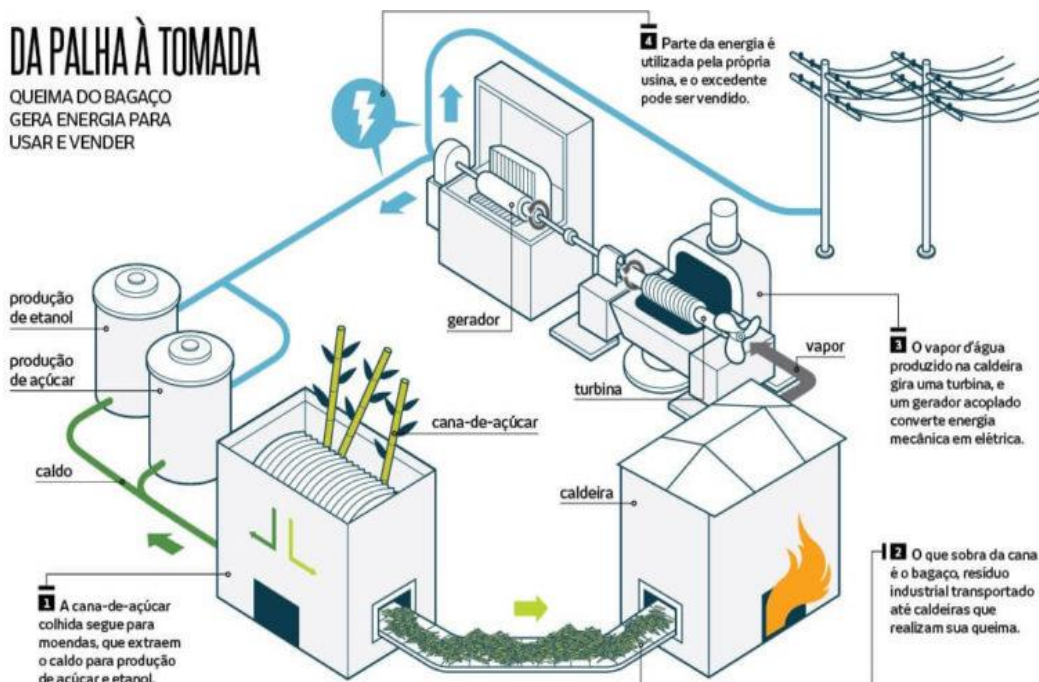
Com o objetivo de comercializar a energia elétrica excedente, este ano está entrando em operação uma caldeira com a capacidade em operar a 100 kgf/cm², que irá triplicar sua cogeração de energia elétrica. Essa caldeira será responsável por alimentar 2 turbinas acopladas a geradores produzindo 32 MW/h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

Apesar do conceito de cogeração estar bem definido em todo o mundo, tem-se uma variedade de definições, dadas por diversos conhecedores do assunto. De acordo com Poulalion e Corrêa (2000), retrata que a cogeração é uma unidade de produção associada de energia mecânica e térmica, sendo a energia mecânica diretamente em acionamento (compressor, bomba, soprador, moendas, etc.) ou para sua conversão em energia elétrica (gerador elétrico) para uso final (motor elétrico, eletrotérmica, eletroquímica, etc.).

De modo geral a produção de energia elétrica proveniente do processo da combustão da cana-de açúcar é uma realidade que tende a crescer a cada ano, uma vez que, o aumento na produção da cana de açúcar no Brasil é uma realidade que ajuda a manter a economia e minimizar os impactos social ambientais causado pelo processo produtivo, fechando assim o ciclo de logística reversa.

O processo industrial para obtenção de etanol também resulta na geração de bagaço de cana, utilizado para geração de energia. Atualmente, essa fonte já corresponde a 17,4% da oferta total de energia, sendo a maior dentre as renováveis. A Figura 03 mostra o processo das usinas, com destaque para a similaridade entre açúcar e etanol e a conexão com as torres de transmissão para venda da energia excedente.

FIGURA 03: Processo interno nas usinas de cana.



Fonte: (Revista Galileu, 2020).

3.7 Impactos da geração da biomassa (energia elétrica).

No Brasil, a biomassa é atualmente utilizada para auxiliar no desenvolvimento de outras matrizes energéticas, quando utilizada de maneira consciente e obedecendo as políticas ambientais a biomassa é uma fonte de energia limpa e que contribui para a preservação ambiental, o processo de sua produção utiliza fontes renováveis e emite gases menos poluentes do que as formas tradicionais de obtenção de energia. Como vantagem o método também apresenta menor custo de produção e operação.

Atualmente 80% da matriz elétrica brasileira é composta por fontes renováveis, sendo a hidroeletricidade responsável por 64% da potência instalada (ANEEL, 2017).

O investimento em processo logístico reverso empregado na produção de energia elétrica proveniente da queima da palha e do bagaço da cana-de-açúcar traz benefícios de modo geral e a cada ano torna-se impossível não se manter consciente dos benefícios que ele gera para a economia e o meio ambiente. A bioeletricidade sucroenergética contribui para o desenvolvimento do setor energético brasileiro garantindo a segurança da oferta de energia elétrica, principalmente em épocas de estiagem na qual os reservatórios hidroelétricos estão em baixa, contribui também para o desenvolvimento do setor

sucroalcooleiro aumentando a receita das usinas de cana e o desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA, NEVES e WAITMAN, 2017).

Segundo dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a produção de energia por meio do bagaço da cana aumentou 4,41% em 2019, em relação ao ano anterior. De acordo com Brumer (2014), o incremento de potência instalada ocorre em regiões afastadas dos grandes centros de consumo, para que se possa fazer o uso dos resíduos agrícolas da indústria canavieira, o que necessita de inserção de grandes linhas de transmissão. De acordo com o último Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2024), considerando o aproveitamento pleno da biomassa existente (bagaço e palha) nos canaviais a geração de bioeletricidade sucroenergética para a rede tem potencial técnico para chegar a mais de seis vezes o volume de oferta desse ano. (EPE, 2015).

A fonte biomassa em geral (bagaço/palha de cana, resíduos de madeira, capim elefante etc.) tem potência instalada em operação de 15.138MW, quase 9% da potência outorgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, na matriz elétrica do Brasil.

O crescimento esperado para o mercado livre, após reforma setorial para modernizar o setor elétrico, deve estimular também a comercialização de novos projetos de bioeletricidade, até por conta do potencial “adormecido” desta fonte nos canaviais brasileiros, visto que se aproveita apenas 15% do potencial da bioeletricidade sucroenergética (UNICA, 2019). conforme dados da empresa de pesquisa energética EPE (2019), retirados do plano decenal de expansão de energia estima-se que para o ano de 2026, o potencial técnico atinja 6,7 GW médios, quase 5 GW médios maior que o atualmente contratado no ACR.

A revisão do sistema de logística em sentido global, pode ajudar a integrar as vantagens de diferentes casos de aplicação para superar sua desvantagem atual. Por outro lado, o desenvolvimento da logística atrelado as novas tecnologias será ainda mais rigoroso nas próximas décadas, possibilitando assim ampliar sua área de aplicação.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

O presente estudo teve como propósito analisar o comportamento de sistemas elétricos, levando em consideração os aspectos da logística, para viabilizar a geração à biomassa de cana-de-açúcar, primeiramente foram revisados os conceitos fundamentais que abrangem a avaliação da adequação de sistemas elétricos.

Em um segundo momento, foi realizada um estudo do estado da arte acerca da geração de energia elétrica através da biomassa da cana-de-açúcar, com intuito de descrever a performance de sistemas elétricos com a inserção dessas energias renováveis, em um sistema hidrotérmico. Como também, dar um embasamento em relação a matriz energética brasileira, por origem de combustível, a bioeletricidade sucroenergética e mercado de energia. Conceitos estes que tangem a viabilização da geração e comercialização da biomassa.

No decorrer do trabalho foi exposta a proposta de modelagem do setor logístico com as características principais que o envolvem, de que forma esses conceitos impactam nesse processo aumentando assim, capacidade de geração da usina, entendendo assim também suas distribuições de probabilidades. Para, de posse dessas informações, inserir um gerador à biomassa de cana de açúcar no sistema hidrotérmico. Embora este trabalho tenha se amparado no estado da arte da caracterização de um sistema logístico de cana de açúcar, buscou-se melhor representar a utilização do bagaço como forma de produção sazonal de energia elétrica.

De acordo com os resultados alcançados, foi possível perceber a sazonalidade sucroalcooleira, como positivo tema a ser trabalhado, corroborando com um sistema logístico otimizado, tais pontos necessitam de atenção e serem melhores desenvolvidos para viabilização da geração nas usinas.

Em relação ao mercado de energia, para que contratos sejam firmados, é preciso que a geração apresente as garantias em relação a entrega de energia ao sistema, para elaboração desses contratos é necessário que se leve em conta as variáveis de logística e sazonalidade, em relação à biomassa de cana-de-açúcar, para que não se prejudique a segurança do sistema, que usualmente é hidrotérmico.

Os cenários analisados neste trabalho demonstraram uma sensibilidade mais baixa com a modificação da composição logística, quando levados em consideração os períodos de escassez de água, no que tange os índices de confiabilidade do sistema.

Nesse contexto a principal contribuição desse trabalho, foi trazer essa análise da performance energética das usinas sucroalcooleiras, usando o conceito da logística para assim obter agilidade, eficácia e resultados que agreguem de maneiras positiva todos s envolvidos de maneira direta ou indireta. Dessa maneira os resultados expostos levaram em consideração os aspectos de incerteza trazidos pela inserção à biomassa, demonstrando a influência da logística nesse tipo de geração, utilizada concomitantemente com outros tipos de geração.

Através dos resultados alcançados com a aplicação da logística na produção das usinas sucroalcooleiras, constata-se nos cenários 1 e 2 a potencialidade de aproveitamento que ocorre nas usinas com a utilização de sua matéria principal a cana-de-açúcar, onde o processo de combustão que ocorre em seu processamento é indispensável para obtenção de diversos derivados.

De todas as fontes renováveis de energia existentes, a biomassa hoje se apresenta como sendo a mais expressiva, correspondendo a 15,7% da produção de energia renovável brasileira, no total de 39,4% (BEN, 2015). Para que esses índices cresçam cada vez mais, é necessário modernizar e ampliar as caldeiras existentes conforme modelo ilustrado na figura 2 e 4, que é peça fundamental na transformação da matéria prima cana-de-açúcar das usinas sucroalcooleiras.

Comparando os índices de produção da figura 3 com os resultados apresentados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), constatamos que a cada ano a produção de cana-de-açúcar vem ganhando projeções, aumentando assim a confiabilidade do sistema logístico - aumento de produção e derivados - tornando assim uma alternativa para minimizar os impactos socioambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi destacado na figura 01 e 03 que mostra a produtividade e todos os derivados da cana-de-açúcar proveniente da produção das usinas sucroalcooleiras, esse é um setor em ascensão, que utiliza o bagaço (um subproduto do processo industrial) como combustível para geração de vapor. Inicialmente, o bagaço de cana que significa 25% a 30% do peso da cana processada com 50% de umidade, foi utilizado nas usinas para geração de calor, substituindo a lenha (TACHIZAWA, 2011).

De todas as fontes renováveis de energia existentes, a biomassa hoje se apresenta como sendo a mais expressiva, correspondendo a 15,7% da produção de energia renovável brasileira, no total de 39,4% (BEN, 2015).

A Aplicação da logística reversa nas empresas surgiu como um divisor de águas, que vem para solucionar ou minimizar os impactos sociais e ambientais causados pelo excesso de resíduos sólidos proveniente do processo produtivo das empresas. Para que as empresas possam alcançar os resultados esperados se faz necessários a partição de todos neste sistema, uma vez, que esse processo é um ciclo em que cada um tem sua responsabilidade e a boa execução desses processos traz benefícios concretos para todos

os envolvidos (CNLOG, 2019). Contudo, mesmo nesse tipo de solução, algumas modificações precisam ser implementadas, dentre as quais se destacam a utilização de caldeiras com maior pressão, permite atingir um nível de eficiência energético considerável, com a geração de algo em torno de 40 kWh por tonelada de cana processada (CORRÊA NETO e RAMÓN, 2002).

Diante disso, Não é somente a instalação de caldeiras de alta pressão que irá fazer com que as usinas comercializem energia elétrica. A instalação de uma subestação e linhas de transmissão de 138 KV, além de turbos geradores capazes de receber alta pressão de vapor e temperatura que pode chegar a 530° C, o sistema de alimentação de combustível (bagaço) e água também deve acompanhar as melhorias. Ressaltam-se limitações metodológicas e sugere-se a realização de novas pesquisas avaliativas e de buscas ativas direcionadas para assim contribuir para a melhorias das modificações necessárias para melhor aproveitamento do excedente da energia elétrica produzidas nas usinas sucroalcooleiras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANEEL. (2020). ANEEL. (ANEEL) Acesso em 29 de Abril de 2020, disponível em Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA: <http://www.aneel.gov.br/siga>.
- BACCARIN, J. G., & CASTILHO, R. d. (2002). **A geração de energia como opção de diversificação produtiva da agroindústria canavieira**. (4). Campinas: Encontro de energia no meio rural.
- BEN. **Balanco energético nacional**. 2015. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads /S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2015_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2015_Web.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- BRASIL. **Decreto-lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 15 maio de 2021.
- BRUMER, E. (2014). **Oportunidades e Desafios da geração de energia elétrica através de resíduos de cana no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ciências). São Paulo: Programa de Pós-graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

- CORRÊA NETO, V; RAMON, D. **Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Cogeração no Setor Sucroalcooleiro**. Setap. Brasília, 2002
- COSTA, Rafael et al. **Avaliação da adequação de sistemas elétricos considerando a participação de geração à biomassa**. 2016.
- CONAB. (2011). **A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço**. Companhia Nacional de Abastecimento.
- CONAB. (2022). **Nova estimativa de cana-de açúcar traz produção de 572,9 milhões de toneladas**. Companhia Nacional de Abastecimento. Publicado: Sexta, 19 de agosto de 2022.
- C.L.M. (1993:2003) “**Logística reversa é um amplo termo relacionado as habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento**”.
- EPE. (2015). **Empresa Brasileira de Pesquisa Energética. Fonte: Plano Decenal de expansão de Energia 2024**: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2024>
- LEITE. Paulo R. **Logística Reversa Sustentabilidade e competitividade** 3. ed. São Paulo: SARAIVA, 2017.
- LUZ. Charlene, BOOSTEL. Isis. **Logística reversa**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- LUNAS, Alexandre; LUSTOSA, Paulo. **Benefício econômico do bagaço da cana de açúcar; um estudo no setor sucroenergético do Sudeste Goiano** Custo e agronegócios online Brasília set 2014. Disponível em:
<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v11/K%2017%20cana.pdf>>
Acesso em: 05 maio de 2021.
- MENDONÇA, Jane Corrêa Alves, Modelo de Referência em **Logística Reversa para o Setor Sucroalcooleiro**: Jane Corrêa Alves-2105
- MEURER, A., & LOBO, D. (2015). **Caracterização da logística do sistema agroindustrial (sag) da cana-de-açúcar no centro-oeste do Brasil**. Revista Economia e Gestão, XV (39), p. 45-65.
- POZO, Hamilton, **Logística de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 4ª ed. – São Paulo: Atlas, 2015.
- OLIVEIRA, L., NEVES, G., & WAITMAN, P. L. (2017). **Estudo sobre cogeração de energia elétrica no setor sucroalcooleiro**. X (1, p 354 - 365). Marília: REGRAD, UNIVEM.

- SANTOS, Joaquim Rocha dos. **A indústria da cana-de-açúcar: uma análise sob a perspectiva da dinâmica de sistemas**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SOITO, J. L., & FREITAS, M. A. (2011). Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, XV, p. 3165-77.
- QUEIROZ, G. M. (2008). **Análise de Dificuldades Técnicas e Econômicas na Inserção de Cogeração pelas Usinas Sucroalcooleiras**. **Dissertação de Mestrado**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- TACHIZAWA, T.; POZO, H. **Gestão socioambiental e desenvolvimento sustentável: um indicador para avaliar a sustentabilidade ambiental**. REDE – Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, 2011.
- TATONI, W. M., & ROCHMAN, R. R. (setembro de 2012). **Biomassa de cana Viabilidade da cogeração**. XXXII, 09, p. 21. São Paulo: Agroanalysis. Fonte: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/24520/23288>
- TEIXEIRA, R. S. (2010). **Utilização de resíduos sucro-alcooleiros na fabricação de fibrocimento pelo processo de extrusão**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais. São Carlos: Universidade de São Paulo.
- XAVIER, L.H. **Sistema de Logística – Criando cadeia de suprimento sustentáveis**, São Paulo: Atlas, 2013.
- UNICA. (2019). **Associação Brasileira da Indústria da Cana-de-Açúcar**. Fonte: A Bioeletricidade da Cana: <https://unica.com.br/wpcontent/uploads/2019/07/UNICA-Bioeletricidade-julho2019-1.pdf> UNICA. (agosto de 2019). Cartilha da Bioeletricidade.
- UNICA. (s.d.). Associação Brasileira da Indústria da Cana-de-Açúcar. Acesso em 15 de Abril de 2020, disponível em <https://unica.com.br/comunicacao/publicacoes/>
- ZANCANER, M. G., & SANTOS, T. B. (2013). **Cogeração: Ampliação da Oferta de Energia Elétrica com a Biomassa (Bagaço da Cana-de-Açúcar)**. II (2). Diálogos Interdisciplinares.
- WALTER, A. C. S. **Viabilidade e perspectivas da cogeração e geração termelétrica no setor sucroalcooleiro**. Tese de doutorado, Unicamp, Campinas, 1994.