



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
DEPARTAMENTO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Maria de Jesus Cavalcante dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Diego Lima Medeiros

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO COM ÊNFASE NA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E
ECOLOGIA INDUSTRIAL: UM ESTUDO DE CASO EM BIOECONOMIA**

Balsas/MA

2025

Maria de Jesus Cavalcante dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Diego Lima Medeiros

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO COM ÊNFASE NA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E
ECOLOGIA INDUSTRIAL: UM ESTUDO DE CASO EM BIOECONOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Maranhão, Campus de Balsas, como um dos requisitos para a aprovação no componente Curricular, Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Diego Lima Medeiros.

Balsas/MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Cavalcante dos Santos, Maria de Jesus.

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO COM ÊNFASE NA PREVENÇÃO DA
POLUIÇÃO E ECOLOGIA INDUSTRIAL: UM ESTUDO DE CASO EM
BIOECONOMIA / Maria de Jesus Cavalcante dos Santos. -
2025.

48 p.

Orientador(a): Diego Lima Medeiros.

Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do
Maranhão, Balsas, 2025.

1. Bioeconomia. 2. Biotecnologia. 3. Biomassa
Residual Agrícola. I. Lima Medeiros, Diego. II. Título.

MARIA DE JESUS CAVALCANTE DOS SANTOS

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO COM ÊNFASE NA PREVENÇÃO DA
POLUIÇÃO E ECOLOGIA INDUSTRIAL: UM ESTUDO DE CASO EM
BIOECONOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Bacharelado em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal
do Maranhão, Campus Balsas, como
requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Aprovado em 29 de janeiro de 2025.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **DIEGO LIMA MEDEIROS**
Data: 17/02/2025 18:10:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Diego Lima Medeiros (orientador): _____

Doutor em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (UFBA),
Brasil, 2019.

Documento assinado digitalmente
 **GISLANE PINHO DE OLIVEIRA**
Data: 18/02/2025 10:59:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Gislane Pinho de Oliveira: _____

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do
Norte (UFRN), Brasil, 2024.

Documento assinado digitalmente
 **REGINA MARIA MENDES OLIVEIRA**
Data: 19/02/2025 14:16:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Regina Maria Mendes Oliveira: _____

Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil,
2012.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me dar suporte emocional e espiritual para passar por todas as dificuldades enfrentadas, a minha família que me deu apoio em todos os momentos durante a realização do curso e da minha pesquisa de iniciação científica, principalmente a meu pai, Joaquim Felipe dos Santos, e minha mãe, Maria do Carmo Cavalcante dos Santos, por cada palavra de motivação durante essa jornada. Dedico também a meus filhos Janielly, Jailany, Dérick e Geovanna, pois foram meu maior incentivo para continuar firme nos meus propósitos mesmo em momentos difíceis.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família que foi meu apoio em todos os momentos de dificuldades, a todos os professores que contribuíram com minha jornada acadêmica, em especial ao meu professor e orientador Diego Lima Medeiros pela paciência e dedicação em me orientar da melhor forma possível e a UFMA juntamente com o apoio da bolsa CNPq/PIBIC que me possibilitou realizar a pesquisa de iniciação científica que foi base para esse estudo.

RESUMO

O Brasil tem se destacado globalmente no agronegócio. No entanto, os processos utilizados neste ramo têm impactado o meio ambiente e reforçam a importância do desenvolvimento sustentável. A bioeconomia é essencial por meio do uso responsável da biomassa e das biotecnologias. Este estudo avalia o potencial da biomassa agrícola na região Sul Maranhense com ênfase no município de Balsas/MA. Foi analisado o potencial de aproveitamento das biomassas residuais de soja, milho e cana-de-açúcar, as quais são oriundas dos principais cultivos da região, e considerada a necessidade de conservar parte da biomassa no solo para a proteção do mesmo e manutenção da fertilidade. Com isso, considerou-se a recomendação que 70% da palha de soja, 60% dos resíduos de milho e 50% do palhiço da cana permaneçam no solo em base mássica. A utilização da biomassa residual de Balsas/MA na produção de eletricidade é capaz de abastecer a demanda da população do município. A análise de custos de coleta e transporte revela que o preço final da biomassa residual é competitivo e pode alcançar um aumento na receita, sendo em média 280 milhões de reais para o Maranhão, 202 milhões de reais para a região Sul Maranhense e 69 milhões de reais para o município de Balsas/MA, com o uso das biomassas somadas do milho, soja e cana de açúcar. O aproveitamento da biomassa agrícola na região Sul Maranhense, especialmente em Balsas/MA, representa uma oportunidade valiosa para o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. Além disso, integrar essa biomassa na matriz energética pode fornecer uma fonte de energia renovável, melhorar a rentabilidade dos cultivos e fortalecer a economia regional. Sendo assim, estudos adicionais são necessários para otimizar o processamento e a utilização dessa biomassa residual.

Palavras-chave: bioeconomia; biotecnologia; biomassa residual agrícola.

ABSTRACT

Brazil has stood out globally in agribusiness. However, the processes used in this sector have impacted the environment and reinforce the importance of sustainable development. The bioeconomy is essential through the responsible use of biomass and biotechnologies. This study evaluates the potential of agricultural biomass in the southern region of Maranhão, with emphasis on the municipality of Balsas/MA. The potential for using residual biomass from soybeans, corn, and sugarcane, which come from the main crops in the region, was analyzed, and the need to preserve part of the biomass in the soil to protect it and maintain fertility was considered. Therefore, the recommendation was that 70% of soybean straw, 60% of corn residues, and 50% of sugarcane straw remain in the soil on a mass basis. The use of residual biomass from Balsas/MA in the production of electricity is capable of supplying the demand of the population of the municipality. The analysis of collection and transportation costs reveals that the final price of residual biomass is competitive and can increase revenue, averaging R\$280 million for Maranhão, R\$202 million for the southern region of Maranhão, and R\$69 million for the municipality of Balsas/MA, with the use of biomass from corn, soybeans, and sugarcane combined. The use of agricultural biomass in the southern region of Maranhão, especially in Balsas/MA, represents a valuable opportunity for economic development and environmental sustainability. In addition, integrating this biomass into the energy matrix can provide a renewable energy source, improve crop profitability, and strengthen the regional economy. Therefore, additional studies are needed to optimize the processing and use of this residual biomass.

Keywords: bioeconomy; biotechnology; agricultural residual biomass.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

SIGA	Sistema de Informações de Geração da Aneel
UTE	Usina Termelétrica
UHE	Usina Hidrelétrica
EOL	Central Geradora Eólica
UFV	Central Geradora Fotovoltaico
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PCI	Poder Calorífico Inferior
Bbs	Biomassa Em Base Seca
BRG	Biomassa Residual Gerada
BRD	Biomassa Residual Disponível
CEB	Conteúdo Energético Da Biomassa Residual
CPC	Consumo <i>Per Capita</i>
CEE	Consumo De Energia Elétrica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
ICMS	Tributos Sobre Bens E Serviços
IR	Tributos Sobre A Renda
FGTS	Fundo De Garantia Por Tempo De Serviço
IPI	Imposto Sobre Produtos Industrializados
PIS	Programa De Integração Social Do Trabalhador
Cofins	Contribuição Para Financiamento Da Seguridade Social
SEFAZ	Secretaria da Fazenda do Estado
PIB	Produto Interno Bruto
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
t	Tonelada
MJ	Megajoule
kWh	Quilowatt-hora
t/t	Tonelada por tonelada
MJ/t	Megajoule por tonelada

R\$/t	Reais por tonelada
t/ano	Tonelada por ano
MJ/ano	Megajoule por ano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Ecologia industrial e Economia circular.....	14
3.2 Bioeconomia.....	14
3.3 Biomassa agrícola.....	15
3.4 Coeficientes técnicos das biomassas residuais em estudo.....	16
4 METODOLOGIA.....	18
4.1 Culturas agrícolas em estudo.....	18
4.2 Biomassa residual, Conteúdo energético e Preço das culturas agrícolas em estudo.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1 Culturas agrícolas em estudo.....	22
5.2 Biomassa residual, Conteúdo energético e Preço das culturas agrícolas em estudo.....	23
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	34
APÊNDICE A – ARTIGO APRESENTADO NO I CONGRESSO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA (CONTEC)	
APÊNDICE B – CERTIFICADO DE AUTORES DO ARTIGO APRESENTADO NO I CONGRESSO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA (CONTEC)	

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado globalmente no setor de agronegócio, impulsionado por avanços tecnológicos que transformaram os processos naturais e geram impactos ambientais. Dentro desse contexto, a bioeconomia emerge como uma ciência crucial, integrando crescimento econômico com sustentabilidade ambiental por meio do uso responsável da biomassa e das biotecnologias disponíveis (Mejias *et al.*, 2019). A bioeconomia também foca em promover um crescimento econômico que minimize impactos ambientais, enquanto a biotecnologia oferece as ferramentas e técnicas para alcançar esses objetivos (Juma; Konde, 2001).

O estado do Maranhão é composto por 217 municípios distribuídos em cinco mesorregiões, entre elas tem-se a região Sul Maranhense, que compreende 19 municípios. Nesta região está localizado o município de Balsas/MA com 13.141 km², o qual foi escolhido para o levantamento de dados sobre os cultivos agrícolas predominantes a geração de biomassa residual na colheita.

A região Sul Maranhense se destaca por sua expressiva produção agrícola, envolvendo diversas culturas agrícolas. Estes cultivos não apenas têm grande relevância econômica, mas também possuem um significativo potencial de geração de biomassa. A biomassa gerada pelos resíduos agrícolas oferece oportunidades para ganhos energéticos e financeiros, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental da região.

Esta pesquisa analisou o potencial de oferta de biomassa residual das culturas de milho, soja e cana-de-açúcar no Maranhão, região Sul Maranhense e Balsas/MA e o seu potencial energético e econômico para agregar valor ao setor agrícola. O potencial de oferta de energia de biomassa residual na forma de eletricidade foi comparado ao consumo elétrico da população de Balsas/MA, de forma que, em termos de geração de energia elétrica de acordo com o Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA, 2024), a matriz energética maranhense tem em operação, 27 Usina Termelétrica (UTE), 1 Usina Hidrelétrica (UHE), 16 Central Geradora Eólica (EOL) e 8 Central Geradora Fotovoltaico (UFV).

Dessa forma, a análise permite verificar a viabilidade da biomassa como uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica, já que ao utilizar resíduos agrícolas para geração de energia pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis e minimizar o impacto ambiental associado ao descarte de resíduos. O estudo incluiu uma análise dos custos associados à coleta e transporte da biomassa, bem como a estimativa de receita e lucro. Isso apoia a determinação da viabilidade econômica do investimento na utilização da biomassa, fornecendo informações valiosas para decisões gerenciais e operacionais dos produtores. Sendo assim, o foco da análise é promover a otimização técnica, econômica e ambiental da utilização da biomassa residual agrícola na produção de energia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial de aproveitamento mássico, conteúdo energético e ganho econômico da biomassa agrícola na região Sul Maranhense.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os temas “ecologia industrial” e “economia circular”, “bioeconomia” e “biomassa agrícola”;
- Identificar os cultivos agrícolas com maior produção na região Sul Maranhense;
- Estimar o potencial de aproveitamento mássico, conteúdo energético e ganho econômico das biomassas residuais desses cultivos no Maranhão, na região Sul Maranhense e em Balsas/MA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ecologia industrial e Economia circular

A Ecologia Industrial “[...] sugere a sistemática reutilização de materiais e de resíduos como uma relevante contribuição para reduzir a necessidade de extração de matérias-primas, mitigando os impactos ambientais” (Costa, 2010; Graedel, 2006 *apud* Trevisan, 2016). A aplicação da ecologia industrial consiste em “[...]vantagem competitiva, permitindo que eventuais resíduos se tornem subprodutos comercializáveis, dada a necessidade de aumento de eficiência na utilização de energia e de materiais e na eliminação de perdas[...]”, (Erkman, 1997 *apud* Trevisan, 2016). Uma das características fundamentais da ecologia industrial consiste na “[...] integração dos vários componentes de um sistema para reduzir: a) a entrada de recursos; b) a geração de poluentes; c) as saídas de resíduos, tendo especial aplicação no nível interorganizacional.” (Despeisse et al., 2012 *apud* Trevisan, 2016). Com isso, a Ecologia Industrial representa um avanço integrativo das cadeias de suprimentos, baseada na otimização de recursos (Hopwood et al., 2005; Marconatto et al., 2013 *apud* Trevisan, 2016).

Já quando se trata da Economia Circular, busca-se um aproveitamento e reaproveitamento sistemático de produtos industrializados, bens duráveis e não duráveis, desde a etapa de concepção de projeto até o seu pós-uso, (Abdalla, 2018). Tem-se como “[...] proposta na Economia Circular o crescimento econômico de longo prazo, sem comprometer a regeneração dos ecossistemas” (Abdalla, 2018). Portanto propõe-se “[...] processos saudáveis e circulares, onde resíduos são reintroduzidos como nutrientes, desde o início da concepção de produtos ou de sistemas” (Gejer; Tennenbau, 2017 *apud* Abdalla, 2018). A reintrodução com a utilização de biomassa é realizada através do aproveitamento térmico e elétrico obtido com esse material e com a fertilidade do solo proporcionada pelo ato de manter parte do material no solo.

3.2 Bioeconomia

A bioeconomia consiste na “[...] ciência que busca o desenvolvimento econômico de forma sustentável, ou a forma mais sustentável/compatível possível com o crescimento econômico.” (Mejias *et al.*, 2019). Dessa forma, é necessário o

estudo de novas formas tecnologicamente viáveis para alcançar um crescimento que provoque menos danos ao meio ambiente. O termo bioeconomia tem sido “[...] entendido por um vínculo mais estreito com os conhecimentos associados à biotecnologia, e com as suas diversas técnicas” (Juma: Konde, 2001). Biotecnologia refere-se a “[...] um conjunto amplo de tecnologias habilitadoras e potencializadoras envolvendo a utilização, alteração controlada e a otimização de organismos vivos ou suas partes funcionantes, células e moléculas” (Assad, 2002). Segundo (Mejias *et al.*, 2019), alguns pesquisadores se referem à biotecnologia como um instrumento da bioeconomia. Sendo assim, este estudo da bioeconomia avalia o potencial de utilização da biomassa agrícola dos principais cultivos na região Sul Maranhense.

3.3 Biomassa agrícola

Durante a produção agrícola ocorrem as gerações dos subprodutos do cultivo, entre eles, a biomassa residual. Como citado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), os “resíduos agrícolas compreendem o material resultante das colheitas das culturas e produções agrícolas”. Esse material costuma ser utilizado pelos agricultores no próprio plantio com o objetivo de manter a fertilidade e a proteção do solo. O resíduo da agricultura protege o solo entre os períodos de colheita e novo plantio (EPE, 2014) e sua retirada do terreno de cultivo para utilização em outros fins deve ser realizada de maneira consciente para evitar futuros danos ou prejuízos.

Para o Ministério do Meio Ambiente *apud Favaro et al.* (2013), a biomassa consiste em “todo recurso renovável que provém de matéria orgânica de origem vegetal ou animal”. A massa da biomassa residual agrícola é consideravelmente elevada quando se analisa o produto colhido, representando tipicamente o dobro do produto colhido (Nogueira; Lora, 2002). Dessa maneira, o resíduo da agricultura consiste em uma grande possibilidade de ganho econômico e ambiental. Por exemplo, as “[...] fontes de biomassa residual que possuem potencial para serem utilizadas como fonte de energia são bastante variadas [...]” (EPE, 2014). A biomassa residual da agricultura pode ser classificada em resíduos primários, secundários ou terciários (EPE, 2014). Os resíduos primários são aqueles gerados durante a colheita agrícola e florestal, tais como as palhas e resíduos de madeira.

Os resíduos secundários consistem naqueles agroindustriais que são gerados durante o processamento da biomassa, a exemplo da produção de alimentos. Os resíduos terciários são encontrados após as mercadorias acabadas, depois da biomassa ter sido utilizada.

Para a análise do potencial energético da biomassa, (Nogueira; Lora, 2002) mencionam que “[...] a biomassa como recurso energético pode ser dividida em três grupos principais: Biomassa energética florestal, Biomassa energética agrícola e Rejeitos urbanos”. A biomassa energética agrícola pode ser caracterizada como “[...] as biomassas provenientes das plantações não florestais, tipicamente originados de colheitas anuais, cujas culturas são selecionadas segundo as propriedades de teores de amido, celulose, carboidratos e lipídios, contidos na matéria” (EPE, 2014).

A biomassa energética agrícola pode ser dividida em duas categorias, sendo as “Culturas agroenergéticas: utilizando principalmente rotas tecnológicas de transformações biológicas e físico-químicas” (EPE, 2014) e os “Subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal: uma expressiva quantidade de subprodutos” (EPE, 2014). Dessa forma, é necessário avaliar a oferta de biomassa residual agrícola de uma região para identificar o seu potencial energético e econômico.

O Maranhão é composto por 217 municípios, no qual de acordo com a Divisão Territorial Brasileira de 2022, foram agrupados pelo IBGE em cinco Mesorregiões: Norte Maranhense, Oeste Maranhense, Leste Maranhense, Centro Maranhense e Sul Maranhense. De forma que a região Sul Maranhense está composta por 19 municípios. Este trabalho buscou realizar um levantamento de dados sobre os principais cultivos no Sul Maranhense.

3.4 Coeficientes técnicos das biomassas residuais em estudo

A obtenção dos coeficientes técnicos se deu através de análise bibliográficas de variadas fontes, para a soja utilizou-se as informações da EPE (2014), onde: 2,5 t-Biomassa/t-Soja com umidade de 15%, equivalente a 2,12 t-Biomassa/t-Soja em base seca. Em termos do poder calorífico inferior (PCI) da palha de soja, o trabalho de Koopmans E Koppejan (1997) apresenta o valor de 14,6 MJ/kg de biomassa à

base seca (Bbs) (EPE, 2014). Realizando a conversão de quilograma (kg) para tonelada (t), obtemos 14600 MJ/tBbs.

Para o milho, “Koopmans E Koppejan (1997) indicam uma produção de 2,2 t-Biomassa/t-Milho com umidade em torno dos 11%, equivalente a 1,96 t-Bbs/t-Milho (EPE, 2014). Em termos do PCI dos resíduos na forma de sabugo, colmo, folha e palha do milho, apresentam o valor de 17,7 MJ/kg Bbs (Koopmans; Koppejan, 1997 *apud* EPE, 2014), o qual foi convertido para 17700 MJ/tBbs.

Para a cana de açúcar, utilizou-se as informações dadas por Lima Júnior (2014), onde:

“Para a estimativa do potencial energético proveniente do bagaço da cana-de-açúcar, foi considerado que 1 tonelada de cana com 50% de umidade gera em torno de 0,28 toneladas de bagaço e o poder calorífico deste bagaço, com 50% de umidade, é de 2130 kcal.kg⁻¹ (Cortez et al., 2008)” (Lima Júnior, 2014).

A massa do bagaço da cana-de-açúcar sem a umidade foi estimada em 0,14 toneladas de bagaço por tonelada de cana de açúcar. Realizando a conversão de kcal/Kg para MJ/t, obtemos 4455,96 MJ/t para o poder calorífico deste bagaço sem a umidade. “A produtividade média de cana-de-açúcar no Brasil é de 85 toneladas por hectare, sendo que para cada tonelada de cana processada são gerados cerca de 140 kg de palha e 140 kg de bagaço em base seca[...]” (Santos, 2012).

De acordo com Santos (2012), “[...] em termos energéticos a palha representa 1/3 da energia potencial da cana-de-açúcar que, atualmente, é subaproveitada”. Em relação a composição mássica e energética da cana de açúcar em base seca, nota-se que o caldo, o bagaço e a palha também representam proporções equivalentes, no qual, “[...] a composição mássica e conteúdo energético, respectivamente, são 0,14 t/t e 2500 MJ/t para a palha, 0,135 t/t e 2400 MJ/t para o bagaço, e 0,150 t/t e 2500 MJ/t para o caldo” (Cortez et al., 2013 *apud* Santos, 2013).

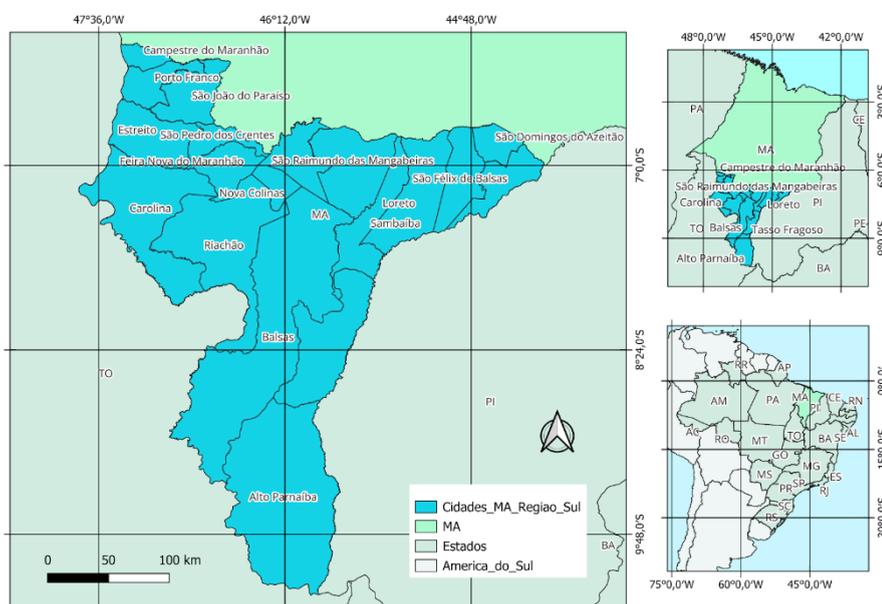
Sabemos que parte da biomassa agrícola costuma ser mantida no campo, já que sua permanência tem um importante papel no processo agrícola, garantindo a “[...] proteção dos solos entre os períodos de colheita e novo plantio, retendo a umidade do solo, protegendo a biota, evitando a erosão e restaurando os nutrientes

que foram extraídos pela planta” (EPE, 2014). Dessa forma, a conservação de parte dessa biomassa no campo proporciona vários benefícios que não podem ser ignorados, sendo necessário identificar a quantidade de biomassa residual para ser mantida no campo. De acordo com EPE (2014), no caso da soja, é recomendado que cerca de 70% da massa da palha permaneça no campo. Já no caso do milho a recomendação é que 60% destes resíduos fiquem no solo. Para a biomassa da cana de açúcar, apresentam que “[...] 50% do palhiço devem permanecer no campo, pois devido a o abafamento, ele controla a maioria das ervas daninhas, levando a uma economia significativa de herbicidas” (Perea et al., 2012), assim como evita o impacto de gotas de chuva sobre o terreno, controlando a erosão do solo.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi iniciada com o levantamento de dados sobre os principais cultivos da região Sul Maranhense (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização da região Sul Maranhense.



Fonte: Autoria própria utilizando o aplicativo Qgiz.

4.1 Culturas agrícolas em estudo

Verificou-se os maiores cultivos na região Sul Maranhense, realizando uma classificação da massa dos cultivos no município de Balsas/MA em comparação às outras cidades da região Sul Maranhense.

A coleta de dados dos cultivos teve como quesito inicial a posição de ranking no Censo Agro de 2017, com data de referência adotada para a pesquisa sendo o dia 30 de setembro de 2017, para a cidade de Balsas/Ma em relação ao Maranhão. De início, houve o levantamento de dados sobre os cultivos em Balsas/MA com melhores posições no ranking. Em seguida foi realizada a comparação entre as outras cidades, sendo analisado também a posição de ranking do Maranhão em relação ao Brasil e por fim, houve a seleção dos tipos de cultivos com maior relevância para pesquisa no território Sul Maranhense com o intuito de analisar o potencial de aproveitamento da biomassa agrícola dessa região.

4.2 Biomassa residual, Conteúdo energético e Preço das culturas agrícolas em estudo

Para a análise do potencial de aproveitamento da biomassa residual agrícola no sul do Maranhão, foram selecionados três tipos de cultivos de acordo com a maior produtividade nesta região: milho, soja e cana de açúcar. Em seguida, executou-se a busca de informações sobre os coeficientes técnicos e econômicos por produto agrícola para estimar o potencial de aproveitamento da biomassa agrícola da região.

Dessa maneira, para obter a biomassa residual gerada (BRG) por produto agrícola, calcula-se com a utilização da Equação 1.

$$BRG = \text{Quantidade de produto} * \text{Resíduo unitário por produto} \quad (\text{Equação 1})$$

Como parte da biomassa agrícola costuma ser mantida no campo, já que sua permanência tem um importante papel no processo agrícola, foi retirado da análise o percentual mássico recomendado para permanecer no campo. Sendo assim, para obter biomassa residual disponível (BRD) por produto agrícola para colheita, transporte e processamento usa-se a Equação 2.

$$BRD = BRG * (100\% - \% \text{ que fica no solo}) \quad (\text{Equação 2})$$

Além disso, com a BRD por produto agrícola, foi estimado o conteúdo energético da biomassa residual (CEB), através da Equação 3.

$$CEB = BRD * \text{Conteúdo energético unitário da biomassa residual} \quad (\text{Equação 3})$$

Para realizar uma comparação do consumo de energia residencial em relação ao potencial energético da biomassa residual disponível, buscou-se os dados de consumo energético por pessoa no Maranhão, com o intuito de realizar um dimensionamento do consumo em Balsas/MA e identificar o potencial de oferta de eletricidade renovável da agricultura maranhense. Sendo assim, foram coletados os valores do consumo *per capita* (CPC) do Maranhão de acordo com o Painel de Monitoramento do Consumo de Eletricidade no Brasil da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Utilizando os dados do ano de 2017, ano base dos dados de produção disponíveis pelo IBGE através do censo agro, obtivemos o valor médio do CPC no Maranhão, no qual era de 37,2 kWh/(hab.mês).

Dessa maneira, a análise foi realizada para o município de Balsas/MA com os dados da população do município no ano base 2017, que de acordo com o site ATLASBRASIL (2024) “[...] era de 94.779 pessoas[...]”. No qual, foi possível calcular o consumo de energia elétrica (CEE) com a utilização da Equação 4, e analisar a capacidade de geração através das biomassas residuais agrícolas.

$$CEE = \text{valor médio do CPC} * \text{população} \quad (\text{Equação 4})$$

Para a conversão do conteúdo energético da biomassa residual disponível de megajoule para quilowatt-hora, utilizou-se a divisão do conteúdo energético por 3,6 MJ/kWh. Sabendo que no processo de geração de energia a partir da biomassa, nem toda a energia vira eletricidade, sendo assim, considerou que a conversão de energia térmica em elétrica seja 30% do seu potencial, obtemos um potencial realista de geração de energia elétrica com a biomassa disponível nos cultivos.

A análise de preço da biomassa residual gerada por produto agrícola foi baseada no Manual de Levantamento de Custos de Produção 30.302-01 da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), no qual, esse manual proporciona um levantamento dos custos da produção agropecuária para a tomada de decisões administrativas, econômicas, financeiras e operacionais. Sendo assim, os dados obtidos no manual serão utilizados como base para dimensionar o custo de retirada e transporte da biomassa para o local de destino, sabendo que, quanto mais próximo é o local de armazenamento, processamento e utilização dessa biomassa, menor será o custo com transporte.

Dessa maneira, o dimensionamento será feito com base nos índices de colheita e transporte de produtos agrícolas, já que a biomassa agrícola precisa ser coletada na lavoura para seguir com o transporte em direção ao local de armazenamento e utilização. No manual 30.302-01 da CONAB (2021), o coeficiente de econômico da colheita representa o custo da coleta da biomassa agrícola na lavoura e o coeficiente econômico do transporte externo representa a transferência da biomassa ao local de armazenamento ou comercialização no limite de até 80 (oitenta) quilômetros da unidade de produção (CONAB, 2021).

Esses dados estão disponíveis na CONAB (2021) em custo por saca (R\$/60kg), sendo para colheita R\$1,66 por saca e para transporte externo R\$2,16 por saca. Convertendo para toneladas, obtemos o custo de R\$27,67 de colheita e R\$36,00 de transporte, gerando assim um custo total dessa biomassa até o local de armazenamento e uso de R\$63,67. Sabemos que para análise de preço de uma mercadoria, tem-se além dos custos operacionais, os custos tributários e o lucro sobre o produto. No qual, entre os tributos brasileiros de maior incidência, tem-se aqueles sobre bens e serviços (ICMS), renda (IR), previdência social, fundo de garantia por tempo de serviço (FGTS), imposto sobre produtos industrializados (IPI), programa de integração social do trabalhador (PIS) e contribuição para financiamento da seguridade social (Cofins), no qual com a reforma tributária vinda “[...] pelo esgotamento do velho modelo tributário, a proposta de substituição dos tributos das três esferas federativas por um IVA alinhado às melhores práticas internacionais, batizado de Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) [...]” (Orair; Gobetti, 2019). No qual, o “[...]principal objetivo de um IVA moderno é arrecadatário, dada a sua maior capacidade de levantar – com menos distorções – as receitas de que os governos necessitam para alcançar suas metas distributivas e de gasto.”(Orair; Gobetti, 2019). De forma que “[...] os ganhos de arrecadação seriam levados em consideração para fins de calibragem das alíquotas do IBS, que ficariam abaixo de 27% no final do período de transição.”(Orair; Gobetti, 2019).

Lazzarotto et al., (2004) mencionam que “[...] o produto agropecuário é taxado tanto na produção quanto na comercialização”, de forma que os tributos para esse ramo são constituídos majoritariamente dos custos combinados do ICMS, PIS e Cofins. Dessa maneira, foram analisados os percentuais atualizados para ICMS, PIS

e Cofins no estado do Maranhão de forma a demonstrar uma contribuição aproximada a ser incidida no aproveitamento dessa biomassa. No site da SEFAZ (2024) cita-se que “Com a aprovação da Lei 12.120/2023, foi alterada para 22% a alíquota média do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) em substituição à alíquota de 20%”. Dessa maneira, considerando que a soma do percentual dos tributos ICMS, PIS e Cofins no estado do Maranhão seja em média 30% no produto final, é possível obter o preço de venda dessa biomassa disponível. Considerando que o custo logístico seja 60% do preço final da biomassa a ser entregue, o qual é combinado ao lucro de 10% e gastos com tributos de 30% em média, estima-se o preço de venda da biomassa colhida e transportada:

$$\text{Receita unitária(preço)} = \text{Custo } 60\% + \text{Lucro } 10\% + \text{Tributos } 30\% \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo assim, ao realizar a multiplicação deste preço unitário com a BRD do Maranhão, da região Sul Maranhense e de Balsas/MA, é estimada a influência deste subproduto da agricultura na economia das áreas em estudo da seguinte maneira:

$$\text{Receita total da biomassa (RTB)} = \text{BRD} * \text{Receita unitária da biomas.} \quad (\text{Equação 6})$$

A partir da quantidade de produtos que foram obtidas na Tabela 1 e os coeficientes técnicos e econômicos foram obtidos na Tabela 2. Possibilitou o cálculo da receita unitária que foi obtida utilizando a Equação 5 para estimar a receita total do aproveitamento da biomassa (*RTB*) de uma forma eficiente na Equação 6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Culturas agrícolas em estudo

Ao realizar a análise dos maiores cultivos na região Sul Maranhense, com o intuito de buscar formas de aproveitamento da biomassa disponível no agronegócio, foram encontrados no Censo Agro de 2017 dados atualizados que tornou viável demonstrar os principais cultivos na região Sul Maranhense (Tabela 1), com foco no município de Balsas/MA, região com grande produção agrícola.

Tabela 1 - Produção do Maranhão em relação ao Brasil, produção da região Sul Maranhense em relação ao Maranhão e de Balsas/MA em relação a região Sul Maranhense para as principais culturas agrícolas.

Produto	Ranking do Maranhão no Brasil	Quantidade produzida no Maranhão (t)	Quantidade produzida no Sul Maranhense(t)	Quantidade produzida em Balsas/MA (t)	Ranking de Balsas/MA no Maranhão
Milho – Grão	10 ^a	1.416.342	1.085.512	471.336	1 ^a
Soja – Grão	Após a 10 ^a posição	1.939.221	1.426.112	452.273	1 ^a
Cana de açúcar	Após a 10 ^a posição	2.129.116	1.091.798	486	Após a 10 ^a posição
Feijão Fradinho	6 ^a	16.842	9.270	5.536	1 ^a
Arroz	5 ^a	135.538	17.751	2.272	9 ^a
Sorgo – Grão	8 ^a	31.646	30.507	1.350	5 ^a
Melancia	Após a 10 ^a posição	28.281	4.801	1.118	4 ^a
Feijão – Grão verde	7 ^a	3.574	186	111	6 ^a
Limão	Após a 10 ^a posição	297	71	71	1 ^a
Manga	Após a 10 ^a posição	86	9	9	2 ^a

Maiores cultivos na região Sul Maranhense em comparação às diferentes áreas em estudo. Valores do ranking após a 10^a posição sem informação.

Fonte: Autoria própria com dados do Censo Agro de 2017 (IBGE).

Dessa forma, foram selecionados os cultivos de milho, soja e cana de açúcar, como sendo os com maior produtividade na região Sul Maranhense em relação às outras regiões do Maranhão. No qual, a contribuição da região Sul Maranhense em relação ao Maranhão para os cultivos de milho foi de 76,64 %, para os cultivos de soja 73,54 % e para os cultivo de cana de açúcar 51,28 %.

Esses cultivos são de grande importância para a economia das regiões citadas, apresentando potencial na geração da biomassa em relação aos produtos cultivados, que pode proporcionar um ganho energético e financeiro para os produtores que optarem por realizar o seu aproveitamento.

5.2 Biomassa residual, Conteúdo energético e Preço das culturas agrícolas em estudo

A busca pelos coeficientes técnicos e econômicos por produto agrícola, teve o intuito de estimar o potencial de aproveitamento da biomassa agrícola da região. A

obtenção desses coeficientes foi em análises bibliográficas de variadas fontes, na qual, para cada cultivo obteve-se os dados demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes técnicos e econômicos por produto agrícola.

Produto	Biomassa residual gerada por produto agrícola (t/t)	Fonte	Conteúdo energético unitário da biomassa residual (MJ/t)	Fonte	Preço unitário da biomassa residual (R\$/t)	Fonte
Milho – Grão	1,96	EPE (2014)	17700	EPE (2014)	63	CONAB (2021)
Soja – Grão	2,12	EPE (2014)	14600	EPE (2014)	63	CONAB (2021)
Cana de açúcar	-	-	-	-	63	CONAB (2021)
	0,14	Lima Júnior (2014)	4455	Lima Júnior (2014)		
<i>-Bagaço</i>	0,14	Santos (2012)				
	0,13	Santos (2013)		Santos (2013)		
		apud Cortez et al., (2013)	2400	apud Cortez et al., (2013)		
	0,14	Santos (2012)				
<i>-Palha</i>		Santos (2013)		Santos (2013)		
	0,14	apud Cortez et al., (2013)	2500	apud Cortez et al., (2013)		

O preço unitário da biomassa residual foi calculado utilizando os custos com a colheita e transporte do produto agrícola CONAB (2021).

Fonte: Autoria própria com dados de autores citados na tabela.

Estes coeficientes foram utilizados nas estimativas do potencial da Biomassa residual gerada por produto agrícola, Conteúdo energético da biomassa residual e o Preço dessa biomassa residual para cada área em estudo. Foram realizados os cálculos da média das bibliografias encontradas do bagaço e da palha de cana de açúcar, em seguida, foi realizada a soma das médias obtidas da palha com o bagaço, sendo este valor produzido de biomassa da cana de açúcar utilizado nos cálculos de dimensionamento, dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Atualização dos dados apresentados na Tabela 2.

Produto	Biomassa residual gerada por produto agrícola (tonelada por tonelada)	Conteúdo energético unitário da biomassa residual (megajoules por tonelada)	Preço unitário da biomassa residual (reais por tonelada)
Milho – Grão	1,96	17700	63,67
Soja – Grão	2,12	14600	63,67
Cana de açúcar	0,2783	5927,98	63,67

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

As quantidades de biomassa residual dos produtos agrícolas foram estimadas para o Maranhão, a região Sul Maranhense e para Balsas/MA (Tabela 4).

Tabela 4 - Biomassa residual gerada por produto agrícola das referências citadas na Tabela 3 para o Maranhão, Sul Maranhense e Balsas/MA em 2017.

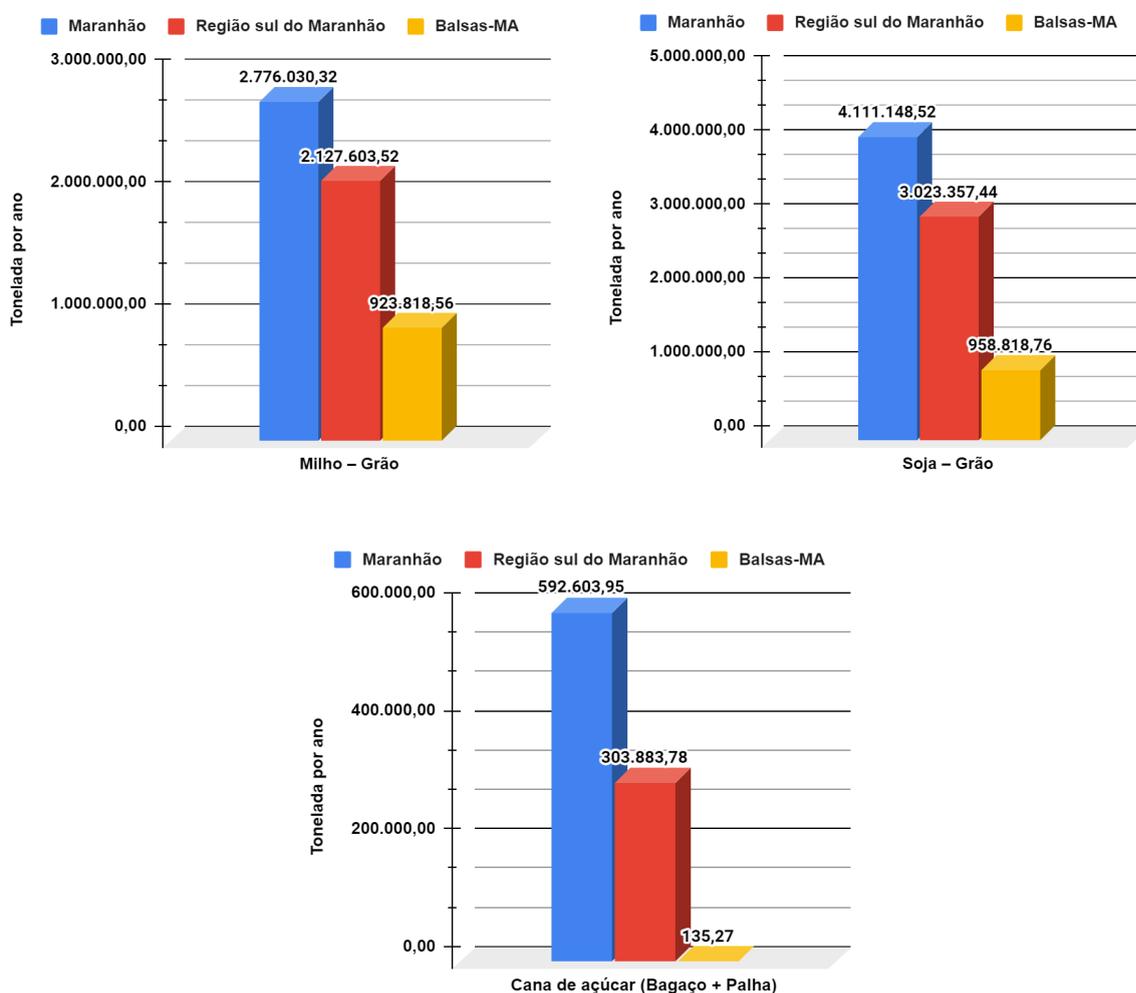
(i) Produto	Maranhão (t/ano)	Região Sul Maranhense (t/ano)	Balsas/MA (t/ano)
Milho – Grão	2.776.030,32	2.127.603,52	923.818,56
Soja – Grão	4.111.148,52	3.023.357,44	958.818,76
Cana de açúcar (Bagaço + Palha)	592.603,95	303.883,78	135,27
Total	7.479.782,79	5.454.844,74	1.882.772,59

(i) Foram considerados os maiores cultivos na região Sul Maranhense em comparação às diferentes áreas em estudo.

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Sabendo que a obtenção dos coeficientes técnicos e econômicos ocorreu através da análise bibliográfica de mais de uma fonte, realizou-se então o cálculo de média das bibliografias encontradas do bagaço e da palha de cana de açúcar. Dessa maneira, o valor produzido de biomassa da cana de açúcar equivale a soma da palha com o bagaço, sendo este utilizado nos cálculos de dimensionamento. Com os dados da quantidade de biomassa para os principais cultivos, foram construídos gráficos para apoiar a comparação da quantidade de biomassa gerada por produto de cada área em estudo.

Gráfico 1 - Biomassa residual gerada do milho, soja e cana de açúcar em 2017.



É possível observar no Gráfico 1 que o maior percentual de produção de biomassa pelo cultivo de milho está na região Sul Maranhense em relação ao Maranhão, sendo de 76,64%. Quando se observa o município de Balsas/MA em relação aos outros municípios da região Sul Maranhense, constata-se pelo gráfico 1 que Balsas/MA tem grande representação nesta produção de biomassa em relação aos outros municípios. Sendo assim de grande valia na análise do seu potencial energético e econômico.

No caso da soja, como demonstrado no Gráfico 1, tem-se um grande quantitativo de produção de biomassa agrícola no Maranhão em relação aos outros cultivos, de forma que grande parte dessa geração de biomassa se concentra no Sul Maranhense, com 73,54%, sendo de grande relevância na análise do seu potencial de aproveitamento energético e financeiro. Já no caso do cultivo da cana de açúcar,

Gráfico 1, obtém-se 51,27% de produção da biomassa agrícola na região Sul Maranhense em comparação ao Maranhão, sendo de grande relevância para a pesquisa em relação ao seu potencial de aproveitamento dessa biomassa.

Como citado anteriormente neste trabalho, uma parte da biomassa gerada foi desconsiderada nesta análise, já que parte dela tem grande papel na proteção do solo e conservação de suas características para o próximo plantio. Na Tabela 5, apresenta-se a biomassa residual por produto agrícola disponível para o aproveitamento e os percentuais mássicos que devem ser mantidos em campo para a proteção do solo.

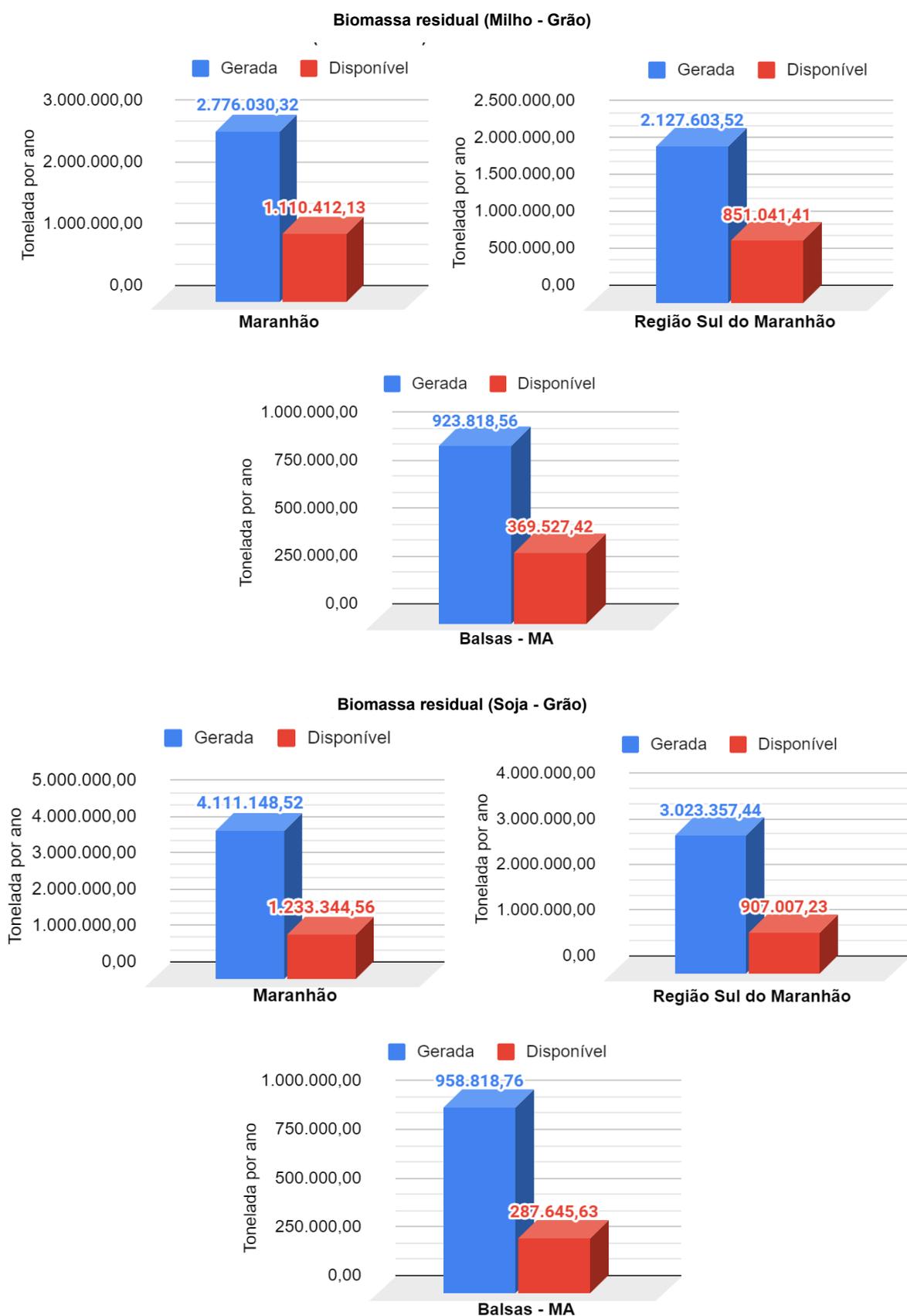
Tabela 5 - Biomassa residual disponível para o aproveitamento por produto agrícola em 2017.

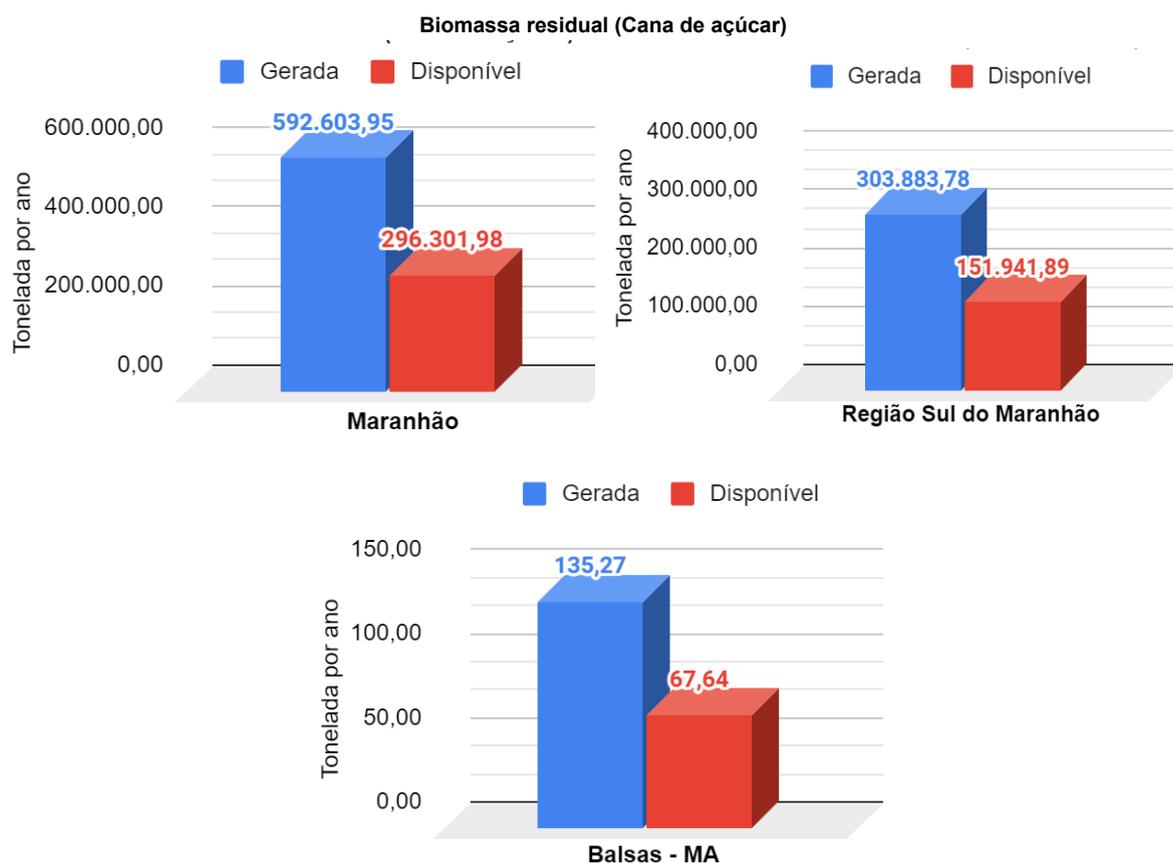
Produto	Maranhão (t/ano)	Região sul do Maranhão (t/ano)	Balsas/MA (t/ano)	Quantidade que fica no solo (t/t)
Milho – Grão	1.110.412,13	851.041,41	369.527,42	60%
Soja – Grão	1.233.344,56	907.007,23	287.645,63	70%
Cana de açúcar	296.301,98	151.941,89	67,64	50%
Total	2.640.058,66	1.909.990,53	657.240,69	-

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Relacionando então os valores da biomassa residual disponível com a produção de cada cultivo, obtemos que para tonelada de grãos de milho é possível retirar 78,40% de biomassa disponível, para o grão de soja é 63,60% e para a cana de açúcar é 13,92%. Sendo assim, os gráficos a seguir demonstram a relação entre as biomassas gerada e disponível, apoiando uma comparação do potencial de biomassa que pode ser aproveitado de cada cultivo.

Gráfico 2 - Relação da biomassa residual gerada e biomassa residual disponível para aproveitamento de cada cultivo em estudo para o ano de 2017.





Os conteúdos energéticos da biomassa residual gerada por produto agrícola são apresentados na Tabela 6. Para cana de açúcar, realizou-se a análise com os coeficientes obtidos para cada tipo de biomassa já que os valores encontrados nas bibliografias não foram tão próximos, calculou-se também um valor médio da soma.

Tabela 6 - Conteúdo energético da biomassa residual disponível por produto agrícola em 2017.

Produto	Maranhão (MJ/ano)	Região Sul Maranhense (MJ/ano)	Balsas/MA (MJ/ano)
Milho – Grão	19.654.294.666	15.063.432.922	6.540.635.405
Soja – Grão	18.006.830.518	13.242.305.587	4.199.626.169
Cana de açúcar (Bagaço + Palha)	1.756.472.192	900.708.475	400.939
Total	39.417.597.375	29.206.446.984	10.740.662.513

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Dessa maneira, o conteúdo energético da biomassa residual disponível (Tabela 6) foi convertido de MJ para kWh através da divisão do conteúdo energético por 3,6 MJ/kWh. No processo de geração de energia a partir da biomassa, nem toda a energia vira eletricidade ao final do processo. Dessa forma, ao considerar que a

conversão de energia térmica em elétrica seja 30% do seu potencial, obtemos um potencial realista de geração de energia elétrica com a biomassa disponível nos cultivos, demonstrando a possibilidade de utilização desse tipo de material no próprio município. A Tabela 7 apresenta o potencial de produção de eletricidade a partir das biomassas agrícolas estudadas em 2017.

Tabela 7 - Potencial de oferta de energia elétrica proveniente das biomassas agrícolas estudadas para o ano de 2017.

Produto	Maranhão (kWh/ano)	Região Sul Maranhense (kWh/ano)	Balsas/MA (kWh/ano)
Milho – Grão	1.637.857.889	1.255.286.077	545.052.950
Soja – Grão	1.500.569.210	1.103.525.466	349.968.847
Cana de açúcar (Bagaço + Palha)	146.372.683	75.059.040	33.412
Total	3.284.799.781	2.433.870.582	895.055.209

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Com o valor estimado da população do município de Balsas/MA em 2017 multiplicado pelo CPC no Maranhão foi possível demonstrar que o município teve um consumo médio de energia de $3.525.778 \text{ kWh/mês}$ em 2017, o qual representa um consumo médio anual de $42.309.345 \text{ kWh/ano}$. Dessa maneira, foi observado na Tabela 7 que o valor da energia elétrica potencial proveniente das biomassas agrícolas são capazes de suprir o consumo médio anual de eletricidade residencial do município de Balsas/MA, tendo um excedente de $852.745.864 \text{ kWh/ano}$ para os outros setores que consomem energia elétrica no município. Sendo assim, apresenta-se com grande potencial em se utilizar a biomassa agrícola da região para geração de energia elétrica.

Sabendo que R\$63,67 é o valor do custo de cada tonelada, que faz parte de 60% do preço final por tonelada, estimou-se o preço final da tonelada em R\$106,12. Com essas informações podemos calcular também o valor de tributo e de lucro, a partir da Equação 4, sendo respectivamente R\$31,84 e R\$10,61 para cada tonelada coletada e transportada. Dessa maneira, estima-se o potencial de venda da biomassa agrícola residual de cada cultivo para as áreas em estudo, como demonstrado na Tabela 8 com a utilização da Equação 5.

Tabela 8 - Preço da biomassa residual disponível por produto agrícola.

Produto	Maranhão (R\$/ano)	Região Sul Maranhense (R\$/ano)	Balsas/MA (R\$/ano)
Milho – Grão	117.836.935	90.312.514	39.214.250
Soja – Grão	130.882.524	96.251.607	30.524.954
Cana de açúcar	31.443.565	16.124.073	7.177
Total dos cultivos	280.163.025	202.688.194	69.746.381

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Para estudo do Produto Interno Bruto (PIB) em Balsas/MA foi analisado o valor do PIB per capita do ano de 2017 o qual foi obtido no Portal Cidades do IBGE (2024), de R\$32.137,37. Sendo assim, foi possível calcular o PIB do município usando o valor da população do município no mesmo ano, sendo de R\$3.045.947.791. Utilizando a mesma fonte, com o intuito de realizar comparação, obteve-se o valor do PIB per capita do ano de 2021, valor mais recente disponível, sendo de R\$65.059,77. No site Data MPE Brasil (2024) tem-se o valor da população estimada para 2021, sendo de 96.951 pessoas, com isso foi possível dimensionar o PIB de 2021 sendo de R\$6.307.609.761.

Relacionando os valores obtidos de aproveitamento da biomassa com o PIB do ano de 2017, constatou-se que teria uma influência considerável dessa fonte de renda no PIB do município de Balsas/MA para esse período, com cerca de 2,29% no PIB do município. Sendo um ganho relevante, pois no Brasil “[...] o PIB encerrou o ano de 2017 com crescimento de 1,0% em relação a 2016” (IBGE, 2017). No qual, foi obtido também o valor do PIB per capita do ano de 2016, sendo de R\$ 25.529,28 para Balsas/MA (IBGE, 2024), sendo assim, estima-se que Balsas teve uma taxa de crescimento do PIB de 28,00% em 2017, considerando o PIB per capita de R\$ 32.137,37 no final de 2017 e R\$ 25.529,28 no início de 2017, assumindo a mesma população.

Dessa maneira, com as modernizações tecnológicas que proporcionam o aumento de produtividade no setor agrícola, tende-se haver um crescimento econômico considerável neste setor, quando explorado. Neste estudo, foi considerada a venda da biomassa colhida para uso direto em uma termelétrica ou indústria que demanda combustível sólido, pois de acordo com a Souza et al. (2002):

“A biomassa resultante da colheita e processamento de produtos agrícolas, tais como, milho, arroz, algodão, madeira, etc., pode ser aproveitada como um combustível sólido para conversão energética por meio da tecnologia de gaseificação, onde se produz um gás de baixo poder calorífico (4 a 6 MJ/m³). O gás resultante do processo de gaseificação é utilizado na geração de energia elétrica e calor em grupos geradores, turbinas a gás ou ciclos combinando turbina a gás e a vapor” (Souza et al., 2002).

No entanto, o processamento desta biomassa amplia as possibilidades de destinação desse material. Com isso, será necessário um estudo mais aprofundado dos dados e da viabilidade deste processamento, de forma a agregar um valor mais vantajoso a essa biomassa.

6 CONCLUSÃO

Após a análise dos principais cultivos na região Sul Maranhense, com foco inicial no município de Balsas/MA, identificou-se o potencial da biomassa agrícola residual disponível do milho, da soja e da cana-de-açúcar como as principais culturas. Na pesquisa, foi demonstrado que a produção da soma dos três cultivos alcançou 5.484.679 t produzidas no Maranhão, 3.603.422 t no Sul do Maranhão e 924.095 t em Balsas/MA. De forma que, esse volume tem a possibilidade de gerar para aproveitamento de 2.640.058 t de biomassa disponível no Maranhão, 1.909.990 t no Sul do Maranhão e 657.240 t em Balsas/MA devido a necessidade de deixar uma parte da biomassa no campo para a manutenção do solo.

Nesta análise, o estudo demonstrou a possibilidade do aproveitamento da biomassa disponível sem prejuízo na proteção do solo, de forma que a cada tonelada de milho produzida na lavoura é possível garantir 0,78 t de biomassa disponível, para a soja é possível garantir 0,64 t de biomassa disponível e para a cana de açúcar é possível garantir 0,14 t de biomassa disponível.

A análise demonstra que o conteúdo energético das biomassas disponíveis dos cultivos em estudo têm um alto potencial para geração de energia, apresentado 3.211.519.402 *kWh/ano* para o Maranhão, 2.396.292.840 *kWh/ano* na Região Sul Maranhense e 895.038.482 *kWh/ano* em Balsas/MA. Comparando com o consumo médio de energia para o município de Balsas/MA em 2017 de 42.309.345 *kWh/ano*, Demonstrou que a energia elétrica potencial proveniente das biomassas agrícolas

têm a capacidade para atender ao consumo elétrico residencial de Balsas/MA, no qual esse valor representa 4,72% do potencial de geração de energia a partir da biomassa agrícola das culturas em estudo, tendo um excedente de 852.745.864 *kWh/ano* para os outros setores que necessitam de abastecimento, como o comércio e as indústrias.

A análise dos custos de coleta e transporte da biomassa mostra que o preço final da biomassa residual estimou-se em R\$106,12 a tonelada, sendo um preço competitivo e podendo gerar receitas substanciais para os produtores. Os dados indicam que as biomassas agrícolas em estudo podem contribuir de forma significativa para a economia local, no qual tem-se uma influência considerável dessa fonte de renda no PIB do estado do Maranhão com cerca de 0,31%, elevando assim a receita dos produtores e impactando positivamente o PIB do estado do Maranhão.

O aproveitamento da biomassa agrícola no Sul Maranhense, especialmente em Balsas/MA, oferece uma oportunidade valiosa para o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. A integração dessa biomassa na matriz energética pode não apenas assegurar uma fonte de energia renovável, mas também melhorar a rentabilidade dos cultivos e fortalecer a bioeconomia regional. Estudos adicionais sobre o processamento e a utilização da biomassa residual em diferentes fins apoiam a identificação de oportunidades para promover um desenvolvimento mais sustentável e competitivo.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, F. A.; SAMPAIO, A. C. F. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Entorno geográfico**, n. 15, p. 82-102, 2018.

ASSAD, A. L. D. (Coord.). Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos Definição de Metas. Brasília, Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia do MCT, 2002. Disponível em: <<https://tinyurl.com/ychn2ssl>> Acesso em: 23 de Junho 2024.

ATLASBRASIL. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/2101400#:~:text=De%20acordo%20com%20as%20estimativas,maioria%2C%20por%20mulheres%20e%20negros%20.>>> Acesso em: 20 de Dezembro 2024.

CONAB. Manual de Levantamento de Custos de Produção 30.302-01. Sistema de Operações Subsistema de Gestão de Informações e Conhecimento. Brasília/DF, 2021.

Data MPE Brasil. Disponível em: <<https://datampe.sebrae.com.br/profile/geo/balsas>> Acesso em: 29 de Dezembro 2024.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Inventário Energético de Resíduos Rurais. 2014. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-308/DEA%2015%20-%202014%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-308/DEA%2015%20-%202014%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais[1].pdf)> Acesso em: 29 de novembro de 2023.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Painel de Monitoramento do Consumo de Eletricidade no Brasil. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 20 de Junho de 2024.

FAVARO, S. P.; MIRANDA, C. H. B. Aproveitamento de espécies nativas e seus coprodutos no contexto de biorrefinaria. 2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=21&tema=76434> Acesso em: 20 de novembro de 2023.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>> Acesso em: 20 de junho de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto - PIB. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>> Acesso em: 20 de julho de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal cidades, Produto Interno Bruto - PIB. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/pesquisa/38/0?ano=2017>> Acesso em: 20 de dezembro de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE Contas Nacionais Trimestrais Indicadores de Volume e Valores Correntes 2017. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2017/pib-vol-val_201704caderno.pdf> Acesso em: 28 de novembro de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mesorregião*: IBGE, Divisão Territorial Brasileira - DTB 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/23701-divisao-territorial-brasileira.html>> Acesso em: 25 de julho de 2024.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Disponível em: <<https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/pib-estadual/717>>. Acesso em: 13 Dezembro 2024.

JUMA, C.; KONDE, V. The New Bioeconomy - Industrial and Environmental Biotechnology in Developing Countries. Genebra, United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 15-16. Nov. 2001

LAZZAROTTO, Joelsio J.; ROESSING, Antonio C. Contribuição da agricultura para a arrecadação tributária. 2004.

LIMA JÚNIOR, Claudemiro; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barretto; LIMA, Regina Felix de Aguiar; MENEZES, Romulo Simoes Cezar. Potencial de Aproveitamento Energético de Fontes de Biomassa no Nordeste do Brasil (Potential Energy Use of Biomass Sources in Northeast Brazil). Revista Brasileira de Geografia Física, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 207–221, 2014. DOI: 10.26848/rbgf.v7.2.p207-221. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233046>>. Acesso em: 26 junho 2024.

MEJIAS, Rafael Gouveia et al. Bioeconomia e suas aplicações. **ÂNDÉ: Ciências e Humanidades**, v. 2, n. 3, p. 105-121, 2019.

NOGUEIRA, L. A. H., LORA, E. E., 2002, Wood Energy: Principles and Applications. Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica – IEM, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

ORAIR, Rodrigo Octávio; GOBETTI, Sérgio Wulff. **Reforma Tributária e Federalismo fiscal: uma análise das propostas de criação de um novo imposto sobre o valor adicionado para o Brasil**. Texto para Discussão, 2019.

**APÊNDICE A – ARTIGO APRESENTADO NO I CONGRESSO DE TECNOLOGIA,
ENGENHARIA E CIÊNCIA (CONTEC)**

I CONGRESSO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA DO MATOPIBA

BIOECONOMIA DA BIOMASSA RESIDUAL AGRÍCOLA EM BALSAS

Maria de Jesus Cavalcante dos Santos¹ & Diego Lima Medeiros²
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM)

Resumo

O agronegócio vem se destacando globalmente, e os processos utilizados têm impactado o meio ambiente. De forma que a bioeconomia é essencial por meio do uso responsável da biomassa e das biotecnologias. Este estudo avalia o potencial da biomassa agrícola no município de Balsas no Maranhão, analisando os cultivos de soja e milho. Sabendo então da necessidade de conservar parte da biomassa no solo para a proteção do mesmo, considerou-se a recomendação que 70% da palha de soja e 60% dos resíduos de milho permaneçam no solo em base mássica. O aproveitamento da biomassa agrícola na região de Balsas, representa uma oportunidade para o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. Ao integrar essa biomassa na matriz energética pode fornecer uma fonte de energia renovável, melhorar a rentabilidade dos cultivos e fortalecer a economia regional. Sendo assim, estudos adicionais são necessários para otimizar o processamento e a utilização dessa biomassa.

Palavras-chave: bioeconomia; biotecnologia; biomassa residual agrícola.

1. Introdução

O setor de agronegócio, no Brasil, tem se destacado globalmente e impulsionado por avanços tecnológicos que transformaram os processos naturais e geram impactos ambientais. Dentro desse contexto, a bioeconomia emerge como um modelo crucial de integração do crescimento econômico com sustentabilidade ambiental por meio do uso responsável da biomassa e biotecnologias (Mejias *et al.*, 2019). A bioeconomia também se foca em promover um crescimento econômico que

¹) Afiliação: Maria de Jesus Cavalcante dos Santos, (99) 9 9934-1516, maria.cavalcante@discente.ufma.br

²) Afiliação: Diego Lima Medeiros, (71) 99141-7365, diego.lm@ufma.br

minimize impactos ambientais, enquanto a biotecnologia oferece as ferramentas e técnicas para alcançar esses objetivos (Juma; Konde, 2001 *apud* Mejias *et al.*, 2019).

O objetivo deste estudo foi analisar o potencial da biomassa residual agrícola no município de Balsas localizado na região Sul Maranhense. Para tanto, foram identificados os cultivos agrícolas predominantes para quantificar a geração de biomassa residual na colheita. Desta forma, foi proposta uma otimização técnica e ambiental do cenário em estudo a partir da utilização da biomassa residual agrícola na produção de energia.

2. Referencial teórico

O município de Balsas se destaca no agronegócio, envolvendo diversas culturas agrícolas. Estes cultivos não apenas têm grande relevância econômica com seus produtos principais, mas também possuem um significativo potencial de geração de biomassa residual. A biomassa contida nos resíduos agrícolas oferece oportunidades para ganhos energéticos e financeiros, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental da região.

Esta pesquisa analisou o potencial de oferta de biomassa residual das culturas de milho e soja em Balsas-MA e o seu potencial energético. O potencial de oferta de energia de biomassa residual na forma de eletricidade foi comparado ao consumo elétrico da população de Balsas-MA. Dessa forma, a análise permite verificar a viabilidade da biomassa como uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica, sendo que o aproveitamento da biomassa não apenas oferece vantagens econômicas, mas também pode contribuir para a sustentabilidade ambiental, já que ao utilizar resíduos agrícolas para geração de energia pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis e minimizar o impacto ambiental associado ao descarte de resíduos.

2.1. Coeficientes técnicos das biomassas residuais em estudo

A obtenção dos coeficientes técnicos se deu através de análise bibliográfica de variadas fontes, na qual, para a soja utilizou-se as informações da EPE (2014), onde: 2,5 t-Biomassa/t-Soja com umidade de 15%, equivalente a 2,12

t-Biomassa/t-Soja em base seca. Em termos do poder calorífico inferior (PCI) da palha de soja, o trabalho de KOOPMANS e KOPPEJAN (1997) apresenta o valor de 14,6 MJ/kg de biomassa em base seca (Bbs) (EPE, 2014). Realizando a conversão de kilograma (kg) para tonelada (t), obtemos 14600 MJ/t-Bbs.

Para o milho, “KOOPMANS e KOPPEJAN (1997) indicam uma produção de 2,2 t-Biomassa/t-Milho com umidade em torno dos 11%, equivalente a 1,96 t-Bbs/t-Milho (EPE, 2014). Em termos do PCI dos resíduos na forma de sabugo, colmo, folha e palha do milho, KOOPMANS e KOPPEJAN (1997) apresentam o valor de 17,7 MJ/kg-Bbs (EPE, 2014), o qual foi convertido para 17700 MJ/t-Bbs.

Uma parte da biomassa agrícola costuma ser mantida no campo, já que sua permanência tem um importante papel no processo agrícola, garantindo a “[...] proteção dos solos entre os períodos de colheita e novo plantio, retendo a umidade do solo, protegendo a biota, evitando a erosão e restaurando os nutrientes que foram extraídos pela planta” (EPE, 2014). Dessa forma, a conservação de parte dessa biomassa no campo proporciona vários benefícios que não podem ser ignorados. Portanto, é necessário identificar a quantidade de biomassa residual para ser mantida no campo. De acordo com EPE (2014), no caso da soja, é recomendado que cerca de 70% da massa da palha permaneça no campo. Já no caso do milho, a recomendação é que 60% da massa destes resíduos fiquem no solo.

3. Metodologia

3.1. Culturas agrícolas em estudo

Foram verificados os maiores cultivos na região Sul Maranhense, realizando uma classificação da massa dos cultivos na cidade de Balsas-MA em comparação aos demais municípios do Maranhão (Tabela 1).

Tabela 1 - Produção de Balsas em relação aos municípios do Maranhão para as principais culturas agrícolas.

Produto	Quantidade produzida em Balsas (tonelada)	Ranking de Balsas no Maranhão
Milho – Grão	471.336	1 ^a
Soja – Grão	452.273	1 ^a
Cana de açúcar	486	Após a 10 ^a posição
Feijão Fradinho	5.536	1 ^a
Arroz	2.272	9 ^a
Sorgo – Grão	1.350	5 ^a
Melancia	1.118	4 ^a

Feijão – Grão verde	111	6 ^a
Limão	71	1 ^a
Manga	9	2 ^a

Valores do ranking após a 10^a posição sem informação.

Fonte: Autoria própria com dados do Censo Agro de 2017 (IBGE).

A coleta de dados dos cultivos teve como critério inicial a posição de ranking no Censo Agro de 2017, com a data de referência adotada para a pesquisa sendo o dia 30 de setembro de 2017, para o município de Balsas em relação ao Maranhão. Em seguida, houve a seleção dos tipos de cultivos com maior relevância para Balsas com o intuito de analisar o potencial de aproveitamento da biomassa residual agrícola.

3.2. Biomassa residual e conteúdo energético das culturas agrícolas em estudo

Para a análise do potencial de aproveitamento da biomassa residual agrícola em Balsas, foram selecionados os cultivos de milho e soja devido às suas maiores produções neste município. Em seguida, foram definidos coeficientes técnicos mássicos e energéticos por produto agrícola (Tabela 2) para estimar o potencial de aproveitamento da biomassa residual.

Tabela 2 - Coeficientes técnicos por produto agrícola.

Produto	Biomassa residual gerada por produto agrícola (tonelada por tonelada)	Fonte	Conteúdo energético unitário da biomassa residual (megajoules por tonelada)	Fonte
Milho – Grão	1,96	EPE (2014)	17700	EPE (2014)
Soja – Grão	2,12	EPE (2014)	14600	EPE (2014)

Fonte: Autoria própria com dados de autores citados na tabela.

Estes coeficientes, demonstrados na Tabela 2, foram utilizados nas estimativas do potencial da biomassa residual gerada por produto agrícola e seu conteúdo energético. Para obter a biomassa residual gerada (BRG) por produto agrícola, foi utilizada a Equação 1.

$$BRG = \text{Quantidade de produto} * \text{Resíduo unitário por produto} \quad (\text{Equação 1})$$

Como parte da biomassa agrícola costuma ser mantida no campo, já que sua permanência tem um importante papel no processo agrícola, foi retirado da análise o percentual mássico recomendado para permanecer no campo. Sendo assim, para

obter biomassa residual disponível (BRD) por produto agrícola para colheita, transporte e processamento, utilizou-se a Equação 2.

$$BRD = BRG * (100\% - \% \text{ que fica no solo}) \quad (\text{Equação 2})$$

Além disso, com a BRD por produto agrícola, foi estimado o conteúdo energético da biomassa residual (CEB), através da Equação 3.

$$CEB = BRD * \text{Conteúdo energético unitário da biomassa residual} \quad (\text{Equação 3})$$

Para realizar uma comparação do consumo de energia residencial em relação ao potencial energético da biomassa residual disponível, buscou-se os dados de consumo energético por pessoa no Maranhão, com o intuito de realizar um dimensionamento do consumo em Balsas e identificar o potencial de oferta de eletricidade renovável do CEB. Sendo assim, foram coletados os valores do consumo *per capita* (CPC) do Maranhão de acordo com o Painel de Monitoramento do Consumo de Eletricidade no Brasil da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Utilizando os dados do ano de 2023, obteve-se o valor médio do CPC de 50,2 kWh/(hab.mês).

Dessa maneira, com os dados da população atualizada no censo do IBGE em 2022 para os municípios do Maranhão, calculou-se o consumo de energia elétrica (CEE) com a utilização da Equação 4 para analisar a capacidade de oferta de eletricidade através das biomassas residuais agrícolas. A população de 101.767 habitantes foi considerada para o município de Balsas (IBGE, 2022).

$$CEE = \text{valor médio do CPC} * \text{população} \quad (\text{Equação 4})$$

Para a conversão do conteúdo energético da biomassa residual disponível de megajoule (MJ) para quilowatt-hora (kWh), utilizou-se a divisão do conteúdo energético por 3,6 MJ/kWh. Sabendo que no processo de geração de energia a partir da biomassa, nem toda a energia em PCI vira eletricidade, considerou-se uma conversão de energia térmica em elétrica de 30%.

4. Resultados e discussão

4.1. Culturas agrícolas em estudo

Ao analisar os maiores cultivos em Balsas, com o intuito de buscar formas de aproveitamento da biomassa disponível no agronegócio, foram encontrados no Censo Agro de 2017 dados que demonstram os principais cultivos no município. Os cultivos de milho e soja são de grande importância para a economia de Balsas, no qual apresenta-se um grande potencial na geração da biomassa em relação aos produtos cultivados, que pode proporcionar um ganho energético e financeiro para os produtores que optarem por realizar o seu aproveitamento.

4.2. Biomassa residual e conteúdo energético das culturas agrícolas em estudo

As quantidades de biomassa residual dos produtos agrícolas foram estimadas para Balsas (Tabela 3).

Tabela 3 - Biomassa residual gerada por produto agrícola para Balsas.

Produto	Balsas (tonelada por ano)	Fonte
Milho – Grão	923.818,56	EPE (2014)
Soja – Grão	958.818,76	EPE (2014)
Total	1.882.637,32	

Foram considerados os maiores cultivos no município de Balsas-MA.

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Balsas tem grande representação na produção de biomassa residual, sendo relevante na análise do seu potencial de aproveitamento energético. Uma parte da biomassa gerada foi desconsiderada nesta análise devido ao seu papel na proteção do solo e conservação de suas características para o próximo plantio. Na Tabela 4, apresenta-se a biomassa residual disponível por produto agrícola para o aproveitamento e os percentuais mássicos que devem ser mantidos em campo para a proteção do solo.

Tabela 4 - Biomassa residual disponível para o aproveitamento em Balsas por produto agrícola.

Produto	Balsas (tonelada por ano)	Quantidade que fica no solo (t/t)
Milho – Grão	369.527,42	60%
Soja – Grão	287.645,63	70%
Total	657.173,05	-

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Os conteúdos energéticos da biomassa residual disponível por produto agrícola são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Conteúdo energético da biomassa residual disponível em Balsas por produto agrícola.

Produto	Balsas (megajoules por ano)	Conteúdo energético unitário da biomassa residual (megajoules por tonelada)*
Milho – Grão	6.540.635.405	17700
Soja – Grão	4.199.626.169	14600

*Coeficientes apresentados na Tabela 2.

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Sendo assim, o valor da população multiplicado pelo CPC no Maranhão demonstrou que a cidade de Balsas teve um consumo médio de energia de 5.108.703 kWh/mês em 2023, o qual representa um consumo anual de 61.304.440 kWh/ano. O conteúdo energético da biomassa residual disponível (Tabela 5) foi convertido de megajoule para quilowatt-hora através da divisão do conteúdo energético por 3,6 MJ/kWh. No processo de geração de energia a partir da biomassa, nem toda a energia vira eletricidade ao final do processo. Dessa forma, ao considerar que a conversão de energia térmica em elétrica seja 30% do seu potencial, obtém-se um potencial realista de geração de energia elétrica com a biomassa disponível nos cultivos, demonstrando a possibilidade de utilização desse tipo de material no próprio município. A Tabela 6 apresenta o potencial de produção de eletricidade a partir das biomassas agrícolas estudadas.

Tabela 6 - Potencial de oferta de energia elétrica proveniente das biomassas residuais disponíveis em Balsas por produto agrícola.

Produto	Balsas (Quilowatt-hora por ano)
Milho – Grão	545.052.950
Soja – Grão	349.968.847
Total dos cultivos	895.021.798

Fonte: Autoria própria com cálculo dos dados obtidos na pesquisa.

Dessa maneira, foi observado na Tabela 6 que o valor da energia elétrica potencial proveniente das biomassas agrícolas do milho e da soja são capazes de suprir em 14 vezes o consumo anual de eletricidade residencial da população de Balsas. Demonstra-se assim, o potencial em se utilizar a biomassa residual agrícola da região para geração de energia elétrica renovável.

5. Conclusão

Após a análise dos principais cultivos agrícolas no município de Balsas, identificou-se o maior potencial da biomassa agrícola para o milho e soja. Na pesquisa, foi demonstrado que a produção da biomassa agrícola dos dois cultivos alcançou em toneladas 924.095 em Balsas/MA. De forma que, esse volume tem a possibilidade de gerar para aproveitamento em toneladas 657.240 de biomassa residual disponível em Balsas/MA.

Nesta análise, o estudo demonstrou a possibilidade do aproveitamento da biomassa disponível sem prejuízo à proteção do solo, de forma que a cada tonelada de milho produzida disponibiliza 0,78 toneladas de biomassa e para a soja o valor é de 0,64 toneladas de biomassa disponível.

A análise demonstrou que o conteúdo energético das biomassas disponíveis dos cultivos em estudo têm um alto potencial para geração de energia, apresentado 895.038.482 quilowatt-hora por ano em Balsas-MA. Comparando com o consumo médio de eletricidade para a população de Balsas em 2023, sendo de 61.304.440 *kWh/ano*, demonstra-se que as biomassas residuais de milho e soja utilizadas em termelétricas têm capacidade suficiente para atender ao consumo elétrico residencial de Balsas e gerar um excedente a ser injetado na rede elétrica para o consumo em outros municípios do Maranhão.

O aproveitamento da biomassa agrícola na região Sul Maranhense, especialmente em Balsas, oferece uma oportunidade valiosa para o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. A integração dessa biomassa na matriz energética pode não apenas assegurar uma fonte de energia renovável, mas também melhorar a rentabilidade dos cultivos e fortalecer a bioeconomia regional. Estudos adicionais sobre o processamento e a utilização da biomassa residual em diferentes fins apoiam a identificação de oportunidades para promover um desenvolvimento mais sustentável e competitivo.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Edital AGEUFMA N° 21/2023 [Projeto de Pesquisa: PVBAL3376-2023].

Referências

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Inventário Energético de Resíduos Rurais. 2014. Disponível em:
<[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-308/DEA%2015%20-%2014%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-308/DEA%2015%20-%2014%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais[1].pdf)>
Acesso em: 29 de novembro de 2023.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Painel de Monitoramento do Consumo de Eletricidade no Brasil. Disponível em:
<<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 20 de Junho de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agro 2017. Disponível em:<https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=21&tema=76434> Acesso em: 20 de novembro de 2023.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022. Disponível em:<<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>> Acesso em: 20 de junho de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mesorregião*: IBGE, Divisão Territorial Brasileira - DTB 2021. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/23701-divisao-territorial-brasileira.html>> Acesso em: 25 de julho de 2024.

MEJIAS, Rafael Gouveia et al. Bioeconomia e suas aplicações. **ÂNDÉ: Ciências e Humanidades**, v. 2, n. 3, p. 105-121, 2019.

Abstract

Agribusiness has been gaining prominence globally, and the processes used have impacted the environment. Therefore, the bioeconomy is essential through the responsible use of biomass and biotechnology. This study evaluates the potential of agricultural biomass in the municipality of Balsas in Maranhão, analyzing soybean and corn crops. Knowing then the need to conserve part of the biomass in the soil to protect it, these are the recommendations that 70% of soy straw and 60% of corn residues not only on a mass basis. The use of agricultural biomass in the Balsas region represents an opportunity for economic development and environmental sustainability. By integrating this biomass into the energy matrix, it can provide a renewable energy source, improve crop profitability and strengthen the regional economy. Therefore, additional studies are necessary to improve the processing and use of this biomass.

Keywords: bioeconomy; biotechnology; agricultural residual biomass.

**APÊNDICE B – CERTIFICADO DE AUTORES DO ARTIGO APRESENTADO NO I
CONGRESSO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA (CONTEC)**



I CONTEC MATOPIBA

I CONGRESSO DE TECNOLOGIA,
ENGENHARIA E CIÊNCIA DO MATOPIBA

25-29 DE NOVEMBRO DE 2024 - BALSAS/MA

Certificado

CERTIFICAMOS QUE

Maria de Jesus Cavalcante dos Santos e Diego Lima Medeiros

São Autores do Artigo Intitulado: “**BIOECONOMIA DA BIOMASSA RESIDUAL AGRÍCOLA EM BALSAS**”, apresentado no formato oral no I CONGRESSO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA DO MATOPIBA realizado entre os dias 25 e 29 de novembro de 2024.

Balsas - MA, 18 de Dezembro de 2024

Tatiane Carolyne Carneiro

Profa Dra. Tatiane Carolyne Carneiro

SIAPE: 2250134

Coordenadora Geral do I Congresso de Tecnologia
Engenharia e Ciência do MATOPIBA

Gisélia Brito dos Santos

Profa. Dra. Gisélia Brito dos Santos

SIAPE: 2076594

Diretora do Centro de Ciências de Balsas

REALIZAÇÃO:

