

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES NO USO DA BIOMASSA DE CANA-
DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS**

Ariel Fernandes Pretel

**DOURADOS-MS
2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES NO USO DA BIOMASSA DE CANA-
DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Luciana Ferreira da Silva

**DOURADOS-MS
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P928a Pretel, Ariel Fernandes
ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES NO USO DA BIOMASSA DE
CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS [recurso eletrônico] /
Ariel Fernandes Pretel. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Luciana Ferreira da Silva.
Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados,
2023.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Bioeconomia. 2. Bioeletricidade. 3. Biomassa. 4. Cana-de-açúcar. I. Silva, Luciana
Ferreira Da. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



Ministério da Educação
Universidade Federal da Grande Dourados
PROPP - Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e
Pesquisa



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA POR ARIEL FERNANDES PRETEL, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONEGÓCIOS

Aos vinte e quatro dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e três, às oito horas e trinta minutos, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES NO USO DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS**", apresentada pela mestranda Ariel Fernandes Pretel, do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Luciana Ferreira da Silva/UEMS (presidente/orientadora), Prof.^a Dr.^a Roselaine Bonfim de Almeida/UFGD (membro titular interno) e Prof.^a Dr.^a Bárbara Galleli Dias/UFPR (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer a candidata e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada **APROVADA**. O Presidente da Banca atesta a participação dos membros que estiveram presentes de forma remota, conforme declarações anexas. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 24 de março de 2023.

Prof.ª Dr.ª Luciana Ferreira da Silva
Presidente/orientadora

Prof.ª Dr.ª Roselaine Bonfim de Almeida
Membro Titular Interno (Participação Remota)

Prof.ª Dr.ª Bárbara Galleli Dias
Membro Titular Externo (Participação Remota)

Só vive o propósito, quem suporta o processo.

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me mostrar que mesmo nos maiores desafios, Sua mão nos sustenta, dando capacidade e discernimento para enfrentar cada desafio.

Agradeço aos meus pais e irmã. Suas palavras de incentivo e ânimo me fortaleceram e me fizeram acreditar que mais uma etapa seria concluída. Obrigada por acreditarem no meu potencial!

Agradeço, também, ao meu companheiro, Vitor, por todo incentivo, paciência e compreensão que teve comigo durante esses dois anos e, principalmente, por me acompanhar em cada coleta de dados, sempre estando disposto a estar ao meu lado.

Estendo meus agradecimentos aos secretários, professores e colegas do NUPACE e, em especial, aos meus colegas Camila da Silva Serra Comineti, Débora Silva Lima Gonçalves, Lethicia Camila Dorce, Lucas Gouveia da Silva, Maurício Hiroyuki Kubo e Gabriel Jager Ramos por todo suporte, encorajamento e auxílio. Vocês foram fundamentais nessa caminhada.

Agradeço à minha orientadora, professora Luciana, por me conduzir nessa caminhada e a professora Priscila Vasconcelos por sempre me desafiar a ir cada vez mais além.

Agradeço, ainda, o apoio financeiro, disponibilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Por último, agradeço a cada gestor das usinas entrevistadas que se colocaram à disposição para estar me auxiliando na coleta de dados. Sem a cooperação de vocês, essa dissertação não seria possível. Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1. O incentivo a adoção de medidas sustentáveis em face da promoção da sustentabilidade energética..... | 14 |
| 2.2. Estado da arte da produção de energia elétrica a partir do uso da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil..... | 15 |
| 2.3. A biomassa residual da cana-de-açúcar (bagaço)..... | 19 |
| 2.4. As políticas públicas atreladas ao setor de bioeletricidade | 21 |
| 2.5. Viabilidade ambiental da biomassa da cana por meio da avaliação ambiental e econômica..... | 23 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 27 |
| 3.1. Abordagem da pesquisa | 27 |
| 3.2. Caracterização da área de estudo | 27 |
| 3.3. Coleta de Dados..... | 29 |
| 3.4. Análise dos dados | 30 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.1. Viabilidade ambiental do aproveitamento energético da biomassa na geração de bioeletricidade..... | 34 |
| 4.2. Forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas no MS..... | 38 |
| 4.3. Percepção dos gestores quanto a bioeletricidade..... | 41 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 45 |
| REFERÊNCIAS..... | 48 |
| APÊNDICE A: Roteiro de Entrevista para os gestores..... | 55 |
| APÊNDICE B: Termo de consentimento livre e esclarecido..... | 56 |

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES NO USO DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS

RESUMO: Com o crescimento do setor agroindustrial, a geração de resíduos agrícolas tem aumentado e acarretado impactos negativos ao meio ambiente. Nesse sentido, destaca-se o aproveitamento energético dos resíduos orgânicos ou, em nomenclatura geral, a biomassa, em destaque, a proveniente da cana-de-açúcar, que pode ser utilizada como fonte de obtenção de bioeletricidade. Assim, o objetivo dessa pesquisa, de modo geral, consistiu em analisar a percepção dos gestores das usinas sucroenergéticas quanto a utilização da biomassa residual advinda da cana-de-açúcar no aproveitamento energético, como forma de ampliar seu uso na matriz elétrica. Ainda, de forma específica, analisou-se a forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas de Mato Grosso do Sul e seus impactos. Por meio de uma pesquisa exploratória e qualitativa, foi aplicado um roteiro semiestruturado destinado aos gestores das usinas do sudoeste do estado do MS. Os dados foram avaliados por análise de conteúdo, utilizando o software ATLAS t.i. para organização dos dados. Como resultado foi possível verificar que o principal entrave para a ampliação do uso da bioenergia está atrelado aos aspectos de mercado, com destaque a oscilação do megawatt a ser comercializado. Ainda, é possível mencionar que mesmo tendo políticas públicas que influenciam na produção da bioeletricidade, essas não são suficientes para suprir as lacunas do mercado de bioeletricidade. Ademais, além da ausência de uma segurança jurídica, não há incentivo em pesquisa e inovação voltadas ao setor devido ao alto grau de risco e alto investimento para a produção. Assim, o estudo perfaz relevante, por abordar uma forma de obtenção de energia alternativa e sustentável, bem como, ao trazer percepções pertinentes para o desenvolvimento de uma política pública voltada a atender de forma específica o setor sucroenergético e suprir as lacunas já existentes a fim de fomentar o seguimento de produção de bioeletricidade.

Palavras-chave: Bieconomia, bioeletricidade, biomassa, cana-de-açúcar.

ANALYSIS OF MANAGERS PERCEPTION ON THE USE OF SUGARCANE BIOMASS FOR BIOENERGY PRODUCTION IN MS

ABSTRACT: With the growth of the agro-industrial sector, the generation of agricultural waste has increased and has negative impacts on the environment. In this sense, the use of energy from organic waste or, in general nomenclature, biomass, in particular, from sugarcane, which can be used as a source of obtaining bioelectricity, stands out. Thus, the objective of this research, in general, consisted of analyzing the perception of managers of sugar-energy plants regarding the use of residual biomass from sugarcane in energy use, as a way of expanding its use in the electrical matrix. Also, in a specific way, the form of disposal of biomass from sugar-energy plants in Mato Grosso do Sul and its impacts was analyzed. Through an exploratory and qualitative research, a semi-structured script was applied to managers of power plants in the southwest of the state of MS. Data were evaluated by content analysis, using the ATLAS t.i. for data organization. As a result, it was possible to verify that the main obstacle to expanding the use of bioenergy is linked to market aspects, with emphasis on the oscillation of the megawatt to be sold. Still, it is possible to mention that even having public policies that influence the production of bioelectricity, these are not enough to fill the gaps in the bioelectricity market. Furthermore, in addition to the absence of legal certainty, there is no incentive for research and innovation aimed at the sector due to the high degree of risk and high investment for production. Thus, the study is relevant, as it addresses a way of obtaining alternative and sustainable energy, as well as, by bringing relevant perceptions for the development of a public policy aimed specifically at the sugar-energy sector and filling existing gaps in order to to encourage the follow-up of bioelectricity production.

Keywords: Bioeconomy, bioelectricity, biomass, sugarcane.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social |
| CBIOs..... | Créditos de Descarbonização |
| CCEE | Câmara de comercialização de energia elétrica |
| CDE..... | Conta de Desenvolvimento Energético |
| CETESB | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo |
| COGEN | Associação da Indústria de Cogeração de Energia |
| CONAB..... | Companhia Nacional de Abastecimento |
| DBIO..... | Departamento de Biocombustíveis |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| ERA | <i>Ecosystem Revitalization Agriculture</i> |
| GEE..... | Gases de Efeito Estufa |
| GW/H..... | Gigawatt por hora |
| IC..... | Intensidade de Carbono |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| MRE | Mecanismos de Realocação de Energia |
| MWh..... | Megawatt por hora |
| ODS..... | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável |
| PCHs | Pequenas Centrais Hidrelétricas |
| PLD | Preço de Liquidação das Diferenças |
| Proinfa..... | Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica |
| SEMADESC | Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação |
| SIN | Sistema Integrado Nacional |
| SUCRE..... | <i>Sugarcane Renewable Electricity Project</i> |
| TUSD/TUST | Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição e Transmissão |
| UDOP | União Nacional da Bioenergia |
| UNICA | União da Indústria da Cana-de-Açúcar |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Utilidades da biomassa | 24 |
| Figura 2 - Evolução dos custos de produção de diferentes tipos de fontes..... | 25 |
| Figura 3 - Região Sudoeste do Mato Grosso do Sul com usinas sucoenergéticas.. | 28 |
| Figura 4 - Relação de códigos em cada questionário | 35 |
| Figura 5 - Rede dos Aspectos de cogeração | 35 |
| Figura 6 - Aspectos do mercado de bioeletricidade | 41 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Categorização de códigos..... | 32 |
| Quadro 2 - Classificação dos códigos | 33 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado por ter uma matriz energética (forma de mensurar as fontes utilizadas para atender a demanda de energia) e a matriz elétrica (mensuração das fontes utilizadas exclusivamente para gerar energia elétrica) pautada, quase em sua maioria, em fontes renováveis de energia. De acordo com EPE (2021), a matriz energética brasileira é composta por 46,2% de fontes renováveis, o que representa quase metade de fontes alternativas e sustentáveis. Ainda, a matriz elétrica brasileira é mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. Nesse sentido, dentre as fontes renováveis de energia utilizadas pelo Brasil encontra-se o uso da biomassa, que corresponde ao percentual de uso de apenas 9,1% na matriz elétrica (EPE, 2021).

Em termos energéticos, de acordo com Nonhebel (2007), a biomassa mais útil é aquela proveniente de culturas energéticas e resíduos agrícolas, como palhas, cascas de frutos, cereais, bagaço, entre outros. Assim, essa biomassa pode ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. É nesse contexto que se encontra a biomassa proveniente da cana-de-açúcar, principal biomassa a ser utilizada na obtenção de energia.

Sob esse aspecto, destaca-se que, dentro da matriz elétrica brasileira, a biomassa ocupa a 2º posição na matriz, ficando atrás apenas da fonte hídrica com 65,2% de participação de utilização nessa matriz (EPE, 2021). Contudo, quando analisada a bioenergia proveniente da cana, sua capacidade de instalação (potência máxima que uma central elétrica pode gerar) é correspondente a 11.424 MW, sendo superior a capacidade instalada na Usina Hidrelétrica de Belo Monte (ÚNICA, 2019).

Em termos de produtividade, o estado de Mato Grosso do Sul, na safra de 2020/2021, produziu cerca de 48,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, tendo um crescimento de 2,7% em comparação a safra anterior. Entretanto, apesar do aumento não tão significativo, o estado tem se consolidado como forte produtor de açúcar, etanol e, conseqüentemente, de bioenergia. Nesse sentido, o Mato Grosso do Sul encontra-se em 3º lugar na produção nacional de bioenergia produzida com a biomassa proveniente da cana-de-açúcar, com cerca de 2.220 GW/h de bioenergia vendida para a rede elétrica (SEMAGRO, 2021).

Quanto a biomassa, pode ser definida como um material orgânico de origem vegetal, significativamente presente no país quando se analisa o setor agrícola.

Nesse sentido, dentre as classificações de biomassa está a biomassa residual, que consiste em restos vegetais, os quais são inapropriados para consumo ou plantio (GALINKIN et al, 2009) e são dispersos no meio ambiente sem passarem por tratamentos em decorrência dos elevados investimentos estruturais para cobrir os impactos ambientais.

Assim, é consequente que, com o aumento da produtividade do setor agrícola, aumenta-se a biomassa residual (resíduos agrícolas). Nesse sentido, uma alternativa importante para a sua destinação é a sua utilização em maior porcentagem na matriz elétrica do país, uma vez que o uso dessa biomassa aumenta a eficiência energética e cria novas cadeias de suprimentos (OLIVEIRA, 2022).

Baseando-se no exposto acima, há uma preocupação quanto à forma de reaproveitamento dessas biomassas, de modo a trazer uma destinação adequada e um melhor aproveitamento energético a esses. Desse modo, reflete-se: como a bioenergia, produzida pelo uso da biomassa residual, pode ser uma forma viável economicamente de geração de energia limpa (não poluidora) a ser utilizada em maior porcentagem na matriz elétrica brasileira?

Nesse sentido, o objetivo geral desse estudo, foi analisar a percepção dos gestores das usinas sucroenergéticas quanto a utilização da biomassa residual advinda da cana-de-açúcar no aproveitamento energético, como forma de ampliar sua utilização na matriz elétrica. Como objetivos específicos, foi analisado a forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas de Mato Grosso do Sul e seus impactos. Ademais, buscou-se verificar a viabilidade ambiental do aproveitamento energético da biomassa na geração de bioeletricidade.

O presente trabalho se justifica, então, pela relevância do aproveitamento energético dessa fonte renovável de energia a fim de que ela possa ter uma participação maior e significativa na matriz elétrica brasileira.

Ademais, a ideia de promover o uso de fonte renováveis de energia está relacionada a Agenda 2030 para incentivar a adoção de medidas sustentáveis que promovam o desenvolvimento sustentável com base nos seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS). Ao analisar a produção de bioeletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar, observa-se que dois dos 17 objetivos estão claramente presentes na sua cadeia produtiva. O objetivo 7 propõe assegurar o acesso de todos à energia limpa e sustentável, enquanto o objetivo 9

traz o enfoque voltado à construção de indústrias sustentáveis e que fomentem a inovação. Desse modo, nota-se que as usinas sucroenergéticas são infraestruturas que, de ponta a ponta, tem por base a sustentabilidade e inovação, ou seja, consistem em uma indústria verde e inteligente, correspondendo a ambos os objetivos mencionados acima: produção de energia limpa e industrialização sustentável (ONU,2021).

Ainda, além de trazer os benefícios sociais mencionados acima, o uso da bioenergia possui um caráter científico relevante no sentido de compreender a funcionalidade do mercado do setor sucroenergético com a finalidade de solucionar possíveis lacunas que se tornam entraves para o uso em maior porcentagem da bioenergia. Ou seja, sua relevância está em ter uma participação da indústria sucroenergética no fornecimento de energia elétrica ao Sistema Integrado Nacional (SIN) brasileiro (GARCIA; VILPOUX; CEREDA, 2021), com destaque nas áreas de pesquisa relacionadas a matéria-prima e inovações industriais.

Espera-se com o resultado da pesquisa, propor melhorias para a cadeia produtiva de bioenergia devido ao elevado e considerável potencial de cogeração de energia elétrica advinda da biomassa da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O incentivo a adoção de medidas sustentáveis em face da promoção da sustentabilidade energética

Ao abordar a temática das energias renováveis, é relevante entender que a energia é essencial para a criação de bens por meios dos recursos naturais, bem como necessária para a obtenção de uma quantidade considerável de serviços destinados à utilização do ser humano (FIORILLO; PEREIRA,2018). Assim, denota-se que a energia se encontra vinculada aos recursos naturais, podendo ser encontrada em diversas formas. Dentre estas formas, destaca-se os rios e correntes de água doce, o vento, a luz solar dentre outros recursos.

Sob este viés percebe-se o quanto é necessário, não somente pelo cunho econômico, mas também pela necessidade social de incentivo a atividades de ciência, tecnologia e inovação direcionado a energia sustentável ou alternativa, ou seja, a adoção de medidas sustentáveis.

Nesse sentido, a década de 1990 foi marcada por muitas conferências, realizadas em âmbito internacional, voltadas a tomar medidas mais sustentáveis em

decorrência com a preocupação com as mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável. Sob este aspecto, em 1990, o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) foi criado com o intuito de alertar em nível global o aquecimento do planeta, em caráter científico. Deste modo, os cientistas concluíram que as alterações climáticas estavam relacionadas com a emissão do dióxido de carbono (CO₂), gerado a partir da queima de combustíveis fósseis (SENADO FEDERAL, 2020).

De forma mais recente, a 26ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre o Clima (COP26) em Glasgow, na Escócia tinha como objetivo pressionar as nações a tomar as medidas necessárias para a redução de emissões, mobilizar fundos e impulsionar a adaptação e a resiliência, discutindo vários artigos do Acordo de Paris. Como meta brasileira, o objetivo apresentado é reduzir as emissões de carbono em 50% até 2030 e espera-se neutralizar a emissão de carbono em 2050.

Desse modo, o Brasil tem identificado o potencial da utilização de fontes energéticas naturais, como a produção de energia proveniente da biomassa, extraída de fontes animais ou vegetais, que pode ser usada pelo homem como bioeletricidade, biocombustível e calor. (SUAREZ et al 2009).

2.2. Estado da arte da produção de energia elétrica a partir do uso da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil

A bioeletricidade ou bioenergia é uma energia limpa e renovável, feita a partir da biomassa advinda da moagem da cana-de-açúcar (bagaço e palha), de restos de madeira, carvão vegetal, casca de arroz, capim-elefante e outras biomassas. Cada tonelada de cana-de-açúcar moída na fabricação de açúcar e etanol gera, em média, 250 kg de bagaço e 200 kg de palha e pontas (UNICA, 2014).

Nesse sentido, o bagaço de cana, desde a revolução industrial, tem sido empregado na produção de vapor e energia elétrica para a 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 permite a geração de excedentes de energia elétrica, sendo fornecidos para o sistema elétrico brasileiro (UNICA, 2014).

De modo mais detalhado, a produção e venda do excedente de energia elétrica começou na década de 1980, primeiro na região Nordeste, devido à crise no

fornecimento de energia e, posteriormente, no Sudeste. Em seguida, o marco regulatório para a produção e venda de energia elétrica excedente começou a ser criado em meados da década de 1990 e evoluiu desde então, embora relativamente tímida (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

Sob este aspecto, a bioeletricidade produzida no Brasil através da cogeração a partir da biomassa da cana-de-açúcar (bagaço e palha – resíduos) pode transformar o país num potencial produtor de energia limpa, renovável e eficiente. Ademais, outro aspecto que merece destaque é o viés econômico, pois a geração de energia através da biomassa possui um custo menor que a geração de outras energias renováveis como a eólica, além de fomentar benefícios socioambientais e a redução de emissão de CO₂ (VASCONCELOS, 2014).

Outro aspecto está relacionado à produção de cana-de-açúcar no Brasil. Na safra de 2020/21, o país foi responsável pela produção de 654,5 milhões de toneladas destinados à produção de 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2021).

Ainda, a cana-de-açúcar como 'combustível' para a produção de bioeletricidade é particularmente competitiva em termos de custo, maturidade da indústria açucareira e energética, falta de emissões de carbono e complementaridade sazonal com a estação chuvosa (ALMEIDA, 2014).

Quanto a produção de cana-de-açúcar, ela é processada em áreas grandes e contínuas, e a centralização dos processos de produção facilita o uso de resíduos (bagaço, palha, etc.). Esta centralização nada mais é do que o fato de todo o processo ocorrer em uma única fábrica, geralmente localizada perto de grandes fazendas que ao produzirem energia, havendo excedentes, transferem esse excedente para empresas de distribuição que a consomem na região (ALMEIDA, 2014).

Além do extrato de cana-de-açúcar utilizado para produzir etanol, os resíduos da cana-de-açúcar, como anteriormente mencionado, desempenham um papel importante. O bagaço e a palha da cana-de-açúcar podem ser utilizados em dois processos: hidrólise para produzir etanol e combustão em uma caldeira para gerar eletricidade por um gerador, sendo a videira utilizada como fertilizante orgânico. No passado, o bagaço era utilizado apenas para a produção de energia na própria usina, mas a tecnologia foi aperfeiçoada, uma vez que, se todo o bagaço for utilizado no processo, a quantidade de eletricidade produzida será sempre suficiente

para alimentar a usina e poderá até mesmo ser vendida às concessionárias de energia da região, reduzindo assim o custo da produção de etanol e gerando outros benefícios para a própria usina (ALMEIDA, 2014).

De modo específico, as usinas bioelétricas de cana-de-açúcar desempenham um papel relevante na manutenção da matriz elétrica ao garantir segurança do abastecimento, competitividade da economia nacional e sustentabilidade ambiental (ALMEIDA, 2014). Nesse sentido, ela oferece as vantagens de uma fonte de energia renovável obtida através de um eficiente processo de cogeração utilizando etanol e resíduos da produção de açúcar como matéria-prima energética, bem como, a recuperação de áreas degradadas e o aproveitamento energético dos resíduos agroindustriais. Ainda, a bioeletricidade oferece ao Brasil benefícios adicionais como a criação de renda e empregos nas áreas rurais e o estímulo à indústria de investimento de capital (ALMEIDA, 2014).

Esse papel relevante deve-se ao contexto histórico da produção de cana-de-açúcar no país e a localização global do país, com grandes propriedades e um clima favorável ao cultivo que sempre teve destaque na economia brasileira. Com isso, houve à otimização da produtividade do cultivo da cana-de-açúcar, bem como as melhorias tecnológicas na colheita e processamento da biomassa de açúcar e álcool, permitindo que as usinas de açúcar e destilarias extraíssem enormes quantidades de matéria orgânica do bagaço. Estes podem ser conectados aos principais sistemas de energia elétrica que servem os grandes centros de consumo nos estados do sudeste e nordeste do país (ALMEIDA, 2014).

As usinas de açúcar começaram a adotar esta prática para atender às suas próprias necessidades energéticas. O processo de cogeração fornece a energia térmica, mecânica e elétrica necessária para produzir etanol e açúcar. Entretanto, esta autossuficiência energética era ineficiente porque se limitava a produzir apenas a quantidade de energia necessária para que a usina seja autossuficiente (ALMEIDA, 2014).

Percebe-se isso ao longo da história industrial sucroenergética, onde esforços ainda têm sido empregados para aumentar a eficiência energética das fábricas. Nesse sentido, um dos primeiros objetivos era tornar a indústria independente de qualquer combustível, usando totalmente o bagaço. Conseqüentemente, o próximo objetivo foi voltado a autogeração de toda a energia necessária, tanto térmica

quanto elétrica e, assim, desenvolver sistemas de cogeração adequados às necessidades das usinas (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

Nesse sentido, cabe mencionar que o bagaço era considerado, inicialmente, um resíduo indesejado, o que motivou o primeiro uso das caldeiras a ser o de eliminar esses resíduos. Desse modo, a queima do bagaço era uma alternativa de baixo custo e baixa eficiência para eliminar o bagaço, gerado em grandes quantidades (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

Referente ao processo de cogeração, tradicionalmente, o sistema adotado era aquele que utilizava turbinas de contrapressão. Essas turbinas eram uma combinação típica das usinas sucroenergéticas. Nesse sentido, melhorias nessas configurações passaram a permitir a geração de excedente de bioeletricidade. Contudo, a planta industrial permanecia limitada a operar somente durante o período de safra, quando havia vapor. Desse modo, posteriormente, foi introduzido as turbinas de condensação no ciclo de vapor, o que permitiu maior eficiência na geração de energia elétrica na baixa temporada (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

De modo específico, o sistema de cogeração pode ser definido como a geração conjunta de eletricidade (energia mecânica) e energia térmica que é utilizada em um sequencial, que possibilita a geração de energia e eficiente, em comparação com a geração de energia independente (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

Dentro de uma usina de processamento de cana-de-açúcar, a cogeração permite explorar a energia do bagaço e gerar energia elétrica de forma descentralizada e independente. Ajustando os níveis de temperatura e pressão do vapor gerado, junto com o uso de turbinas a vapor de condensação-extração que aumentam a eficiência do sistema de cogeração e o excedente de eletricidade para vender e produzir eletricidade durante o período de entressafra (PALACIOS-BERECHE et al., 2022).

Denota-se, então, que a produção de eletricidade em usinas de açúcar e destilarias, por meio de sistemas de cogeração, utilizando bagaço como combustível, é uma prática tradicional neste segmento da indústria em todo o mundo. A eficiência do uso do bagaço varia de acordo com as condições específicas de cada país. Globalmente, a experiência brasileira é importante devido à escala da produção de cana-de-açúcar, mas não devido à eficiência do uso da biomassa

(CASTRO et al., 2015). De modo geral, as dificuldades brasileiras estão pautadas nos diversos níveis de tecnologia para cogeração, manejo adequado e otimizado dos insumos e, cenários econômicos recessivos, o que dificulta o potencial de geração e máximo uso da biomassa no curto prazo (TROMBETA, 2015).

2.3. A biomassa residual da cana-de-açúcar (bagaço)

O uso de fontes adicionais de energia que, ao mesmo tempo contribuem para manter o perfil limpo da rede brasileira, é uma alternativa importante para o futuro energético do Brasil. Existem novas técnicas de geração de energia a partir da biomassa que estão sendo utilizadas pelos produtores de todo o país e de diferentes tipos de biomassa, tais como fazendas de suínos que utilizam os resíduos produzidos pelos animais nos digestores, queimando o metano produzido pelos resíduos, ou queimando cascas de arroz que antes eram resíduos sem valor, mas agora servem como fonte de eletricidade para os produtores gaúchos, por exemplo (ALMEIDA, 2014).

Vale ressaltar que a biomassa da cana, é um recurso renovável, fornecido por energia solar, sendo convertida em energia química, ou seja, energia armazenada em biomassa, e no final do processo, em usinas térmicas, este recurso é queimado em uma caldeira e convertido em eletricidade, enquanto nas refinarias é convertido em biocombustíveis através de processos químicos (CERPCH, 2014).

O bagaço e a palha de cana-de-açúcar são as matérias-primas mais importantes como fontes de energia neste processo de cogeração. Uma tonelada de cana-de-açúcar contém o equivalente energético de 1,2 barril de óleo, do qual cerca de 1/3 é quimicamente armazenado no caldo (açúcar) e o restante na biomassa da cana, sendo a metade em bagaço e metade em palha (GOMES; MAIA, 2013).

Um cenário promissor é que 600 milhões de galões de etanol podem ser produzidos a partir de cada 10 milhões de toneladas secas de biomassa, considerando apenas o componente celulósico (PEREIRA, 2017).

O pré-tratamento da biomassa celulósica é um passo que aumenta significativamente a eficiência da hidrólise enzimática da celulose para posterior fermentação por leveduras ou bactérias produtoras de etanol. Na produção de etanol celulósico, o objetivo é 'quebrar' a parede celular para utilizar os polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis (BUCKERRIDGE et al., 2010). Nesse sentido, há a possibilidade de produzir etanol de segunda geração, decisão que deve ser tomada levando em conta o custo de oportunidade de diferentes produtos de

biomassa (etanol e outros biocombustíveis, bioenergia, açúcar, etc.) (DIAS et al., 2011).

Ademais, Lora e Teixeira (2001), listam as vantagens do uso da biomassa como combustível em comparação com os combustíveis fósseis. Essas vantagens são o fato de ser uma fonte de energia renovável, tem baixos custos de aquisição e baixas emissões líquidas de CO₂. Dentro dessas vantagens também está a redução e resíduos considerados tóxicos e, conseqüentemente, a redução da poluição atmosférica (CARVALHO, 2015). Nesta situação, a agricultura energética é uma excelente solução para atender à demanda de fontes de energia renováveis, especialmente biomassa.

Além disso, entre as fontes de biomassa vegetal utilizadas para a produção de energia elétrica, a cana-de-açúcar é uma cultura bem conhecida com uma logística de colheita e transporte bem desenvolvida, o que a torna competitiva com outras culturas energéticas.

Em 2013, o potencial de produção de energia de biomassa no Brasil atingiu 11.250 MW, o que equivale à produção de energia estimada da usina de Belo Monte, estimada em 11.233 MW. Esta energia provém das 496 usinas de biomassa em operação no país, a maioria das quais utiliza bagaço de cana e palha como matéria-prima.

Já em 2021, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica Agência (ANEEL), o Brasil teve uma capacidade instalada de 183.307 MW, dos quais 12.716 MW (6,94%) correspondem a 430 sistemas de cogeração, utilizando bagaço de cana-de-açúcar como combustível. Desse modo, a eletricidade gerada nas usinas, comercializado pela rede, tem sido crescendo ao longo dos anos. Em termos quantitativos, da eletricidade total produzido em 2019, 61,1% foi fornecido ao sistema Nacional. Este aumento da cogeração pode ser atribuído ao uso de tecnologias no processo de produção, de forma que consomem menos vapor, possibilitando aumentar a disponibilidade de energia para geração de eletricidade (ANEEL, 2021).

Atualmente, o número de usinas de biomassa no país está em 627 usinas com a capacidade instalada de 19,01 GW. Desse modo, destaca-se que desse total, 62,4% é referente a cogeração proveniente da cana-de-açúcar (UDOP,2021). Desse modo, a cana-de-açúcar é importante não apenas para a diversificação da matriz elétrica, mas também porque a colheita coincide com a estação seca na região

Sudeste/Médio-Oeste, como mencionado.

2.4. As políticas públicas atreladas ao setor de bioeletricidade

Nesse contexto, há muito tempo, o Brasil tem identificado o potencial da utilização de fontes energéticas naturais, como a produção de energia proveniente da biomassa, extraída de fontes animais ou vegetais, que pode ser usada pelo homem como bioeletricidade, biocombustível e calor. Embora os biocombustíveis, possam ser gerados de diferentes matérias-primas, no Brasil predomina a produção de etanol e biodiesel (SUAREZ et al, 2009).

Tal fato se deve ao histórico de escassez de chuva ocorrido no Brasil em 2001/2002. Os reservatórios das hidrelétricas foram reduzidos a níveis críticos, o que, agravado por outros motivos, provocou racionamento de energia elétrica. No ano de 2014, outro período com baixa incidência de chuvas nas regiões onde estão localizadas as hidrelétricas com reservatórios provocou a redução na geração hidrelétrica e ampliou a geração pelas termelétricas, ainda mais poluidoras (VASCONCELOS e CARPIO, 2014).

Nesse sentido, com a necessidade de ampliação do número de termelétricas a carvão, óleo e gás, houve uma maior conscientização da população brasileira na sua educação energético-ambiental. Com isso, houve uma maior conscientização da população brasileira na sua educação energético-ambiental (AMADO, 2012).

Em 2001, com o advento da Lei 10.295/2001, a União aprovou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, cujo objetivo era a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Nesse sentido, sua elaboração foi voltada para o preenchimento da lacuna no combate ao desperdício de energia no Brasil (HADDAD, 2002). Desse modo, o principal benefício gerado pela legislação foi a regulamentação de níveis mínimos de eficiência energética para equipamentos e edificações construídas no país.

Posteriormente, com a Lei 10.438/2002, surge o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), sendo o principal objetivo fomentar a participação de energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos. A lei foi essencial, pois a matriz energética do país era muito dependente das usinas hidrelétricas. Desse modo, a lei impulsionou o investimento em projetos de energia renovável, em que todos os consumidores conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e que recolhem as chamadas

TUSD/TUST (tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão) participam do programa por meio da contratação de cotas dos geradores que fazem parte do programa.

De modo mais recente, pautado nessa consciência sustentável e em resposta ao compromisso firmado no Acordo de Paris, a RenovaBio (Lei nº 13.576) lançada em 2017, tem como escopo central garantir a sustentabilidade energética, na previsibilidade do mercado e na mitigação das GEE, caminhando para um desenvolvimento sustentável do país (BRASIL, 2017; PAGEL et al, 2020; MME, 2022)

Com efeito, o novo programa busca alcançar suas metas alicerçado em três eixos que estruturam todo o programa, trazendo critérios renovadores e disposições concretas sobre os biocombustíveis, de modo que seus efeitos refletem tanto no meio econômico, como no social e principalmente o ambiental, promovendo, assim, um modelo de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2019).

O primeiro eixo é baseado nas metas de descarbonização. Nele o governo estabelece metas anuais individuais a serem desdobradas em dez anos pelos distribuidores de combustíveis, sendo os agentes obrigados a participarem da política. No segundo eixo, encontra-se a certificação da produção de biocombustíveis, em que os produtores, agentes voluntários, certificam a produção e com base nos resultados é emitida a nota de eficiência energético-ambiental (MME, 2022).

Como terceiro eixo, é feito o cálculo da diferença em relação a IC (Intensidade de Carbono) produzido pelo combustível fóssil equivalente, culminado na nota de eficiência energético-ambiental, que associada ao volume de biocombustível produzido, gera os CBIOS (MME,2022; PAGEL et al, 2020). Estes compõem o terceiro eixo da lei, ativos que produtores de biocombustíveis podem emitir e vender no mercado.

Contudo, a RenovaBio prevê mudanças comportamentais da sociedade e na cadeia produtiva de combustível brasileira ao propor metas obrigatórias de redução de GEE para distribuidores e a adesão voluntária para produtores de biocombustíveis. Ainda, pressupõe que a demanda do consumidor final será por biocombustíveis. Desse modo, entende-se que a lei prevê medidas que englobam os três estames do desenvolvimento sustentável, o social, o econômico e o ambiental.

Nessa perspectiva de fontes renováveis e seu uso no âmbito da RenovaBio, de todas as culturas alimentares, a cana-de-açúcar é a que tem melhor desempenho em GEE, principalmente se o excedente de energia for creditado (CAPAZ, 2021; CHERUBIN, 2021). Embora os resultados da cana-de-açúcar sejam promissores, demais matérias-primas direcionadas de seu uso econômico atual, sejam resíduos ou rotas baseadas em alimentos, podem levar a emissões de GEE mais altas do que combustíveis fósseis (CAPAZ, 2021).

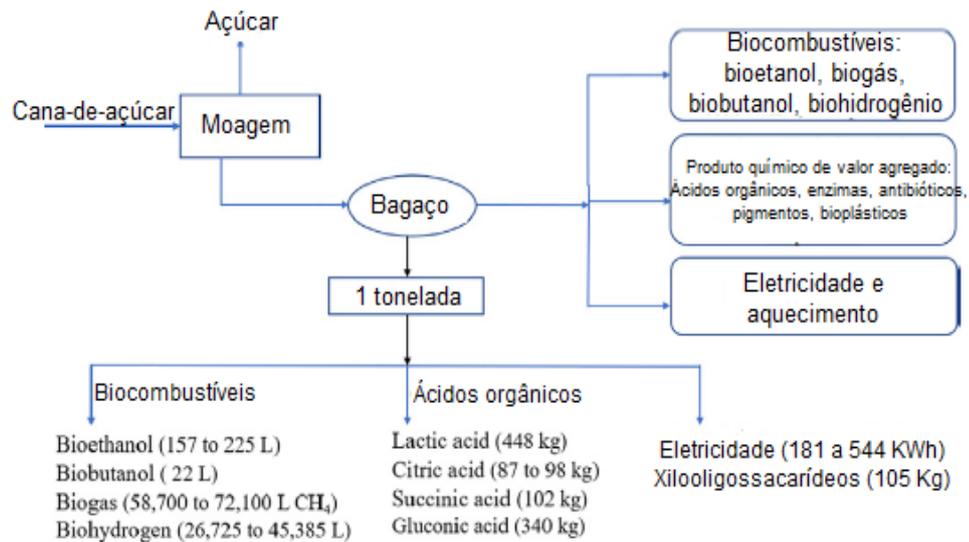
Neste sentido, biocombustíveis como biogás, biometano ou sistemas de cogeração podem apresentar melhor desempenho ambiental e econômico. Mas é necessário investimento neste tipo de indústria, (DIAS, 2021; GRANGEIA et al, 2022).

Ainda, cabe mencionar que com a política pública, a RenovaBio gera um ambiente de negócios favorável no setor elétrico, sendo que a distribuição de bioeletricidade sucroenergética para a rede tem potencial para crescer em quase 60% até 2030, saindo de 21,5 mil GWh em 2018 para 34 mil GWh em 2030. Ademais, de toda a estruturação, menos de 20% do potencial técnico dessa fonte de geração seriam aproveitados em 2030, o que evidencia a possibilidade de resposta positiva que a bioeletricidade pode dar à também esperada expansão do mercado livre (UNICA, 2019).

2.5. Viabilidade ambiental da biomassa da cana por meio da avaliação ambiental e econômica

Em um contexto geral, a indústria do açúcar apresenta inúmeras oportunidades de reaproveitamento energético de sua biomassa residual, o que pode ser visualizado pela Figura 1.

Figura 1 - Utilidades da biomassa



Fonte: Adaptado de Munagala Meghana, Yogendra Shastri, 2020.

Nesse sentido, analisando a figura acima sob o aspecto da avaliação ambiental, o foco encontra-se na cogeração de eletricidade por meio do uso da biomassa. Contudo, não se restringe apenas a produção de eletricidade, outras pesquisas apontam a produção de biocombustíveis como o etanol e produtos químicos que contenham uma base biológica (MEGAHANA; SHASTRI, 2020).

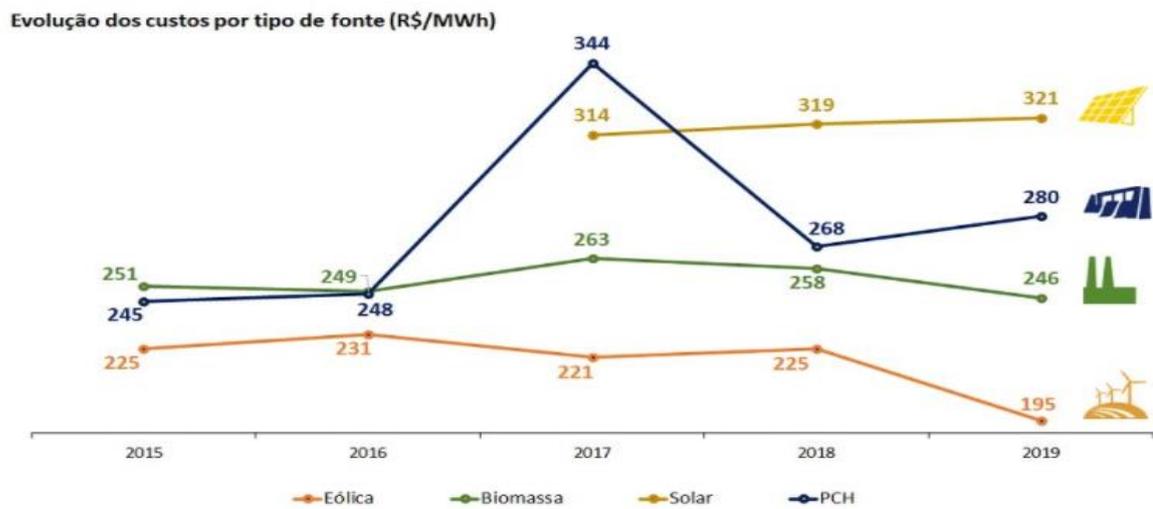
Em estudos feitos em alguns países, como Índia, Brasil, Tailândia, Cuba, Irã, Maurício e África do Sul, notaram-se claramente os benefícios ambientais associados com a substituição de energia de base fóssil por biomassa da cana. Por exemplo, no estudo de caso feito em Maurício (MEGAHANA; SHASTRI, 2020), a geração de bioeletricidade teve impactos mais baixos nos quesitos de toxicidade humana e gases de efeito estufa. Esses mesmos benefícios foram notados na indústria de açúcar sul-africana, em que a produção de eletricidade com base no bagaço da cana obteve um melhor desempenho do que a base de carvão, com menor emissão de gases (MEGAHANA; SHASTRI, 2020).

Ainda, cabe destacar que o excesso de energia produzido nessas usinas pode ser desviado para a rede elétrica nacional, como é feito no Brasil, havendo um baixo custo na sua produção devido à alta capacidade de reaproveitamento de resíduos gerados na usina. Assim, ocorre uma substituição de uma parcela da eletricidade que é gerada a partir de matéria de origem fóssil, evitando assim as emissões. Contudo, quanto às avaliações ambientais negativas como o

desmatamento e formação de monoculturas, ações mitigadoras podem ser adotadas a fim de minimizar tais externalidades negativas.

Quanto ao aspecto da avaliação econômica, destaca-se como principal indicador de viabilidade econômica o custo final de produção de energia elétrica por fontes. Nesse sentido, a Figura 2, abaixo apresenta os respectivos dados:

Figura 2 - Evolução dos custos de produção de diferentes tipos de fontes



Fonte: Trinity Energia, 2020.

Conforme observado na Figura 2 acima, foram analisados os valores correspondentes à produção das usinas eólicas, solares, térmicas a biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), considerando os custos médios dos leilões, despacho de usinas termelétricas, controle secundário de frequência, superávit/déficit de energia no Mecanismo de Realocação de Energia – MRE, deslocamento de geração hidrelétrica e repactuação do risco hidrológico (TRINITY ENERGIA, 2020).

Dessa forma, nota-se que a segunda fonte mais barata foi a usina térmica de biomassa, tendo um custo de produção caracterizado exclusivamente pela contratação dos leilões, cujo preço médio foi de R\$253,50/MWh.

Nesse sentido, é cabível ressaltar que a viabilidade da exportação de energia está atrelada a relação existente entre o custo de investimento e a potência exportável. De forma mais clara, a viabilidade econômica de um investimento de cogeração com a finalidade de comercializar depende do custo do investimento adicional em equipamentos que sejam capazes de gerar um excedente de energia

exportável para a rede (DE CASTRO; BRANDÃO; DANTAS, 2010). Desse modo, apesar da planta industrial já ser capaz de gerar energia para suprir suas próprias necessidades, o investimento adicional será destinado à modernização ou construção de uma planta capaz de gerar excedentes a fim de serem comercializados a um valor compensatório do investimento feito.

Ademais, ao olhar a cadeia produtiva de bioenergia a partir da biomassa, denota-se o princípio da economia circular, em que de ponta a ponta tudo o que é produzido na indústria sucroenergética é aproveitado. Exemplo dessa aplicação encontra-se no grupo Balbo, que são os maiores produtores de cana-de-açúcar orgânica do Brasil. Em suas fazendas produtivas utilizam a chamada “*Ecosystem Revitalization Agriculture*” (ERA). Além dessa prática que aperfeiçoa a produção de forma sustentável adotando práticas verdes de controle de pragas e cuidado com o solo, são autossuficientes em energia e fornecem seu excedente ao sistema nacional de eletricidade, com capacidade para abastecer uma cidade de 540.000 habitantes (MEGAHANA; SHASTRI, 2020).

Ademais, cabe destacar que um grande desafio hoje é inserir produtos e serviços ambientais no ambiente econômico global. Isso ocorre porque essas commodities não têm valor direto e não são negociadas nos mercados econômicos tradicionais. Desse modo, a economia ambiental e a economia ecológica são ramos da ciência que visam incorporar questões relacionadas à gestão e proteção dos recursos naturais na teoria econômica (CARDOSO, SOARES, 2014).

Avaliar os recursos ambientais de uma perspectiva econômica significa determinar se as mudanças na quantidade ou qualidade dos bens, ou serviços ambientais levarão a um melhor ou pior bem-estar das pessoas. Quando o valor não pode ser atribuído aos serviços ecossistêmicos, técnicas específicas chamadas técnicas de avaliação ambiental podem ser usadas para calcular o valor monetário desses benefícios (SOUZA, 2014).

Contudo, como exposto acima, a biomassa pode gerar muitos produtos, destacando-se a obtenção de energia elétrica e combustíveis de segunda geração. Nesse sentido, devido à possibilidade de produtos diversos que podem ser obtidos com emprego de rotas tecnológicas variadas, há uma dificuldade em precificar a biomassa.

Essa dificuldade está pautada no fato de que a biomassa pode ser tratada em 3 (três) aspectos. O primeiro aspecto refere-se a biomassa como produto residual

devido ao processo produtivo, não tendo um valor de mercado. O segundo aspecto é o seu uso como combustível com a finalidade de geração de energia, sistemas de aquecimento e limpeza, tendo um custo de obtenção da matéria-prima atrelado ao produto final. Por fim, o último aspecto se refere a própria matéria-prima, destinada à produção de bioprodutos de química e farmacêutica, possuindo um alto valor agregado (ALIOTTE, 2020). Desse modo, nota-se a dificuldade em precificar devido aos intervalos de valores que são variáveis, conforme a destinação do seu uso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Abordagem da pesquisa

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa e foi realizada a partir de um estudo discursivo.

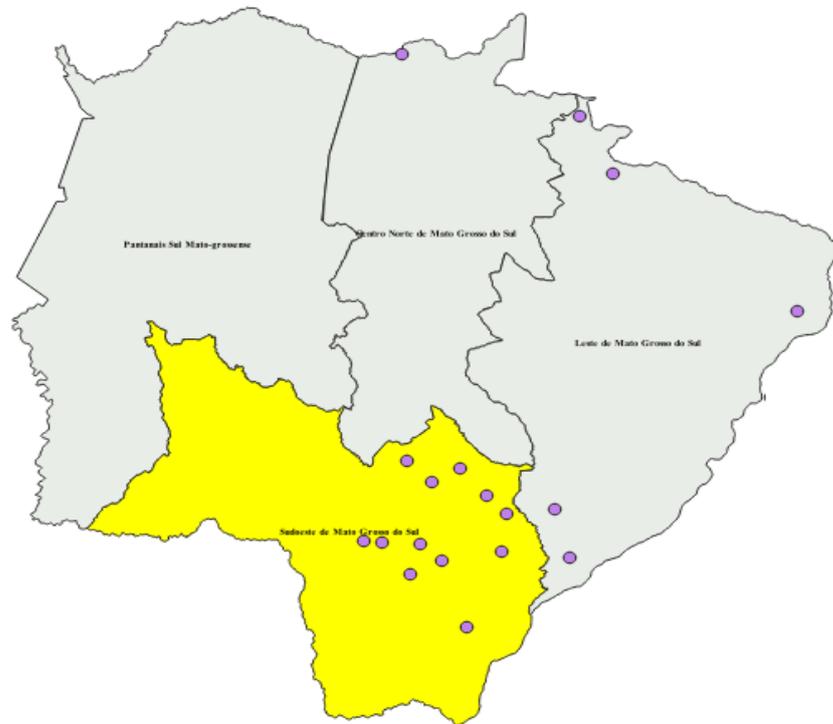
O trabalho aplicou a pesquisa descritiva na primeira fase do estudo quando conceitos mais amplos em escala nacional foram considerados com a finalidade de formar o estado da arte sobre a utilização da biomassa da cana-de-açúcar no aproveitamento energético. Na segunda fase, a pesquisa descritiva foi para analisar o potencial de produção de bioeletricidade no estado de Mato Grosso do Sul.

O método de pesquisa foi o método bibliográfico e documental, uma vez que este tipo de pesquisa permeia todos os momentos do trabalho científico e é utilizado em todos os estudos como base para a coleta de materiais como livros, artigos, entre outros. Ainda, foi utilizado um questionário semiestruturado, bem como foram feitas entrevistas, a fim de trazer uma maior profundidade nas informações a serem disponibilizadas pelos gestores das usinas do sudoeste do estado de MS.

3.2. Caracterização da área de estudo

Quanto ao estado em análise, é cabível destacar que Mato Grosso do Sul é um dos maiores cogeneradores de energia elétrica advinda da biomassa de cana-de-açúcar no Brasil. Segundo dados da Nova Cana (2022), portal de informações sobre as usinas nacionais, o estado do Mato Grosso do Sul possui 22 (vinte e duas) usinas sucroenergéticas em atividade. Atualmente, ressalta-se que associada a Biosul (Associação de Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul) são apenas 17 usinas e 3 (três) em projeto de operação (BIOSUL, 2022). Destaca-se que 11 (onze) usinas estão localizadas na região do sudoeste do estado, conforme o mapa elaborado (Figura 3):

Figura 3 - Região Sudoeste do Mato Grosso do Sul com usinas sucroenergéticas



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Este estudo foi focado nas usinas localizadas na região Sudoeste do estado, conforme a Figura 03 acima, composta pelas usinas Biosev S.A (Grupo Raízen), AgroEnergia Santa Luzia (Grupo Atvos), Biosev S.A Rio Brilhante (Grupo Raízen), Atvos- Usina Eldorado, Adecoagro Vale do Ivinhema Ltda, Adecoagro Vale do Ivinhema S.A., Central Energética Vicentina Ltda, Nova America S.A. Agricola Caarapo (Grupo Raízen), Rio Amambai Agroenergia, Bunge Monteverde (Grupo BP Bunge) e Fátima do Sul Agro-energética.

De acordo com dados repassados pela Associação dos Produtores de Bioenergia de Mato Grosso do Sul (Biosul) (ARRUDA, 2019), foram 19 unidades em operação nesta safra, todas com produção de etanol (hidratado e anidro). Desse total, dez delas funcionaram com produção de açúcar e 12 (doze) exportando bioeletricidade para o Sistema Interligado Nacional (SIN), demonstrando o potencial do estado para produção de energia limpa e sustentável.

3.3. Coleta de Dados

O método de coleta de dados foi direto e indireto. Quanto a coleta de dados diretos foi elaborado um roteiro de entrevistas semiestruturado (Apêndice A) e aplicado aos gestores das usinas localizadas na região sudoeste do estado, bem como entrevistas, tendo por base as perguntas contidas no roteiro de entrevistas. A coleta de dados ocorreu nos meses de Junho a Julho de 2022.

Os gestores participantes foram identificados pela abreviatura “G”, seguida por um número (G1, G2, G3, G4 e G5). Como mencionado anteriormente, o critério de seleção dos gestores teve por base sua adesão voluntária, sendo que a justificativa apresentada por alguns em não aderir à pesquisa foi a ausência de disponibilidade em decorrência do período de colheita da cana. Ainda, é cabível mencionar que todos os gestores participantes consentiram na divulgação das respostas, por meio da assinatura do Termo de Consentimento.

As 11 usinas localizadas na região sudoeste do Estado, foram convidadas para participar da pesquisa e responder ao roteiro de entrevistas. Dessas, 8 (oito) responderam ter interesse em participar da pesquisa, sendo encaminhado o roteiro de perguntas ou agendada a entrevista. Contudo, apenas 5 (cinco) participaram da pesquisa: a usina Rio Amambai Agroenergia (G5) teve seu gestor entrevistado, a Central Energética Vicentina Ltda (G4) respondeu ao questionário, bem como a Agroenergia Santa Luzia (G3) e de forma a complementar o exposto ao questionário, foi feita uma visita à usina Agroenergia. Ainda, devido a questões de regulamento interno, as usinas Adecoagro Vale do Ivinhema Ltda (G2) e Adecoagro Vale do Ivinhema S.A. (G1) não responderam ao questionário, contudo, foi encaminhado o demonstrativo financeiro referente ao ano de 2021 que contém respostas ao roteiro de entrevistas de modo indireto.

Em termo de representatividade, o grupo Raízen detém a maior participação no estado do Mato Grosso do Sul, com 3 (três) unidades sucroenergéticas pertencentes ao grupo presente na região sudoeste do estado. Em segundo lugar, com maior representatividade vem o grupo Atvos, com 2 (duas) unidades na região sudoeste. Por fim, destaque-se o grupo Adecoagro, possuindo, também, 2 (duas) unidades na região. Desse modo, destaca-se que os grupos citados estão no ranking dos 10 (dez) maiores grupos do setor sucroenergético a nível nacional, nas safras 2021/2022, de acordo com a FG/A, sendo que dois dos três grupos de maior

representatividade e presentes na região sudoeste, responderam ao roteiro de entrevistas ou foram entrevistados, ou seja, Atvos e Adecoagro.

Esse roteiro foi organizado em três blocos com questões abertas e foram respondidos por adesão, pelos gestores das usinas sucroenergéticas. As questões distribuídas nos respectivos blocos trataram de compreender as temáticas relacionadas à biomassa residual, sustentabilidade energética e o potencial de produção de bioeletricidade do MS.

Já na coleta indireta de dados foram utilizados artigos de periódicos, livros didáticos e outros materiais de bancos de dados indexados e sites institucionais, como *Web of Science*, *Scopus*, Periódicos Capes e Scielo com emprego das palavras chaves “valoração”, “cana-de-açúcar”, “bioenergia”, “bioeletricidade”, bagaço (em inglês *valorization, sugarcane, bioenergy, bioelectricity, bagasse*), com a finalidade de analisar o estado da arte atual do uso da biomassa residual das usinas de açúcar no aproveitamento energético e os aspectos da viabilidade ambiental, tendo por base o período de 2015 a 2022.

3.4. Análise dos dados

Por meio da revisão bibliográfica de artigos e periódicos foi possível formar a estrutura do estado da arte da utilização da biomassa residual da cana-de-açúcar na produção de bioeletricidade.

Nesse sentido, a extração dos dados teve como base as formas de utilização da biomassa residual no aproveitamento energético, a sua utilização no Brasil com comparativo a nível mundial, o aspecto econômico e ambiental.

Em um segundo momento, foi aplicado análise de conteúdo de Bardin (1977), ou seja, uma pesquisa qualitativa formada a partir da coleta seletiva de dados, da categorização e saturação teórica (MARTINS; THEÓPHILO, 2018). Desse modo, se lida com a interação com algum tipo de comunicação a ser estabelecida com determinado (s) ator (es), em determinado campo.

Sob essa ótica, é a partir dos registros (dados) que é possível a construção de uma narrativa capaz de promover a melhor compreensão de um contexto (BARDIN, 1977, p. 95). Desse modo, a Análise de Conteúdo é composta por uma série de técnicas que se somam e complementam, com o intuito de descrever o conteúdo expresso durante os processos de interação (Bardin, 1977).

Nesse sentido, a análise de conteúdo envolveu três fases: a) organização, b) codificação, e c) categorização. A fase de organização ou análise preliminar envolve a coleta e organização do material relacionado ao tema, separando o que é útil do que não é. Esta etapa envolveu a revisão das respostas do roteiro de perguntas, entrevistas e documentos disponibilizados pelos gestores que foram relevantes para responder ao problema de pesquisa apresentado.

Em relação à codificação, essa consiste no elo fundamental entre a coleta de dados e o desenvolvimento de uma narrativa para explicar esses dados. Nesse sentido, dentre os três tipos de codificações (aberta, axial e seletiva), fez-se uso na presente pesquisa de codificações abertas em que foram formadas categorias de informações sobre a temática estudada (CRESWELL, 2014).

Quanto ao processo de categorização, pode ser definido como a operação de classificar os elementos de um conjunto, diferenciando e depois reagrupando por gênero. Nesta fase, as categorias são definidas por diferenciação e agrupamento das unidades contextuais encontradas na fase anterior (BARDIN, 1977).

Desse modo, feito as codificações foi elaborado uma narrativa de forma a vincular as categorias e descrever o processo. Sendo assim, como forma de visualizar os resultados encontrados, é possível utilizar ferramentas de análise qualitativas (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013), como mapas, matrizes e redes com o apoio de softwares CAQDAS (*Computer-assisted qualitative data analysis software*). Nesse caso, foi utilizado o software ATLAS t.i para organização dos dados.

O uso do ATLAS t.i possibilita a criação e o gerenciamento de elementos constitutivos básicos que auxiliam na construção da teoria formada a partir dos resultados obtidos na análise de conteúdo. Nesse sentido, códigos, citações, notas de análise e documentos primários podem ser conectados entre si, podendo ser visualizadas nos esquemas gráficos (BANDEIRA-DE-MELLO, 2006).

Ainda, cabe destacar que, seguindo as fases da Análise de Conteúdo, é possível seguir o processo de geração dos resultados por meio do Atlas T.I que possui três operações básicas: codificar e rotular, microanálise dos dados e por fim, a identificação e validação de categorias (BANDEIRA-DE-MELLO, 2006).

Sob esse aspecto, quanto ao processo de análise de conteúdo da entrevista e dos questionários com apoio do ATLAS t.i., foi utilizada a versão 22.1.5, possuindo as seguintes características o projeto que reúne todos os dados e demais elementos

(BANDEIRA-DE-MELLO, 2006) como códigos, citações, documento primários e esquemas gráficos que foram elaborados no ATLAS t.i.

O projeto foi composta por 4 (quadro) documentos em formato PDF. O primeiro documento corresponde a transcrição da entrevista realizada com o gestor da Usina Rio Amambai, que teve duração de 15 minutos, com 6 (seis) páginas. O segundo corresponde ao roteiro respondido da usina Agroenergia Santa Luzia, com 5 (cinco) páginas, seguido pelo arquivo de respostas do questionário da usina Central Energética Vicentina, com 3 (três) páginas. O último documento refere-se ao demonstrativo financeiro de 2021 da usina Adecoagro Vale do Inhema S.A e Ltda, o qual possui 92 (noventa e duas) páginas. Ao todo, o projeto ficou com 106 (cento e seis) páginas.

Com base nos documentos primários, foram feitas 66 (sessenta e seis) citações, sendo gerados 14 (quatorze) códigos. Esses códigos tiveram como base para sua formulação, a entrevista feita com o gestor da Rio Amambai, a qual apresentou um conteúdo com mais detalhes sobre o tema.

Após a formulação dos códigos, os mesmos foram categorizados em grupos a fim de se ter maior clareza e visualização dos aspectos mencionados nas citações, sendo a relação deles demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Categorização de códigos

| Grupos de Códigos | | | | |
|--------------------------|--|--|--|--|
| | Localidade | Aspectos de Cogeração | Medidas Sustentáveis | Mercado de Bioeletricidade |
| Códigos | <ul style="list-style-type: none"> ● Localidade - Angélica ● Localidade - Ivinhema | <ul style="list-style-type: none"> ● Bioeletricidade ● Capacidade de geração ● Descarte de bagaço | <ul style="list-style-type: none"> ● Ações sustentáveis ● Políticas públicas ● Produtos gerados | <ul style="list-style-type: none"> ● Valor da bioeletricidade ● Valoração ● Venda de bioeletricidade ● Processo de comercialização ● Problemática da bioeletricidade ● Problemática da bioeletricidade |

Fonte: Elaborado pela autora a partir do Atlas T.I (2022).

Com base na revisão de literatura foi possível encontrar os conceitos dos termos utilizados na pesquisa, surgindo, assim, códigos pré-determinados ou dedutivos. Além disso, com base na análise dos dados foi possível criar novos códigos, ou seja, categorias emergentes de trechos analisados, sendo eles os códigos indutivos. A relação desses códigos encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos códigos

| Códigos Dedutivos | Códigos Indutivos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Ações sustentáveis (NAÇÕES UNIDAS, 2021) ● Bioeletricidade (CARVALHO, 2015) ● Capacidade de geração (ÚNICA, 2014) ● Descarte de bagaço (GALINKIN, 2009) ● Políticas públicas (BRASIL, 2017) ● Processo de comercialização (CCEE, 2020) ● Valor da bioeletricidade (CCEE, 2020) ● Venda de bioeletricidade (CCEE, 2020) | <ul style="list-style-type: none"> ● Localidade – Angélica ● Localidade – Ivinhema ● Problemática da bioeletricidade ● Produtos gerados ● Solução da problemática ● Valoração |

Fonte: Elaborado pela autora a partir do Atlas T.I (2022).

Do mesmo, para a criação de categorias, as bases utilizadas foram as terminologias encontradas nas revisões bibliográficas. Destaca-se que o termo “cogeração” é utilizado em usinas sucroenergéticas com o intuito de definir o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma de energia útil, ou seja, é a combinação das utilidades de calor e energia mecânica que pode ser convertida em energia elétrica, conforme dispõe a Resolução ANEEL 235/2006, art. 3º.

Quanto à categoria mercado criada, essa teve por base o termo existente no texto de Panoramas Setoriais 2030 Sucroenergético do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (2017) em que foram analisados os aspectos de mercado desse setor. Por fim o grupo medidas sustentáveis, teve por base as chamadas “medidas setoriais que convergem com os ODS”, termo utilizado pelo diretor executivo da ÚNICA na COP 25 (UNICA, 2019). Desse modo, a fim de trazer um termo mais objetivo, a categoria ficou denominada medidas sustentáveis.

Dos códigos criados, apenas 11 (onze) foram utilizadas para formulação dos resultados, excluindo os códigos referentes à localidade e ações sustentáveis. A fim de obter a relação dos códigos gerados entre si, foi feito a análise de coocorrência, no qual a partir do coeficiente C gerado, sendo esse coeficiente semelhante a um coeficiente de correlação, é possível obter a relação entre os códigos. Para fins de interpretação, tem-se que quanto mais próximo de 1 estiver o valor do coeficiente, mais forte será a relação existente entre os códigos. Contudo, ele pode ser interpretado de forma mais significativa se o conjunto de dados contiver um número maior de casos/dados. Desse modo, em decorrência da amostra ser pequena, foram utilizados os códigos que apresentavam um coeficiente acima de 0 para os resultados (ATLAS. ti, 2023).

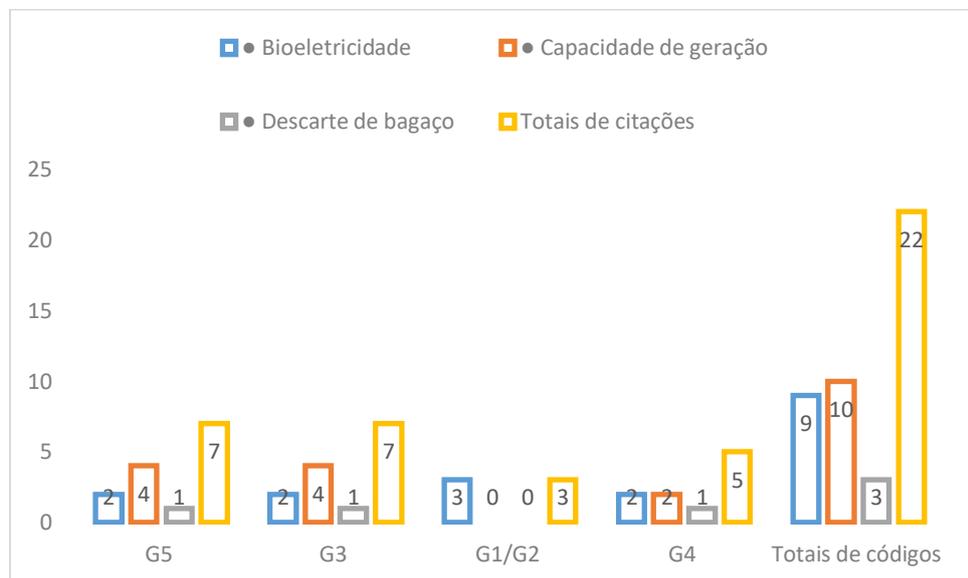
Desse modo, foram analisadas as respostas obtidas nos questionários e entrevistas a fim de se ter uma visão geral do descarte da biomassa das usinas estudadas. Ainda, foram analisadas quais medidas sustentáveis já são adotadas pelas usinas e quais ainda poderão vir a ser tomadas a fim de demonstrar a sustentabilidade do aproveitamento de biomassa na produção de bioeletricidade. De modo a complementar o exposto, foi analisado a capacidade de produção e de expansão de bioeletricidade de cada usina.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Viabilidade ambiental do aproveitamento energético da biomassa na geração de bioeletricidade

Com base na coleta de dados, foi possível captar como é feita a forma de descarte da biomassa residual, bem como verificar as medidas sustentáveis que são tomadas por essas usinas quanto à biomassa e a capacidade de geração e expansão da produção de bioeletricidade a fim de avaliar o potencial do estado na produção de bioeletricidade.

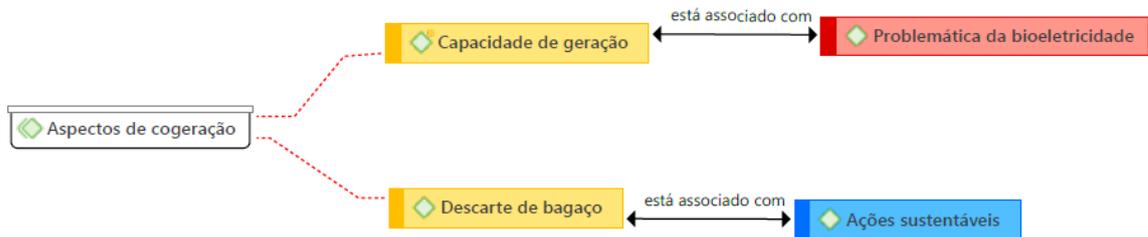
Nesse sentido, a fim de compor uma visão geral do descarte da biomassa e outros aspectos que permeiam a temática da matéria-prima, foram elaborados 3 (três) códigos, sendo que a relação de suas menções nas entrevistas segue representada pela Figura 4.

Figura 4 - Relação de códigos em cada questionário

Fonte: Elaborado pela autora a partir das codificações feitas pelo software Atlas T.I, 2022.

A figura 4 demonstra que ao todo foram feitos 22 (vinte e duas) citações acerca do tema da biomassa. Nessa temática, estão incluídos assuntos como o descarte da biomassa e capacidade de geração, formando, assim, os aspectos gerais de cogeração, com base na fala dos gestores das usinas entrevistados. Desse modo, a Figura 5 apresenta uma rede de conexões dos entrevistados acerca dos aspectos relacionados à cogeração.

Figura 5 - Rede dos Aspectos de cogeração



Fonte: elaborada pela autora, 2022.

Nesse sentido, cabe mencionar que quanto à questão do descarte de biomassa residual, de modo uníssono, três das quatro usinas entrevistadas afirmaram que não descartam a biomassa. Ainda, quanto aos entrevistados G1 e G2, enviaram um demonstrativo financeiro que contém informações indiretas sobre a temática, contudo, nota-se que esses, também, não descartam a biomassa. Tal perspectiva pode ser evidenciada pela fala do G5 em que afirma que nenhuma usina descarta a biomassa (bagaço da cana-de-açúcar) devido ao seu valor econômico, como também, devido aos benéficos acarretados por ela à própria usina.

Nessa vertente, ao não descartar a biomassa ou o bagaço da cana, nota-se uma utilização (ação) sustentável dessa matéria-prima, ou seja, a produção de bioeletricidade. A produção dessa energia verde ocorre pela queima do bagaço nas caldeiras, gerando vapor que irá girar as turbinas e, conseqüentemente o gerador, gerando, assim, a bioeletricidade (G3; G5).

Ainda, foram mencionadas pelos gestores 3 (três) significativas vantagens do uso da bioeletricidade nas usinas. A primeira mencionada refere-se “a economia total ou parcial da utilização de energias externas” (G4). Outra vantagem citada foi a geração de energia para o funcionamento dos equipamentos industriais (G5). E de forma complementar, foi citado, ainda, que “essa energia é utilizada para abastecer a Planta Industrial e o excedente é exportado para distribuição (comercialização) externa” (G3), ou seja, a bioeletricidade serve tanto para abastecer a usina, como também, havendo excedentes de produção, ocorre sua comercialização.

Em termos de geração, as usinas entrevistadas mencionaram sua capacidade de geração, como também, a possibilidade de expansão. Em uma usina, foi citado

que a capacidade de geração está em torno de 4 (quatro) megawatts, podendo ser expandido para 12 (doze) megas (G4).

Em outra usina, de porte menor, foi exposto que a capacidade de geração é de 12 (doze) megawatts, tendo um projeto de expansão para uma Caldeira de 300 (trezentas) toneladas de vapor por hora (G5). Já a usina representada pelo G3, alegou que o *“plano de produção para o ano de 2022 é de 398.478 MWh, onde 265.654 MWh serão exportados (comercializados) para a rede externa”*.

Ele ainda complementa sua fala, mencionando que *“a maior relevância está no volume da cana processada que vai gerar o bagaço a ser processado nas caldeiras; pequenos ajustes operacionais determinam maximizar a produção de Energia”* (G3), ou seja, a sua produção poderá subir dependendo do volume de bagaço disponível para a produção de energia. Contudo, o G3 abordou um ponto relevante sobre um aspecto da geração: a disponibilidade de matéria-prima para a produção de bioeletricidade.

Como citado por ele, *“no caso da Unidade temos um déficit entre a capacidade total instalada e capacidade utilizada, devido ao volume a menor de processamento de cana-de-açúcar, o aumento será proporcional ao incremento do aumento da cana processada”* (G3). Em outras palavras, nota-se que há uma escassez da matéria-prima, ou seja, com a ausência de cana-de-açúcar para ser processada, há, conseqüentemente, uma diminuição da biomassa.

Nesse sentido, cabe citar o estudo conduzido pelo Projeto de Eletricidade Renovável da Cana-de-Açúcar (SUCRE- *Sugarcane Renewable Electricity Project*) em que para a produção da bioeletricidade utiliza a palha recuperada do canavial de forma a gerar uma produção incremental. Com base nos resultados, considerando o aproveitamento de 50% da palha disponível nos canaviais, estima-se que poderiam ser exportados 35 Terawatt-hora (TWh) adicionais para a rede elétrica (WATANABE et al., 2020). Desse modo, o uso da palha representa uma forma de suprir a diminuição do bagaço, sendo uma valiosa matéria-prima também para as usinas, indo além de beneficiar a qualidade do solo e a produtividade da lavoura.

Ademais, outro ponto foi levantado. De acordo com G3, a usina não tem intenção de aumentar sua capacidade de geração, sendo essa decisão justificada pelo valor em que se encontra a comercialização da energia. Desse modo, preferem *“dar mais espaço a produção mais lucrativa que, no momento, é o etanol”* (G3).

Contudo, de acordo com estudos feitos nos anos de 2013 e 2014, tendo seus resultados ainda repercutindo nos dias atuais, chegaram à conclusão que a integração de tecnologias no contexto das biorrefinarias ou sucroenergéticas possui aspectos positivos e econômicos ao proporcionar uma diversidade de produtos e coprodutos atraentes ao mercado. Esses estudos se basearam na sustentabilidade ambiental da bioeletricidade e biorrefinarias de cana-de-açúcar, comparando a eficiência energética, econômica e ambiental da integração de uma destilaria de álcool tradicional com uma de segunda geração a partir da cana-de-açúcar em três cenários tecnológicos diferentes. O primeiro cenário tinha como foco a produção máxima de etanol, o segundo priorizou a produção de energia elétrica e o terceiro utilizou um misto dos cenários anteriores, ou seja, destinando 50% do bagaço e da palha a serem utilizados na produção de etanol e os outros 50% para a geração de eletricidade. Desse modo, observaram que ao ter um “mix” de produção, os benefícios econômicos e ambientais em relação às usinas convencionais são maiores (BATLLE et al., 2022).

Nesse ponto, destaca-se a visão tida pelos gestores das usinas estudadas. Como foi citado por um deles, o “mix” de produção é fundamental para manter não só a sustentabilidade da usina, mas também, para manter a usina em atividade nos períodos em que há escassez de bagaço ou há uma maior valorização de certo produto pelo mercado.

Desse modo, nota-se que as percepções dos gestores se assemelham quanto aos aspectos econômicos do uso do bagaço. Assim, evidencia-se o pensamento geral das usinas sucroenergéticas quanto à relevância da matéria-prima que possuem em termos de viabilidade ambiental, bem como, da necessidade de se utilizar meios alternativos e tecnológicos para manter o setor com uma visão mais sustentável e saudável economicamente.

4.2. Forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas no MS

Outro aspecto que permeia a temática da bioeletricidade encontra-se nas medidas sustentáveis. Essas medidas estão relacionadas à questão do descarte, uma vez que, não havendo descarte da biomassa, mas sim, sua reutilização, encontra-se, aqui, as medidas sustentáveis na destinação do uso da biomassa (bagaço).

De modo geral, ao utilizar o bagaço da cana, o principal produto gerado por ele é a bioeletricidade. Como mencionado pelo G4, nessa usina, a produção de bioeletricidade corresponde a 33,3% de todos os produtos, com a finalidade de consumo interno (G4). Na mesma linha, segue a fala do G5, em que a geração de bioeletricidade é destinada 100% para o funcionamento da planta industrial. Contudo, esse não é apenas o único produto gerado, de acordo com o G5, a usina possui “o mix de produção, hoje, daria uma baita, em torno de 70/30, ou digamos, 70% da produção de açúcar, 30% de etanol” (G5), sem incluir a produção de bioeletricidade.

Ainda, foi citado pelo G1 e G2 que essas usinas têm como atividade preponderante a produção e comercialização de açúcar e etanol, bem como a cogeração e comercialização de energia elétrica. Nessas usinas, observa-se que além da comercialização de açúcar e etanol, a bioeletricidade também é comercializada, não apenas usada para abastecer as usinas. Nesse sentido, de acordo com G1 *“em 2021, a planta industrial (...) moeu aproximadamente, 4.521.000 t de cana-de-açúcar (2020 – 4.483.000 t), com a produção de (...) 411.968 Megawatt-hora de energia elétrica (ano 2020 – (...) 438.884 Megawatt-hora de energia elétrica)”* (G1).

No mesmo sentido, o G2 mencionou que *“em 2021, a planta industrial (...) moeu aproximadamente 5.603.000 t de cana-de-açúcar (2020 – 5.538.000t), com a produção de (...) 410.530 Megawatt-hora de energia elétrica (2020 – (...) 391.973 Megawatt-hora de energia elétrica)”* (G2). Desse modo, nota-se o volume de bioeletricidade gerado e comercializado por essas usinas.

Ademais, ao analisar as perspectivas relacionadas a tomada de medidas sustentáveis, há de se mencionar as políticas públicas que permeiam essas medidas, as quais foram citadas pelos entrevistados. De modo geral, o destaque maior se deu a RenovaBio, uma política pública voltada para ampliação do mercado de biocombustíveis, que reflete de forma indireta na bioeletricidade.

Essa política estabelece o ambiente favorável, fomentando as oportunidades para que ocorra a expansão da produção e a inserção de combustíveis renováveis na matriz energética do país. Assim, a política regulariza o fornecimento de combustíveis e contribui para a previsibilidade do mercado dessas fontes de energia no país (BATLLE et al., 2022).

Sob esse aspecto, o G5 destacou que são regulados e possuem uma excelente nota no programa. Ainda, o G1 e G2 destacaram seu papel como usinas certificadas pelo programa e desempenhando um papel relevante na comercialização de CBIOS (créditos de descarbonização). Contudo, ao serem questionados quanto à eficácia de políticas como essa, uma problemática foi levantada.

O principal problema citado pelo G3 encontra-se na ausência de políticas ou incentivo, pois o setor sofre com as oscilações de preço do produto, ou seja, a instabilidade do preço da bioeletricidade (G3), o que leva a notar uma possível problemática do mercado de bioeletricidade e, até mesmo, do mercado de energias limpas.

Sobre esse aspecto, ao analisar a aplicabilidade de outras políticas públicas a nível mundial, cabe mencionar as políticas implementadas pelo governo da Tailândia. O governo programou duas políticas, a primeira foi implementada pelo Ministério da Indústria, com o intuito de queimar resíduos industriais de cana-de-açúcar, acabando com o uso da cana queimada na produção de açúcar e queima em geral até 2022. Já a segunda política foi implementada pelo Departamento de Desenvolvimento e Eficiência de Energias Alternativas e o Ministério de Energia, intitulada como Plano de Desenvolvimento de Energias Alternativas (AEDP), com o intuito de atingir 20% de eletricidade a partir do uso de fontes renováveis, de modo específico, 5.570MW de biomassa até 2036 (KUMAR et al., 2022).

Para a avaliação das políticas, os pesquisadores analisaram três cenários: o cenário 1 era referente à primeira política, ou seja, redução da queima até 2022; o cenário 2 referentes à política de Desenvolvimento de Energia (AEDP); cenário 3 corresponde às metas da AEDP de 2036 em 50% para eletricidade de biomassa. Nesse sentido, foram avaliados os impactos do aumento da demanda na produção, a renda do trabalho, o emprego, o uso de insumos, o uso da terra e outros impactos ambientais. Desse modo, os resultados das análises das políticas mostraram que a produção total aumenta com o resultado do aumento das demandas (KUMAR et al., 2022).

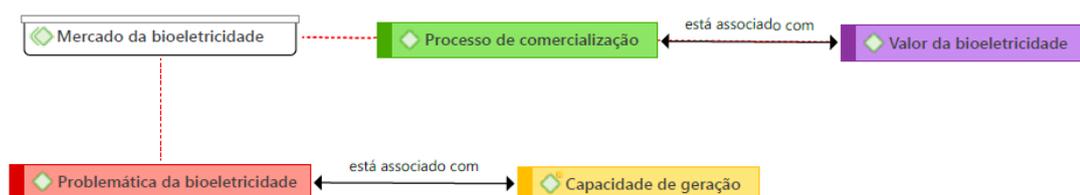
Para os setores da eletricidade, foi visto que o melhor cenário é mais eficaz em capturar o potencial de biomassa em nível nacional, enquanto a nível regional foi possível capturar um potencial muito maior de biomassa, conforme no cenário da AEDP. Ainda, com o aumento da demanda e da produção, o insumo usado para a

produção também aumentou. Dessa forma, os maiores setores que registraram aumentos incluíram a extração de gás, fabricação e distribuição de gás e a fabricação de petróleo. Desse modo, concluiu-se que essas políticas são capazes de garantir a segurança energética ao mesmo tempo, em que utilizam um potencial inexplorado de resíduos agrícolas, o que leva à segurança energética, ao desenvolvimento tecnológico e à eficiência energética (KUMAR et al., 2022).

4.3. Percepção dos gestores quanto à bioeletricidade

Notou-se que ao exporem suas percepções, muito foi falado sobre temas que permeiam os aspectos de mercado da bioeletricidade. Sendo assim, foram mencionados pontos que reafirmam a problemática de mercado, bem como outros apontamentos como o processo de comercialização, pontos relacionados à valoração da biomassa e possíveis soluções para a problemática. Desse modo, a Figura 6 expõe a rede elaborada a partir dessas codificações.

Figura 6 - Aspectos do mercado de bioeletricidade



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De início, cabe citar um dos processos de comercialização da bioeletricidade, citados pelos gestores: os leilões. De acordo com o G5, a usina que representa teve interesse de participar em dois tipos de leilões, Leilão de A-3 e Leilão de A-5. Nesses tipos de leilões a numeração posterior à letra significa o período de tempo que a usina possui para montar um sistema de cogeração e começar a exportar, sendo isso, aplicado às usinas menores, como é o caso do G5.

Nesse sentido, cabe mencionar o histórico legislativo relacionado à venda da bioeletricidade. Apesar de possuir um mercado potencial, com ganhos financeiros e aumentar o fluxo de caixa das usinas, sendo uma alternativa as crises relacionadas

ao preço do etanol e do açúcar no mercado internacional, de início, o setor enfrentou um obstáculo quanto aos novos projetos de ampliação de cogeração para excedente de energia elétrica. Isso se deu em decorrência da legislação criada que regulamentou descontos nas transmissões e tarifas de distribuição da energia gerada, limitada a um teto de apenas 30MW.

Com a promulgação da Lei 13.203 de 2015, o limite foi aumentado para 300 MW a partir de 1º de janeiro de 2016 para projetos que resultaram da compra de energia por meio de leilão ou que seria autorizada sua cogeração. Contudo, para os projetos antigos de cogeração que não atendiam esses requisitos, as exportações da energia ficaram limitadas ao teto de 50MW pela Lei nº 13.299, de 2016, conforme a Resolução da ANEEL de 22 de novembro de 2016 (SANTOS; RAMOS, 2020).

Desse modo, com a nova legislação foi possível a retomada dos investimentos em projetos de cogeração, uma vez que a maioria das usinas possuía potencial de exportação superior a 30MW (SANTOS; RAMOS, 2020). Contudo, o que pode ser observado nesse histórico, é que a legislação foi um entrave inicial ao restringir os investimentos nos projetos de cogeração e, atualmente, ainda sendo entrave ao não trazer uma legislação regulamentadora e específica para cogeração de energia por meio da biomassa.

Outro aspecto a ser citado e mencionado pelos gestores é valoração do bagaço. Quando utilizado seu residual para produção de bioeletricidade, ele possui uma valorização ambiental significativa, devido a sua reutilização e não descarte, como mencionado pelo G5 *“é tão valioso dentro da empresa que nós temos no nosso Balanço Térmico, Balanço de massa e energia, cálculos para que nós venhamos reduzir o nosso consumo de bagaço por causa deste detalhe de geração de energia”* (G5). Contudo, mesmo que não haja sua utilização total para essa destinação, o excedente de bagaço é vendido para outras usinas e confinamentos (G5), por exemplo, agregando uma valoração econômica a essa matéria-prima.

Um exemplo prático do mencionado acima está no fato de que quando a bioeletricidade é vendida no mercado por um valor compensatório, as usinas compram o bagaço ou cavaco de madeira com o intuito de produzir mais energia e vendê-lo no mercado (GARCIA; VILPOUX; CEREDA, 2021). Ou seja, em momentos oportunos para usinas com porte menor, em que a planta industrial não necessita de toda a energia produzida para o seu funcionamento, uma alternativa é vender o bagaço para usinas maiores.

Ainda, quanto ao valor da bioeletricidade, de acordo com o G3 afirma que “a comercialização da energia é feita por meio de contratos, sendo que alguns estão firmados no valor de R\$250,00 a R\$255,00” (G3). Ademais, alguns contratos utilizam como valor base a PLD (Preço de Liquidação das Diferenças), como foi citado pelo G5.

Sobre a PLD cabe mencionar que é determinada semanalmente, limitado pelos preços máximos e mínimos do nível de carga utilizado, sendo uma forma de valorar a energia que não é contratada entre os agentes da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (CCEE, 2020). Nesse sentido, a PLD reflete o valor marginal da energia elétrica no sistema. Ainda, cabe destacar que no período de chuvas, quando ocorre um equilíbrio da oferta e demanda de energia no país, o preço da energia elétrica é menor, com isso, o valor da PLD também fica menor (GARCIA; VILPOUX; CEREDA, 2021).

Outro aspecto citado quanto ao valor da bioeletricidade infere-se na variação dos preços. De acordo com o G5 “(...) nós chegamos, em 2015, a R\$800, no final do ano ou no meio do ano passado (2021) até meados de outubro, se me recordo, estava R\$200 o mega, ou seja, 1 mega gerado. Então, (...), aí hoje, você olha no mercado a R\$56 em média, 1 MB”, ou seja, há uma instabilidade de preços. Desse modo, ressalta-se que o valor da matéria-prima, bagaço, está valendo mais do que a bioeletricidade (G5).

Tal fato pode ser comprovado no histórico de variações da PLD. Com a crise de fornecimento de energia elétrica brasileira, ocorrida por questões climáticas e por falta de planejamento e investimentos por parte do Governo Federal, houve um aumento da PLD no período de dezembro de 2013 a abril de 2014. Nesse período o valor passou de R\$290,72 para R\$822,83 o valor do megawatt-hora, devido ao maior acionamento das usinas termelétricas. Em 2015, houve uma queda do valor da PLD, chegando a custar o valor de R\$388,48 o megawatt-hora, sendo esse o novo teto estabelecido pela CCEE. Destaca-se que em outubro de 2015, o valor caiu para R\$212,32 (GARCIA; VILPOUX; CEREDA, 2021).

Desse modo, chega-se a problemática desse mercado que, de modo geral, pode ser centralizada na precificação, conforme citações dos gestores. Contudo, esse não é o único ponto. De acordo com a citação do G3, o setor sucroenergético tem passado por uma crise agrícola, ou seja, o “abastecimento de matéria-prima (cana-de-açúcar). Os últimos anos foram caracterizados pela falta de chuva e o ano

de 2021 foi castigado por pelo menos 3 geadas seguidas (...)” (G3), sendo um grande desafio recuperar canaviais e voltar com a capacidade plena de operação. Nesse mesmo sentido, o G5 mencionou a falta de matéria-prima, como uma das principais causas dos fechamentos das usinas, atualmente, como citado por ele: “(...) o que mais tem feito várias empresas se fecharem, (...), não estou generalizando, porque é algo tipo complexo, (...), mas na maioria das vezes, quando você chegar ao final dela vai ver que não teve cana para sustentar o negócio” (G5).

Sob esse aspecto, o G3 justifica o motivo pelo qual há um déficit entre a capacidade total da usina e a capacidade utilizada, como citado anteriormente. Ainda, quando questionado ao G3 quanto à intenção de expandir sua capacidade de geração, alegou não haver a intenção de aumentar essa capacidade “devido ao valor que é comercializado a energia, sendo melhor dar mais espaço a produção mais lucrativa que, no momento, é o etanol” (G3).

Desse modo, é possível notar que a variação do preço consiste em um fator negativo e entrave da produção de bioeletricidade, voltada a comercialização, justamente devido ao “alto grau de risco e alto investimento para produção”, como citado pelo G4.

Ainda, o contexto histórico do setor sucroenergético, aumenta ainda mais esse risco de investimento do ponto de vista do empreendedor. Esse contexto está atrelado principalmente à situação financeira em decorrência da última crise financeira internacional. Como consequência, há um alto endividamento do setor e o fechamento de usinas em todo o país, embora haja um enorme potencial para a bioeletricidade (WATANABE et al., 2020).

Em contrapartida, às problemáticas levantadas, os gestores mencionaram algumas possíveis soluções. Primeiramente, é cabível destacar que devido aos fatores enfatizados acima pelo G4, uma proposta seria o uso de incentivo fiscal para que houvesse o aquecimento do setor, o que, conseqüentemente, geraria novos empregos (G4). Ainda, outra proposta encontra-se apoiada no preço. De acordo com o G5, “se tivesse que melhorar alguma coisa é que tivesse como melhorar o teto ou estabelecer um valor mínimo de energia para manter o setor (...)”, sendo sugerido, por ele, o valor mínimo de R\$300 (trezentos reais).

Segundo estudos feitos por Paulo dos Santos e Ricardo Ramos (2020) com base em técnicas de análise econômica (Payback, VPL, IRR e ROIC), simulando alterações na configuração do uso de rolos, considerou ser viável a energia ser

vendida no valor mínimo de R\$180,00 por MWh. Ainda, de forma a complementar, sugeriram ser feito a análise de viabilidade técnica e econômica com maior aproveitamento de palha, com o intuito de reduzir os custos no projeto e apresentar melhores valores econômicos, tendo assim, indicadores de viabilidade (SANTOS; RAMOS, 2020).

Por fim, além das propostas acima, o G3 mencionou como algo relevante, o potencial de crescimento do setor, com destaque a Região Centro-Oeste devido as grandes áreas produtivas e o clima favorável. Contudo, mencionou ser necessário *“investimentos em pesquisas relacionadas à matéria-prima, inovações industriais e diversificações de produtos”* (G3).

De modo geral, o que pode ser notado é que a diferença existente entre o potencial e a produção de bioeletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil, poder explicada pelos altos investimentos em ativos físicos específicos, que pode ultrapassar 25% do valor total da usina, sendo esse um valor alto de investimento para muitas empresas (GARCIA; VILPOUX; CEREDA, 2021). Nesse sentido, atrelado a instabilidade de preços e ausências de políticas públicas voltadas especificamente ao incentivo do setor sucroenergético e os altos investimentos, aumentam a insegurança das usinas em aumentar sua produção. Desse modo, ao sofrer com essas lacunas, o setor sucroenergético abre uma brecha para que pesquisas possam ser desenvolvidas, a fim de promover ideias e sugestões que possam trazer segurança a esse horizonte de instabilidades.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral do presente trabalho teve como enfoque analisar as percepções dos gestores das usinas sucroenergéticas quanto à utilização da biomassa residual advinda da cana-de-açúcar no aproveitamento energético, como forma de ampliar sua utilização na matriz elétrica. De forma específica, foi analisada a forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas de Mato Grosso do Sul e seus impactos, e os aspectos ambientais e econômicos do aproveitamento energético da biomassa na geração de bioeletricidade.

Constatou-se, de modo preliminar, que o setor sucroenergético consiste em um ambiente muito fechado e possui dificuldades em se abrir para novos projetos, voltados à tecnologia e inovação. Respectivo fato pode ser evidenciado a partir da

dificuldade na coleta de dados, uma vez que poucas usinas adeririam à pesquisa, sendo essa uma das principais limitações encontradas na pesquisa.

Ademais, apesar do país possuir um considerável potencial de produção de bioeletricidade, bem como alguns dos seus estados, ao fazer uma análise em termos de inovação de processos no setor sucroenergético, o que fica em evidência é que, na prática, o Brasil ainda precisa se preparar para enfrentar os desafios tecnológicos e, principalmente, de mercado no setor de biocombustíveis a nível mundial (SALLES et al, 2017). Nesse sentido, encontra-se a relevância da pesquisa para academia que consiste em entender as dificuldades desse setor para incentivar pesquisas relacionadas à matéria-prima e inovações industriais.

Ainda, de modo a responder à pergunta de pesquisa, de acordo com a percepção dos gestores, nota-se que o principal entrave para a ampliação do uso da bioeletricidade está nos aspectos de mercado, sendo o principal deles a oscilação dos preços do valor do megawatt a ser comercializado. Sob esse aspecto, sugere-se como forma de solucionar essa problemática a criação de uma política pública, voltada especificamente a estabelecer critérios de precificação, como teto mínimo para a comercialização da bioeletricidade, de modo a trazer uma estabilidade de preços e incentivar a sua produção.

Cabe mencionar, ainda, que mesmo tendo políticas públicas que influenciam na produção da bioeletricidade, como visto pelas percepções dos gestores, essas não são suficientes para suprir as lacunas do mercado de bioeletricidade. O que se nota nessas políticas, de modo mais recente na RenovaBio, por exemplo, e, nas várias leis e programas é que não consideram as percepções dos principais agentes envolvidos a fim de criar políticas públicas que solucionem as lacunas existentes a partir da percepção dos agentes atuantes e envolvidos. Portanto, é necessária a criação de uma política pública que atenda de forma específica a realidade do setor a fim fomentar o seguimento de produção de bioeletricidade.

Por fim, ainda existem outras lacunas a serem preenchidas na literatura, como pesquisas voltadas a indicadores que possam valorar o preço da matéria-prima, sendo essa outra limitação entrada. Nesse sentido, o estudo aponta como sugestão, estudos futuros voltados para a valoração ambiental da biomassa residual de forma a trazer parâmetros para a base de cálculo do valor do megawatt da bioeletricidade, ou seja, demonstrar o valor ideal da bioeletricidade a fim de ter uma base para implementar uma política pública com valor mínimo ideal.

REFERÊNCIAS

ALIOTTE, F. F. Indicador de preço para valoração da biomassa a partir da geração de vapor no estado de São Paulo. 44p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Emonomia de São Paulo - Fundação Getulio Vargas. São Paulo. 2020.

ALMEIDA, V. P. D. **Mercado de combustíveis: A cana-de-açúcar como bionergia renovável (análise comparativa)**. 53p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) - Departamento de Ciências Econômicas e Exatas - Instituto Três Rios, UFRRJ. Três Rios. 2014.

AMADO, F. **Direito ambiental**. 3. ed. São Paulo: Ed. Método, 2012.

ANEEL. **Resolução nº 235, de 14 de novembro de 2006. Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogedoras de energia e dá outras providências**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006.

ANEEL. Sistema de Informações de Geração da ANEEL SIGA. **Power BI**. Disponível em:

<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: jun. 2021.

ARRUDA, D. Setor sucroenergético de MS reage e tem 19 usinas operando.

Correio do Estado, 2019. Disponível em:

<<https://correiodoestado.com.br/economia/setor-sucroenergetico-de-ms-reage-e-tem-19-usinas-operando/349262>>. Acesso em: 06 out. 2021.

ATLAS.ti 8 Windows Guia Rápido. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<http://downloads.atlasti.com/docs/quicktour/QuickTour_a8_win_pt.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2023.

BANDEIRA-DE-MELLO, R. Softwares em Pesquisa Qualitativa. In: GODOI, C. K. G.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. D. **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, v. 1, 2006. p. 429-460.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BATLLE, E. A. O. et al. Brazilian integrated oilpalm-sugarcane biorefinery: An energetic, exergetic, economic, and environmental (4E) assessment. **Energy Conversion and Management**, v. 268, set. 2022.

BINOD, P. et al. Bioethanol production from rice straw: An overview. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 13, p. 4767-4774, 2010.

BIOSUL. Mapa da Bioenergia. **BioSulIMS**, 2022. Disponível em: <<https://biosulms.com.br/setor/mapa-da-bioenergia-de-ms/>>. Acesso em: 07 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial, 2001.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a exp. da oferta de energ. elét. emerg., recomposição tarifária extraordinária, cria o Proinfa, a CDE, dispõe sobre a univ. do serviço público da energ. elét., dá nova redação, e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial, 2002.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial, 2017.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D.; SOUZA, A. P. As Rotas para o Etanol Celulósico no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 365-380.

CAPAZ, R. S. et al. The carbon footprint of alternative jet fuels produced in Brazil: exploring different approaches. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 166, mar. 2021.

CARVALHO, D. J. **Geração de bioeletricidade em usina sucroalcooleira utilizando bagaço, palha de cana e sorgo de biomassa.** 154 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2015.

CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. A. **Importância e perspectivas da bioeletricidade sucoenergética na matriz elétrica brasileira.** Seminário "O setor sucoenergético e o Congresso Nacional: construindo uma agenda positiva". Brasília: Anais. 2009.

CCEE. Contratos: Regras de Comercialização. **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica**, 2020. Disponível em: <www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_644664>. Acesso em: 15 out. 2022.

CERPCH. Biomassa. **Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas**, 2014. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/biomassa.php>>. Acesso em: 15 out. 2022.

CHERUBIN, M. R. et al. Land Use and Management Effects on Sustainable Sugarcane-Derived Bioenergy. **Land**, v. 10, 2021.

COGEN. Biomassa pode gerar 1,8 mil GWh em energia adicional já em 2021.

UDOP, 2021. Disponível em:

<<https://www.udop.com.br/noticia/2021/06/18/biomassa-pode-gerar-1-8-mil-gwh-em-energia-adicional-ja-em-2021.html>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

CONAB. Série Histórica das Safras. **Companhia Nacional de Abastecimento**,

2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: nov. 2022.

CONAB. Mapeamento. **Portal de Informações do Agropecuárias**. Disponível em:

<<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/mapeamentos-agricolas-downloads.html>>. Acesso em: 05 out. 2022.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre abordagens. Tradução: Sandra Mallmann. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

DA SILVA, P. R. N.; GONÇALVES, R. G.; FREITAS, C. C. J. Preparação, caracterização e avaliação na Gaseificação de celuligninas de bagaço de cana e casca de arroz: caso de reaproveitamento de resíduos lignocelulósicos. **Revista Virtual de Química**, v. XX, n. XX, 2016.

DBIO. RenovaBio. **MME**. Disponível em:

<<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

DE CASTRO, N.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. **O Potencial da Bioeletricidade, a Dinâmica do Setor Sucreenergético e o Custo Estimado dos Investimentos**. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico - UFRJ, 2010.

DE SOUZA, E. L. L.; MACEDO, I. D. C. **Etanol e bioeletricidade**: cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Editora Luc, 2010.

DIAS DE SOUZA, N. R. et al. Towards Comparable Carbon Credits: Harmonization of LCA Models of Cellulosic Biofuels. **Sustainability**, v. 13, set. 2021.

DIAS, L. C. P. et al. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global change biology**, v. 22, n. 8, p. 2887-2903, 2011.

EPE. O papel da Biomassa na Expansão da Geração e Energia Elétrica. **Empresa de Pesquisa Energética**, 2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Biomassa%20e%20Expans%C3%A3o%20de%20Energia.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

EPE. Matriz energética e elétrica. **Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 01 jul. 2022.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco; FERREIRA, Renata Marques. **Direito Ambiental Tributário**. 4 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018

GALINKIN, M. et al. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009.

GARCIA, M. D. S.; VILPOUX, O. F.; CEREDA, M. P. Arranjos institucionais na comercialização de energia elétrica de biomassa de cana-de-açúcar na região centro-oeste do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, mar. 2021.

GOMES, C. F. S.; MAIA, A. C. C. Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. **Produção**, v. 23, n. 3, p. 488-499, set. 2013.

GRANGEIA, C.; SANTO, L.; LAZARO, L. L. B. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects. **Energy Conversion and Management: X**, v. 13, p. 100-156, jan. 2022.

KUMAR, I. et al. Adoption of biomass for electricity generation in Thailand: Implications for energy security, employment, environment, and land use change. **Renewable Energy**, v. 195, p. 1454-1467, ago. 2022.

LORA, E. E. S.; TEIXEIRA, F. N. Energia e Meio Ambiente. In: MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. **Conservação de Energia**: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá: UNIFEI, v. 1, 2001. p. 30-93.

MARTINS, G. D. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MEGHANA, M.; SHASTRI, Y. Sustainable valorization of sugar industry waste: Status, opportunities, and challenges. **Bioresource Technology**, Mumbai, v. 303, mai. 2020.

MILANEZ, A. Y.; SOUZA, J. A. P. D.; MANCUSO, R. V. Panoramas setoriais 2030: sucroenergético. In: BNDES **Panoramas setoriais 2030**: desafios e oportunidades para o Brasil. Rio de Janeiro: BNDES, 2017. p. 107-121.

NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acessado em 22 de abr de 2021

NONHEBEL, S. Energy from agricultural residues and consequences for land requirements for food production. **Agricultural Systems**, Holanda, v. 94, p. 586-592, 2007.

NOVA CANA. Usinas de açúcar e etanol no estado: Mato Grosso do Sul. **NOVA CANA**, 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/usinas_brasil/estados/mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 25 set. 2022.

OLIVEIRA, C. Aproveitamento Energético Biomassa Agrícola e Agroindustrial. **Linkedin**, 2022. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/aproveitamento-energ%C3%A9tico-biomassa-agr%C3%ADcola-e-celso-oliveira/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 11 out. 2022.

PAGEL, U.; CAMPOS, A.; CAROLINO, J. Análise dos desdobramentos da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) no cenário brasileiro. In: SILVA, H. C. **Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**. [S.l.]: Atena, 2020. p. 120-128.

PALACIOS-BERECHE, M. C. et al. Brazilian sugar cane industry – A survey on future improvements in the process energy management. **Energy**, v. 259, nov. 2022.

PEREIRA, J. A. A.; MAIA, G. A. R.; RODRIGUES, P. R. P. **Tecnologias, produtos e processos na produção de etanol combustível**: Uso de ferramentas de prospecção tecnológica para análises de tecnologias na produção de etanol combustível. Guarapuava: Novas Edições Acadêmicas, 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REZENDE, B. X. **Estudo de Viabilidade da Utilização de Biomassa para Geração de Energia Elétrica**. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas - Universidade Federal de Ouro Preto. João Monlevade. 2017.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) - Faculdade de Engenharia - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2010.

SALLES-FILHO, S. L. M. et al. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: the innovation driver. **Energy Policy**, v. 108, p. 70-77, set. 2017.

SANTOS, F. A. et al. Otimização do pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar visando à produção de etanol celulósico. **Química Nova**, v. 37, p. 56-62, 2014.

SANTOS, P. S. B.; RAMOS, R. A. V. Increased energy cogeneration in the sugar-energy sector with the use of sugarcane straw, electrification of drives, and high-drainage rollers in the extraction. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 2, p. 249-257, abr. 2020.

SEMADESC. Com produção de açúcar, etanol e energia limpa, setor emprega 30 mil trabalhadores em MS. **SEMADESC**, 2021. Disponível em: <<https://www.semagro.ms.gov.br/com-producao-de-acucar-etanol-e-energia-limpa-setor-emprega-30-mil-trabalhadores-em-ms/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SILVA, A. A. J. Novo marco dos biocombustíveis: breve comentário sobre a Lei nº 13.576/17 - Consolidação de novos parâmetros de desenvolvimento sustentável. **Migalhas**, 2019. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/313372/novo-marco-dos-biocombustiveis--breve-comentario-sobre-a-lei-13-576-17---consolidacao-de-novos-parametros-de-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

SOUZA, R. Bioenergia. **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/bioenergia.htm>>. Acesso em: 06 out. 2022.

SOUZA, R. F. R. **Produção de etanol a partir de hidrolisado enzimático do bagaço da cana-de-açúcar por leveduras isoladas do bioma amazônico**. 65 p. Dissertação (mestrado) - Centro de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2014.

SUAREZ, C. A. G. **Otimização da produção de etanol 2G a partir de hexoses e pentoses**. 165p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2014.

SUAREZ, P. A. Z. et al. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v. 32, p. 768-775, mai. 2009.

TRINITY ENERGIA. Custo de produção da energia eólica é o mais baixo entre as fontes renováveis. **Trinity Energia**, 2020. Disponível em: <<https://www.trinityenergia.com.br/2020/09/21/custo-final-da-energia-eolica-e-o-mais-baixo-entre-as-fontes-renovaveis/>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

TROMBETA, N. C. **Potencial e disponibilidade de biomassa de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: Uma aplicação de modelos de localização ótima para fins energéticos**. 149 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2015.

UNICA. Cartilha da Bioeletricidade. **CETESB**, 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/Cartilha-da-Bioeletricidade.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

UNICA. A bioeletricidade da cana. **UNICA**, 2019. Disponível em: <<https://unica.com.br/wp-content/uploads/2019/07/UNICA-Bioeletricidade-julho2019-1.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2022.

UNICA. COP25: UNICA defende importância dos ODS. **UNICA**, 2019. Disponível em: <<https://unica.com.br/noticias/cop-25-unica-defende-importancia-dos-ods>>. Acesso em: 01 out. 2022.

VASCONCELOS, P. E. A. **esponsabilidade Jurídico-Ambiental das usinas sucroenergéticas e a recuperação das áreas degradadas**. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados. 2017.

VASCONCELOS, P. S.; CARPIO, L. G. T. Estimating the economic costs of electricity deficit using input–output analysis: the case of Brazil. **Applied Economics**, v. 47, n. 9, p. 916-927, 2015.

WATANABE, M. D. B. et al. Process simulation of renewable electricity from sugarcane straw: Techno-economic assessment of retrofit scenarios in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, mai. 2020.

APÊNDICE A: ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA OS GESTORES

Perfil socioeconômico do Gestor:

1. Nome:
2. Sexo:
3. Faixa Etária:
4. Faixa de Renda:
5. Nível de escolaridade:
6. Unidade(s) de atuação:

Bloco 1: Biomassa Residual

1. Quanto é descartado de biomassa?
2. Como é feito o descarte da biomassa residual?
3. Há a utilização de alguma medida sustentável ao realizar o descarte da biomassa? Se sim, qual?

Bloco 2: Sustentabilidade Energética

1. Como é produzida a bioeletricidade?
2. Qual a matéria-prima para a sua produção?
3. Quais as vantagens da utilização da bioeletricidade tidas pela usina?
4. Onde o uso da bioeletricidade é empregado? Esse emprego ocorre dentro ou fora da usina?

Bloco 3: Potencial de produção de bioeletricidade do MS

1. Quanto de bioeletricidade é produzida na usina?
2. A capacidade de produção pode ser aumentada? Se sim, em quanto?
3. De todos os produtos gerados pela usina, qual porcentagem corresponde à produção de bioeletricidade?
4. Quais os principais entraves que você avalia como gestor para essa atividade?
5. As políticas públicas para o setor suportam de forma eficiente e motivam esse reaproveitamento?
6. Quais sugestões você faria como gestor para potencializar esse mercado?

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS (UFGD)
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
Programa de Pós-Graduação em Agronegócios

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título da Dissertação: VIABILIDADE ECONÔMICA-AMBIENTAL NO USO DA BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA A PRODUÇÃO DE BIOENERGIA EM MS

Pesquisador Responsável: Ariel Fernandes Pretel

Orientadora: Dra. Luciana Ferreira da Silva

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Telefones para contato: (67) 999719360

Email: adpretel@gmail.com

Nome: _____

Setor: _____ Cargo: _____

Idade: _____ anos R.G. _____

O Sr. (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa do trabalho de Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios em nível de Mestrado “Viabilidade econômica-ambiental no uso da biomassa da cana-de-açúcar para a produção de bioenergia em MS”, de responsabilidade da pesquisadora Ariel Fernandes Pretel.

1. O objetivo principal desta pesquisa é, de forma geral, compreender a forma de descarte da biomassa das usinas sucroenergéticas de Mato Grosso do Sul e seus impactos. Nessa perspectiva, busca-se verificar a sustentabilidade do aproveitamento energético da biomassa na geração de bioeletricidade, bem como avaliar o potencial do estado na produção de bioeletricidade.

2. A intenção é realizar entrevistas ou aplicação de questionários com pessoas envolvidas no processo de produção da bioeletricidade nas usinas sucroenergéticas, localizadas na região sudoeste de Mato Grosso do Sul.

3. A pesquisa não tem o intuito de expor o voluntário a qualquer tipo de desconforto e riscos pessoais ou profissionais.

4. A participação nesta pesquisa é de caráter inteiramente voluntário.

5. O pesquisador garante a confidencialidade das informações geradas e a privacidade do sujeito da pesquisa.

Consentimento:

De acordo com as explicações fornecidas pela pesquisadora Ariel Fernandes Pretel, estou ciente de que ela poderá utilizar os dados obtidos na realização da entrevista/questionário semiestruturado, mantendo sigilo naqueles aspectos que considerar de boa ética.

Dourados-MS, ____ de _____ de 2022.

Pesquisado

Pesquisadora

Obs.: O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido original permanecerá em poder do pesquisador.
Período de realização da pesquisa: Junho a Julho de 2022.