



PANORAMA GERAL SOBRE O USO DE BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

**Ana P. F. G. de Andrade, Anna E. V. Brasileiro, Ruan L. B. Luzia,
Antonella L. Costa, Carlos E. V. Cabrera**

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Nuclear
Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil
ana.pfgandrade@gmail.com, contato_annaelisa@outlook.com, ruanlucasbluzia@gmail.com,
antonella@nuclear.ufmg.br, carlosvelcab@nuclear.ufmg.br

Palavras-Chave: Biomassa, Matriz Energética, Energia.

RESUMO

Em termos gerais, a biomassa pode ser considerada a fração biodegradável de produtos e resíduos de origem vegetal ou animal, provenientes principalmente dos setores da agropecuária, da silvicultura e também de segmentos industriais e urbanos. Conceitualmente, a energia de biomassa é aquela gerada pelos processos de queima direta, combustão parcial em algumas rotas de conversão, como pirólise, gaseificação e carbonização, biodegradação anaeróbia e físico-química. Nesse sentido, tramita, desde 2019, na Assembleia Legislativa de Minas Gerais, o Projeto de Lei nº 761/2019, elaborado pela Comissão de Minas e Energia, cujo objetivo é potencializar o uso da biomassa para a geração de energia e reconhecer sua importância em um território tão amplo e diverso como o de Minas Gerais. Este trabalho apresenta um panorama geral do uso da biomassa no Estado, seus impactos na geração de trabalho e renda, sua substituição em lugar de fontes com alto potencial de emissão de gases de efeito estufa e seu papel na missão de diversificação da matriz energética e elétrica de Minas Gerais. Além disso, a pesquisa apresenta um estudo histórico sobre como a inserção da biomassa vem alterando a matriz do Estado e as perspectivas futuras de uso.

1. INTRODUÇÃO

A biomassa é uma fonte de energia renovável composta por matéria orgânica, proveniente também de resíduos vegetais, animais e industriais. Além do uso de resíduos, a biomassa inclui uma ampla gama de materiais de origem biológica que podem ser cultivados intencionalmente para fins energéticos ou industriais. Utilizada há séculos como combustível, a biomassa desempenha um papel crucial na matriz energética moderna, oferecendo uma alternativa sustentável às fontes fósseis. Além de ser uma opção ecológica, a biomassa contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa, promove o manejo adequado de resíduos e estimula o desenvolvimento econômico, especialmente em áreas rurais [1].

No contexto global e nacional, a biomassa vem ganhando crescente importância como componente essencial na transição energética. No Brasil, em 2024, o uso da biomassa está consolidado como uma das principais fontes de energia renovável, impulsionada principalmente pelo setor sucroalcooleiro, responsável pela produção de etanol e bioeletricidade. Atualmente, as três maiores fontes renováveis que compõem a matriz de energia elétrica brasileira são hídrica (55%), eólica (14,8%) e biomassa (8,4%) [34].

O país também se destaca pela diversificação de suas fontes de biomassa, que incluem resíduos agrícolas, florestais e urbanos, contribuindo para a segurança energética e o desenvolvimento sustentável [2]. A expansão da biomassa no Brasil reflete o compromisso do país com uma matriz energética limpa e diversificada, capaz de suprir a demanda crescente de energia de forma eficiente e



responsável [32, 33].

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo identificar os recursos naturais disponíveis e as principais fontes de biomassa em Minas Gerais. Também visa descrever e analisar as tecnologias de conversão mais utilizadas, aplicações, principais desafios e impactos econômicos e sociais da biomassa.

2. POTENCIAL DE BIOMASSA EM MINAS GERAIS

Minas Gerais é um estado com um significativo potencial de aproveitamento da biomassa para geração de energia, principalmente devido à sua forte atividade agroindustrial. O estado de Minas Gerais destaca-se na biomassa de lenha e carvão vegetal [31]. O estado é responsável por quase toda a demanda de carvão vegetal para as siderurgias. Em 2023, a biomassa contribuiu com cerca de 13% da matriz elétrica de Minas Gerais, tendo gerado aproximadamente 2.000 GWh/ano de eletricidade [2]. A maior parte dessa eletricidade foi produzida a partir do bagaço de cana-de-açúcar. Minas Gerais é o terceiro maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, com uma produção superior a 70 milhões de toneladas em 2023. O bagaço de cana é amplamente utilizado para a cogeração de energia em usinas. Além da cana-de-açúcar, o estado aproveita resíduos de papel e celulose, bem como resíduos agrícolas de culturas como café, milho e soja e entre as principais fontes potenciais de biomassa no estado, destacam-se os efluentes líquidos bovinos, a cana-de-açúcar e o milho. As regiões de maior potencial para essa exploração são o Triângulo Mineiro e o noroeste do estado, próximos à divisa com Goiás [3].

Considerando o potencial total de energia elétrica para Minas Gerais e analisando a geração em 2023 de aproximadamente 20.000 MWh/ano, tem-se uma quantidade de energia disponível que poderia suprir cerca de 6 mil residências, com consumo médio de 300 kWh/mês [4]. Esses dados demonstram a relevância da biomassa como fonte de energia renovável em Minas Gerais, contribuindo para a diversificação da matriz energética e para o desenvolvimento sustentável da região.

3. TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO

Para melhor aproveitar a energia contida nos resíduos de biomassa, além de facilitar o transporte e o uso nas plantas de geração de energia, são utilizados métodos de conversão como combustão direta, biodigestão, fermentação, gaseificação, pirólise, transesterificação e peletização [1, 5]. A tecnologia utilizada dependerá da fonte e da finalidade.

Das principais fontes energéticas potenciais de biomassa em Minas Gerais, as tecnologias avaliadas para o aproveitamento energético foram a combustão direta (cana-de-açúcar, café, milho, soja, vegetais lenhosos, resíduos líquidos domésticos), biodigestão (resíduos sólidos urbanos, resíduos animais), pirólise e gaseificação (resíduos domésticos). Os vegetais lenhosos ainda apresentam a possibilidade de utilização após processos de peletização, nos quais a madeira é triturada e compactada em pequenos blocos condensados, de mais fácil transporte e manuseio, além de maior densidade energética. A cana-de-açúcar também pode ser utilizada na forma de vinhaça, um resíduo de etapas posteriores do processo sucroalcooleiro [3].

Ao chegar à usina, a cana-de-açúcar passa por um processo inicial de lavagem para a retirada de impurezas. Após a limpeza, é picotada para facilitar a exposição das fibras da cana. Em seguida, passa por uma série de martelos que abrem o interior da cana, permitindo a extração dos açúcares. A cana, então, segue para a moagem, onde o caldo é extraído. O caldo é peneirado para a remoção de impurezas sólidas e passa por uma série de tratamentos químicos para remoção de outras impurezas e correção do pH. Caso seja usado para produção de açúcar, o caldo é sulfitado para redução da viscosidade. No caso da produção de etanol, o caldo é pasteurizado e destilado. O subproduto dessa destilação é chamado de vinhaça, uma das formas possíveis de biomassa [20].



4. DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Para implementar a energia oriunda da biomassa na matriz energética mineira, se destacam alguns desafios da ordem logística e legal [3]:

- Disponibilidade de matéria prima;
- Logística de transporte;
- Custo de infraestrutura de distribuição de energia elétrica;
- Restrições legais regulatórias como proximidade de cidades e áreas de reserva ambiental ou terras protegidas;
- Restrições econômicas como custos de transporte e construção de infraestrutura de processamento;
- Restrições técnicas como terreno, eficiência de tecnologia de produção e processamento e distância máxima de alcance de distribuição de energia.

Além disso, há dificuldades relacionadas à competitividade de mercado com outras fontes de energia e outros usos das mesmas fontes.

Em 2023, a Assembleia Legislativa de Minas Gerais aprovou o Projeto de Lei 761/19, que instituiu a política estadual de incentivo ao uso de biomassa para a geração de energia [6]. Nele, foi definido o que seria considerado biomassa, além de levantar pontos relacionados aos impactos socioeconômicos de sua utilização, os objetivos e a proposição de estímulos a pesquisas e empreendimentos relacionados à biomassa no estado. Além disso, o governo de Minas Gerais, estado que já é o quinto maior produtor de etanol do país, anunciou um investimento de R\$ 11,3 bilhões na produção desse biocombustível, em conjunto com a Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais [7].

O setor privado também busca fontes alternativas no estado, como o grupo Asja, que planeja a construção de uma planta de produção de biometano [8], e o grupo Stellantis, que investe na fabricação de motores de baixa emissão que utilizam biocombustíveis em Minas Gerais [9].

5. APLICABILIDADES DO USO DA BIOMASSA PARA FINS NÃO-ENERGÉTICOS

Atualmente, a biomassa é usada principalmente como fonte de energia; contudo, existem outros ramos de pesquisa e desenvolvimento para a utilização de biomassa com fins não energéticos. Alguns exemplos são:

5.1 Fertilizantes orgânicos e compostagem:

A biomassa pode ser convertida em fertilizantes orgânicos, utilizados na agricultura para melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade agrícola [21]. Também, os resíduos agropecuários são utilizados para a produção de compostos orgânicos, aplicados na agricultura como condicionadores de solo e adubos [22].

5.2 Produção de bioplástico:

A biomassa pode ser transformada em plásticos biodegradáveis, a partir de amidos, celulose e outros componentes vegetais. Por exemplo, o polilactídeo (PLA), produzido a partir de milho, cana-de-açúcar ou beterraba, é um bioplástico utilizado em embalagens, utensílios descartáveis e outros produtos [25, 26].

5.4 Produção de produtos químicos:



Biorrefinarias utilizam biomassa para produzir uma ampla gama de produtos químicos (como ácidos orgânicos, solventes e polímeros), que podem ser utilizados como matéria-prima para a fabricação de outros produtos em indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias [27].

5.5 Materiais de construção:

A biomassa pode ser usada na fabricação de materiais de construção sustentáveis, como painéis de fibras, isolantes térmicos e blocos de construção. Fibras de madeira ou bambu são utilizadas para produzir painéis de *Medium Density Fiberboard* (MDF) e compensados, enquanto o uso de palha ou outros resíduos agrícolas pode resultar em blocos ou tijolos ecológicos [28, 29].

5.6 Indústria têxtil, adesivos e resinas naturais:

Fibras naturais extraídas de biomassa, como algodão, linho, bambu e cânhamo, são transformadas em tecidos e outros materiais têxteis. O linho, produzido a partir da planta de linho (flax), e as fibras de bambu são usados para fabricar roupas, tecidos de decoração e outros itens têxteis. Componentes da biomassa, como lignina e amido, são usados para a fabricação de adesivos e resinas naturais [23].

5.7 Alimentos e rações para animais:

Resíduos de biomassa, como subprodutos da agricultura, são utilizados para a produção de alimentos para animais, como farelo de soja, bagaço de cana-de-açúcar e casca de arroz, usados na ração de gado, aves e suínos.

Esses usos demonstram a versatilidade da biomassa como matéria-prima sustentável e renovável para uma variedade de indústrias e aplicações.

6. IMPACTO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

A utilização da biomassa como substituta aos combustíveis fósseis desempenha um papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às políticas globais de mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a biomassa pode ser um recurso valioso na recuperação de áreas degradadas, contribuindo para a revegetação e a melhoria da qualidade do solo.

Em relação aos impactos sociais, a transição para a utilização da biomassa como fonte energética no Brasil, embora promissora, traz consigo desafios significativos. A automação agrícola, por exemplo, tem reduzido a demanda por mão de obra no campo, resultando em desemprego e êxodo rural. A competição por matérias-primas entre a produção de alimentos e de biocombustíveis também pode levar à indisponibilidade de insumos para outras áreas, resultando em uma redução na oferta de alimentos no mercado. Para prevenir essas possíveis crises alimentares, os programas de produção de biocombustíveis devem implementar regras eficazes. Um exemplo disso é o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no Brasil (PNPB), que incentivou a agricultura familiar e exigiu que os produtores de matérias-primas para biocombustíveis também destinassem uma parte de suas áreas de cultivo para a produção de alimentos.

A globalização e o avanço tecnológico transformaram o trabalho rural, tradicionalmente descrito como um conjunto de atividades manuais, com a introdução de maquinários modernos. Essa mudança reduziu significativamente a necessidade de mão de obra, causando desemprego e impulsionando a migração de trabalhadores para as áreas urbanas.

Os incentivos governamentais para a produção de biocombustíveis, como o PNPB, têm impulsionado



o redirecionamento de culturas agrícolas para a produção de biocombustíveis, como ocorreu com a soja. Embora o programa visasse inicialmente promover o desenvolvimento regional e a geração de empregos, a predominância da soja acabou por limitar os benefícios esperados em outras regiões do país [12].

Para mitigar esses desafios, é proposto que se reformulem os incentivos, especialmente nas regiões mais desenvolvidas do país, e que se promova a capacitação técnica e o acompanhamento dos produtores nas regiões Norte e Nordeste. A diversificação das fontes de biomassa, utilizando novos insumos como resíduos agrícolas, algas e materiais celulósicos, também pode reduzir a competição com a produção de alimentos e garantir a sustentabilidade, tanto econômica quanto social.

Assim, é essencial que a diversificação de culturas e a inovação tecnológica sejam priorizadas, garantindo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também o fortalecimento do desenvolvimento social e econômico nas regiões envolvidas. Essa diversificação não apenas contribuirá para a manutenção de empregos ao longo do ano, mas também fortalecerá o desenvolvimento regional, uma vez que diferentes culturas se adaptam melhor a condições geográficas e climáticas específicas.

A biomassa se destaca como uma solução econômica e sustentável para a produção de energia, sendo uma matéria-prima renovável e de baixo custo. Além de beneficiar tanto produtores quanto consumidores, a biomassa promove a geração de empregos, especialmente no Brasil, onde a abundância de resíduos agrícolas e florestais sustenta atividades que geram trabalho no campo.

Empresas que utilizam biomassa para geração de energia encontram vantagens econômicas, como o menor custo de investimento e operação, devido à proximidade das plantas geradoras com as fontes de matéria-prima. Apesar do baixo rendimento térmico associado à umidade da biomassa, esse desafio é superado pela facilidade de obtenção do combustível a custos reduzidos. Por exemplo, em base seca, o bambu tem 18,0 MJ/kg de poder calorífico inferior e bagaço de cana 16,8 MJ/kg, comparando com o petróleo com 42,6 MJ/kg [35, 36].

Para o país, a utilização da biomassa como fonte de energia contribui para a independência energética e o aumento da receita, além de reduzir a necessidade de importação de equipamentos, já que o Brasil fabrica a maior parte das tecnologias necessárias para a conversão de biomassa em energia.

7. REVISÃO DE LITERATURA – EXEMPLOS DE ESTUDO

No estudo apresentado por Dovich Filho [14], o eucalipto foi identificado como a biomassa mais adequada para a geração de eletricidade em Minas Gerais, devido ao seu alto poder energético (7,263 MW). Em segundo lugar, os resíduos da cana-de-açúcar se destacaram pela quantidade significativa disponível no estado, tornando-se uma opção relevante (38,771 MW).

A pesquisa apontou três tecnologias como as mais maduras e viáveis para a geração de eletricidade a partir da biomassa. O ciclo Rankine convencional, que apresentou maior maturidade tecnológica e menores custos de geração, foi considerado a tecnologia mais adequada para usinas com potência acima de 5 MWe. Para potências entre 0,5 e 4,1 MWe, o ciclo Rankine orgânico foi recomendado. Já a gaseificação com motores de combustão interna foi considerada a melhor opção para sistemas de menor capacidade. Por fim, o eucalipto, em combinação com o ciclo Rankine convencional, mostrou-se a solução mais promissora para a maioria dos cenários analisados.

Outro estudo, realizado por Cortez em 2011, identificou o potencial de resíduos de podas de árvores urbanas para geração de energia em São Paulo [13].



Com as podas frequentes em Minas Gerais, especificamente na capital, em 2023 foram mais de 7 mil árvores. Além disso, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden) apontou que Belo Horizonte foi a capital em que houve a maior alteração média na temperatura no Brasil, com 4,2 °C acima da média [17]. Com isso, podemos analisar o seguinte estudo de caso feito em São Paulo e verificar as possibilidades de implementação em Minas Gerais. Este estudo de caso [13] mostra como o descarte inadequado de resíduos de poda urbana em aterros e lixões tem contribuído para uma série de problemas ambientais, como a produção de metano, a contaminação do solo e o esgotamento das áreas de aterro.

O estudo comparou duas tecnologias para a geração de energia a partir de resíduos de poda urbana: o ciclo a vapor e a digestão anaeróbia. O ciclo a vapor se mostrou mais viável economicamente, ideal para pequenas centrais termelétricas, enquanto a digestão anaeróbia foi considerada menos viável. A pesquisa também indicou que usar os resíduos de poda urbana para geração de energia é mais eficiente do que outras formas de reutilização, como a compostagem. A tese conclui que o ciclo a vapor é uma solução mais econômica e ambientalmente vantajosa para o manejo desses resíduos em comparação com a digestão anaeróbia [13].

Outro caso estudado, feito por Flausinio [15], em 2015 e desenvolvido no Departamento de Engenharia Nuclear (DEN) – UFMG, mostrou o potencial do setor sucroalcooleiro mineiro para a geração de energia elétrica excedente a partir do bagaço de cana, com capacidade estimada de cerca de 847 MWh, que poderia ser comercializada, contribuindo também para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Destaca-se que Minas Gerais é um dos maiores produtores de cana do país, possuindo 39 usinas que representam quase 16% da demanda energética do estado.

O estudo desenvolvido no DEN, por Castro, em 2018 [16], avaliou o potencial da geração de energia elétrica através do biogás derivado da biodigestão de vinhaça residual da destilação do etanol. A vinhaça pode ser biodigerida para gerar biogás rico em metano, que pode ser utilizado na produção de bioeletricidade. A energia adicional gerada a partir do biogás de vinhaça, considerando a produção de etanol na safra 2015/16, poderia representar um aumento de 17% a 24% na geração de bioeletricidade no estado mineiro.

8. CONCLUSÃO

A biomassa, como fonte renovável de energia, tem ganhado crescente relevância no cenário global por se apresentar como uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis na geração de energia. O estado de Minas Gerais já incorpora a biomassa em sua matriz elétrica e energética e busca expandir ainda mais seu uso, visando fomentar fontes de energia mais limpas e renováveis. Apesar dos desafios enfrentados, o uso de biomassa como fonte energética tem se expandido, impulsionado por novas políticas públicas e investimentos tanto do governo quanto da iniciativa privada. Além disso, estudos recentes apontam para o desenvolvimento e exploração de novas fontes de biomassa, ampliando as possibilidades para o setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] L. A. B. Cortez, *et al.* Biomassa para energia 2011, pp.15-60, Campinas – SP: Editora Unicamp, Brasil (2011).

[2] ANEEL. www.aneel.gov.br. Acesso em 29/07/2024.

[3] R. J. dos Reis; L. S. dos Reis. Atlas de Biomassa em Minas Gerais 2017, pp. 100, Belo Horizonte – MG: Editora Rona Gráfica e Editora (2017).



[4] www.biomassabr.com. Acesso em 02/08/2024.

[5] E. E. S. Lora, K. R. Salomon. Análise comparativa da utilização da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. Em: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas.

[6] MINAS GERAIS (Estado), Projeto de lei nº 761/2019, Institui a política estadual para o uso de biomassa para a geração de energia. Belo Horizonte, MG: Assembleia legislativa de Minas Gerais.

[7] Estado confirma atração de R\$ 11,3 bi e geração de 1,6 mil empregos no setor de biocombustíveis, Agência Minas, Belo Horizonte, 22 de Setembro de 2023, disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/estado-confirma-atracao-de-r-11-3-bi-e-geracao-de-1-6-mil-empregos-no-setor-de-biocombustiveis>, . Acesso em 12/08/2024.

[8] Governo de Minas atrai R\$ 152 mi para instalação de empresa de energia limpa na Grande BH, Agência Minas, Belo Horizonte, 12/09/2023, disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-de-minas-atrai-r-152-mi-para-instalacao-de-empresa-de-energia-limpa-na-grande-bh> . Acesso em 12/08/2024.

[9] Grupo Stellantis investe R\$ 8,5 bilhões em motores de baixa emissão em Minas Gerais, Agência Minas, Belo Horizonte, 9 de Setembro de 2023, disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/grupo-stellantis-investe-r-8-5-bilhoes-em-motores-de-baixa-emissao-em-minas-gerais>,. Acesso em 12/08/2024.

[10] UNICA. Bioeletricidade em números junho/2020. 2020. <https://unica.com.br/wp-content/uploads/2020/06/BoletimUNICABioeletricidadeJUN2020oficial.pdf> Acesso em 10/08/2024.

[11] ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Acesso à Energia. https://www.almg.gov.br/export/sites/default/acompanhe/eventos/hotsites/2011/seminario_pobreza/docs/tema5_infraestrutura/tema5_aceeso_energia.pdf. Acesso 14/08/2024.

[12] V. H. A. Souza. Impactos socioambientais do uso da biomassa na produção de energia. Dissertação. Universidade Federal do Espírito Santo. 2017.

[13] C. L. Cortez. Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia. Estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. 246p. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

[14] F. B. D. Filho. Determinação dos potenciais técnico e econômico da geração de eletricidade a partir da biomassa: estudo de caso do estado de Minas Gerais. Tese. Universidade Federal de Itajubá, 2022.

[15] B. F. P. G. Flausinio. Produção de energia elétrica a partir do aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar gerado no setor sucroalcooleiro de Minas Gerais. Tese. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

[16] J. M. Castro. Estudo do potencial de geração de bioeletricidade a partir de biogás proveniente de biodigestão de vinhaça no estado de Minas Gerais. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais. 2018.

[17] Manuelzao. Corte de 7.326 árvores pode ter impactado na mudança do clima de BH, avalia especialista. 2024. <https://manuelzao.ufmg.br/bh-foi-a-capital-que-mais-esquentou-em-2023/>. Acesso em 15/08/2024.



- [18] Recimac. A biomassa causa impactos ambientais? <https://recimac.com.br/biomassa/a-biomassa-causa-impactos-ambientais/>. Acesso em 21/08/2024.
- [19] Potencial Florestal. O papel da biomassa na economia. 2021. <https://potencialflorestal.com.br/o-papel-da-biomassa-na-economia/>. Acesso em 25/08/2024.
- [20] Armac. Um guia completo sobre o setor sucroalcooleiro. 2021. <https://armac.com.br/blog/usinas/setor-sucroalcooleiro/>. Acesso em 12/10/2024
- [21] EMBRAPA. Pesquisa desenvolve fertilizante orgânico a partir da biomassa de plantas. <https://www.embrapa.br/agencia-de-noticias-embrapa/busca-de-noticias/-/noticia/37485979/pesquisa-desenvolve-fertilizante-organico-a-partir-da-biomassa-de-plantas>. Acesso 10/10/2024
- [22] BioComForest. Compostagem de resíduos orgânicos para uso na agricultura. <https://biocomforest.com.br/compostagem-de-residuos-organicos-para-uso-na-agricultura>. Acesso 10/10/2024
- [23] CicloVivo. Estudantes criam adesivo industrial com restos de alimentos. <https://ciclovivo.com.br/inovacao/tecnologia/estudantes-criam-adesivo-industrial-com-restos-de-alimentos/>. Acesso em 12/10/2024
- [24] Agrimidia. Roupas de praia inovadoras: tecido produzido a partir de biomassa de milho. <https://www.agrimidia.com.br/biomassa/roupa-de-praia-inovadora-tecido-produzido-a-partir-de-biomassa-de-milho/>. Acesso 10/10/2024.
- [25] Inovação Tecnológica. Bioplástico PET é feito diretamente de biomassa vegetal. <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bioplastico-tipo-pet-feito-biomassa-vegetal>. Acesso 11/10/2024
- [26] ArandaNet. Plástico Industrial. Poli(ácido láctico) (PLA). [https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/3145-Poli\(acido-lactico\)-\(PLA\).html](https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/3145-Poli(acido-lactico)-(PLA).html). Acesso em 12/10/2024
- [27] EMBRAPA. Uso dos Coprodutos e Resíduos de Biomassa para Obtenção de Produtos Químicos Renováveis. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25394/1/CIT-02.pdf>. Acesso em 12/10/2024
- [28] W. E. L. Júnior. Piso engenheirado de biomassa florestal residual com micropartículas incorporadas. 2023. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74133/tde-16022024-103828/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- [29] Roca. Biomassa: como se relaciona com nossas ações de sustentabilidade? <https://www.rocaceramica.com.br/blog/biomassa/>. Acesso 11/10/2024.
- [30] AviSite. Biomassa é combustível para soluções em nutrição animal. <https://www.avisite.com.br/biomassa-e-combustivel-para-solucoes-em-nutricao-animal/>. Acesso em: 11/10/2024.
- [31] Brasil Biomassa. Projetos sustentáveis. https://www.editorabrasilbiomassa.com/_files/ugd/09c803_92f4a8eca7b04ccca1de4932ad87d3e4.pdf. Acesso 11/10/2024.
- [32] Agência.gov. Biomassa quebra recorde de geração de energia em 2023. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/biomassa-quebra-recorde-de-geracao-de-energia-em-2023>. Acesso 11/10/2024.
- [33] Agência.gov. Brasil aumenta exportação de eletricidade e geração por biomassa. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202404/brasil-aumenta-exportacao-de-eletricidade-e-geracao-por-biomassa>. Acesso 11/10/2024.
- [34] Serviços e informações do Brasil. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira/>. Acesso 12/10/2024.
- [35] J. L. D. dos Santos, P. C. Tambani. Potencial energético de diferentes biomassas disponíveis no Brasil. Congresso internacional de biomassas, 4., 2019, Curitiba.
- [36] Anatel. Anuário 2020. <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2020/anuario-2020-fatores-conversao.pdf>. Acesso 12/10/2024.