

CARACTERIZAÇÃO DOS BRIQUETES DE MADEIRA - REVISÃO DE LITERATURA.

LYA ALVES DA COSTA SANTANA BERNARDO¹

ROBERTO DE ANDRADE BORDIN²

RAFAEL BUENO²

MARIANA FRAGA SOARES MUÇOUÇAH²

RESUMO

A presente revisão de literatura abordou a caracterização dos briquetes de madeira como uma alternativa sustentável e renovável de fonte energética. A crescente preocupação com o meio ambiente e a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa explora as fontes de energia limpa. Os briquetes de madeira produzidos a partir de resíduos lignocelulósicos, representam uma solução promissora, contribuindo para a gestão dos recursos naturais e para a redução dos impactos ambientais. Foram revisados aspectos relacionados à matéria-prima, processo de fabricação, propriedades físico-químicas e energéticas dos briquetes, bem como suas vantagens e desafios. A contextualização argumentativa incluiu a densidade aparente, o teor de umidade, o poder calorífico, a resistência mecânica, o teor de cinzas, a emissão de gases e partículas, a estabilidade e por fim, a eficiência energética. Destacou-se também a importância da pesquisa e o desenvolvimento nessa área para o avanço da utilização dos briquetes de madeira como fonte energética renovável.

Palavras-chave: Biomassa; Briquetes; Energia Renovável.

ABSTRACT

This literature review addressed the characterization of wood briquettes as a sustainable and renewable alternative energy source. The growing concern for the environment and the need to reduce greenhouse gas emissions explores clean energy sources. Wooden briquettes produced from lignocellulosic waste represent a promising solution, contributing to the management of natural resources and the reduction of environmental impacts. Aspects related to the raw material, manufacturing process, physicochemical and energetic properties of briquettes, as well as their advantages and challenges, were reviewed. The argumentative contextualization included apparent density, moisture content, calorific value, mechanical resistance, ash content, gas and particle emission, stability and, finally, energy efficiency. The importance of research and development in this area to advance the use of wood briquettes as a renewable energy source was also highlighted.

Key words: Biomass; Briquettes; Renewable energy.

¹Graduação, Tecnologia em Agronegócio pela Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP. E-mail: lyasbernardo@gmail.com

²Docente, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP.

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente e a busca por fontes renováveis de energia têm impulsionado estudos e pesquisas sobre alternativas sustentáveis de combustíveis. Entre as alternativas, os briquetes de madeira destacam-se como uma opção promissora, oferecendo uma solução ecologicamente correta para o aproveitamento de resíduos de madeira e contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis.

Para a melhor compreensão do tema, é essencial entender o processo de fabricação, bem como a qualidade do produto final e a eficiência do produto como fonte de energia renovável.

A revisão empregou aspectos teóricos em uma abordagem sistemática para identificar e analisar criteriosamente os estudos técnicos relevantes. Os estudos foram baseados na qualidade metodológica, atualidade e originalidade das contribuições.

A pesquisa bibliográfica foi estruturada em três tópicos centrais: os resíduos de madeira, a agroindustrialização dos briquetes e a sua utilização como fonte geradora de energia. Cada tema abordou aspectos específicos relacionados à caracterização dos briquetes de madeira, desde a matéria-prima até o produto final. Além disso, foram discutidos os resultados da análise, incluindo densidade aparente, teor de umidade, poder calorífico, resistência mecânica, teor de cinzas, emissão de gases e partículas, estabilidade e energia circular, bem como as vantagens econômicas associadas ao uso dos briquetes de madeira como fonte de energia alternativa.

O objetivo do presente estudo foi caracterizar os briquetes de madeira e suas propriedades físicas, químicas e energéticas, por meio das informações contidas nas diversas fontes literárias e científicas.

REVISÃO DE LITERATURA

Biomassa “Coproduto da Madeira”

A biomassa, ou material lignocelulósico, é uma mistura complexa de polímeros naturais de carboidratos como a celulose, hemicelulose, lignina e pequenas quantidades de extrativos, contidos nas plantas. A celulose é o principal componente presente na biomassa com teores de 40 a 80%, já a hemicelulose é o segundo componente em quantidade, apresentando valores entre 15 e 40% e a lignina o terceiro componente em proporção, apresentando teores de 10 a 30% (Silva, 2023).

Braghini Jr. et al., (2021) do montante total de madeira em massa (tora) que entra em processos de manufatura em serrarias, os resíduos equivalem a 58,2%, sendo aproveitado como madeira comercial apenas 41,8% do volume de madeira que entrou no processo.

A serragem pode chegar a 12% do volume total de matéria-prima: os cepilhos ou maravalhas gerados pelas plainas podem chegar a 20% do volume total de matéria-prima indústrias de beneficiamento, a lenha ou cavacos compostos por costaneiras, aparas, refilos, cascas e outros, podem chegar a 50% do volume total de matéria-prima, nas serrarias (Donatto et al., 2022).

Estíma-se que no Brasil sejam gerados 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira anualmente, destes 91% são gerados nas indústrias madeireiras (Batista, 2023). Há produção elevada de biomassa no Brasil, porém ainda sem aproveitamento como meio energético (Barbosa et al., 2023).

Em alguns processos de manufatura madeireira o desperdício de madeira pode ser de até 70%, isso é muito comum em serrarias, onde esse quantitativo pode ser residual em serragem, maravalha e costaneiras (Braghini Jr. et al., 2021).

Dados da Agência Internacional de Energia, publicados no *Renewable Information Overview* em 2022, 67% da matriz energética mundial no ano de 2020 esteve relacionado ao uso tradicional de biomassa (Silva, 2023).

Batista (2023) aponta a biomassa vegetal principalmente à madeireira como alternativa ambiental, pelo baixo teor de emissão de carbono se comparado aos combustíveis fósseis, pois ao mesmo tempo em que possui menor potencial de emissões, as árvores capturam dióxido de carbono do ar atmosférico.

A destinação dos resíduos gerados em serrarias e outros empreendimentos florestais devem ter uma correta e adequada destinação, como preconizado na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS de 2010 (Silva, 2023). A figura 1. a seguir exemplifica alguns tipos de resíduos de serraria.

Figura 1. Resíduos de serraria.



Fonte: Louzada Jr. (2017).

Uma forma que viabiliza a redução de custos e aumenta a lucratividade das empresas é a adoção de mecanismos de logística reversa, na qual a indústria reutiliza ou encaminha os resíduos de forma correta, fazendo assim o reaproveitamento e a reciclagem dos materiais (Andrade et al., 2023).

Os resíduos oriundos do processo madeireiro constituem uma oportunidade para o aproveitamento energético, sendo a briquetagem um processo eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa florestal (Souza et al., 2022).

A agroindustrialização dos briquetes

As etapas para a transformação dos resíduos de madeira em briquetes ou pellets vão desde a colheita, transporte dos resíduos, armazenamento, secagem, condicionamento, moagem, compactação, resfriamento, empacotamento até o armazenamento do coproduto e comercialização.

Além da briquetadeira, é necessário também um secador para a secagem da biomassa, a tecnologia requer biomassa com teor de umidade entre 8 e 16% e granulometria fina. É necessário equipamento para moagem. A briquetadeira possui sistema mecânico com pistão e a pressão exercida é de 1.200 kgf/cm² (Silva, 2023).

O sistema ou processo de prensagem é um dos mais importantes na produção de biocombustíveis pastilhados (Batista, 2023). A briquetagem é um processo para concentrar a energia disponível da biomassa florestal (Souza et al., 2022).

A utilização de uma máquina de briquetagem a 120°C, com pressão de 1.200 kgf, tempo de compactação de cinco minutos, tempo de resfriamento de 10 minutos em pressão forçada (ventilação) e 40 gramas de resíduo produz um briquete de aproximadamente quatro centímetros (Ribaski et al., 2023). Souza et al., (2022), 1,0m³ de briquetes pode apresentar até 5 vezes mais energia que o mesmo volume de resíduos madeireiros, mas, estes precisam apresentar características adequadas, como umidade entre 8 e 15% (base seca), elevada densidade e poder calorífico.

A presença de umidade nos resíduos diminui o poder calorífico, pois parte da energia liberada durante a queima do material é gasta para evaporá-la (Souza et al., 2022). O teor de umidade dos pellets deve ficar em torno de 8%, sendo fundamental para a sua resistência Batista (2023). De acordo com Andrade et al., (2023), a umidade deve estar entre 5 e 10%, sendo aceitável até 23%. Conforme Ribeiro et al., (2022), o teor de umidade é um importante parâmetro, que quanto menor a quantidade de água, melhor será as características energéticas, especialmente o poder calorífico.

Já a densidade aparente deve ficar superior aos 600 kg/m³ em conformidade com Batista (2023). Para Silva (2023), os péletes possuem alta densidade e valor

energético agregado, baixa umidade e, ainda possui facilidade de manuseio, trazendo vantagens à logística. Já para Batista (2023), o processo de compactação aumenta a densidade do composto, facilita a logística de transporte e manuseio.

A vantagem desse processo está em transformar um resíduo de baixíssima densidade, em uma lenha ecológica de alta qualidade, pois quando comparado à lenha, o briquete apresenta propriedades mais vantajosas para o uso energético (Donatto et al., 2022).

As compactações de resíduos de madeira podem produzir briquetes ou péletes que são combustíveis granulados. Silva (2023). Segundo Andrade et al., (2023), quanto menor a granulometria das partículas que compõem os briquetes, melhor será a sua compactação. Já, Barbosa et al., (2023), à granulometria das partículas que compõem os briquetes, quanto menor for, melhor será a sua compactação, além disso a maior parte dos resíduos, aproximadamente 56%, apresentam essa granulometria, sendo esse um aspecto positivo. Para Ribeiro et al., (2022), quanto menor o tamanho das partículas que compõem o resíduo, melhor será a sua compactação, com efeitos significativos e positivos.

O que difere os briquetes dos péletes é o tamanho, o primeiro pode ter diâmetro entre 50 e 100 mm e comprimento de 250 a 400 mm e, o segundo pode ter diâmetro entre 6 e 16 mm e comprimento entre 25 e 30 mm (Silva, 2023). Segundo, Andrade et al., (2023), a redução dos volumes fica em torno de 4 a 6 vezes, alcançando uma compactação de até 11 vezes em relação ao volume da biomassa de origem. Quanto mais energético o combustível, melhor seu aproveitamento na indústria. A madeira de Eucalipto possui poder calorífico ideal para fins energéticos (Batista, 2023). A figura 2. Abaixo exemplifica dois paletes com os briquetes.

Figura 2. Paletes com os briquetes.

Fonte: Donatto, (2022).

As embalagens têm o potencial de criar valor à marca, atraindo a atenção de compradores e comunicando os benefícios do produto diretamente no ponto de venda (Gomes et al., 2023).

O primeiro a ter sucesso na produção de briquetes em escala industrial, utilizando resíduos de serraria, foi T. *Bowling*, da Virgínia – EUA. A sua patente é de 1927, relativa a um equipamento denominado “*Prest-to-Log*” (Albuquerque, 2024).

Utilização dos briquetes

No Brasil o uso de briquetes de madeiras se mostra como opção viável, por possuir grande quantidade de matéria-prima para fabricação (Andrade et al., 2023).

Os briquetes surgiram para substituir a lenha na indústria de cerâmica, olarias, alimentícia e outras indústrias que precisam de vapor, sendo utilizados em fornalhas, fornos ou caldeiras de restaurantes, pizzarias e padarias (Souza et al., 2023). Os briquetes apresentam redução do volume, alta capacidade calorífica, redução do custo com logística e estoque, facilitando a homogeneização do combustível além de ser uma fonte de energia limpa, barata e economicamente viável (Andrade et al., 2023).

Andrade et al., (2022), salientam que uma das alternativas que visam mitigar os impactos ambientais causados pela má disposição dos resíduos madeireiros, é

transformar em biocombustíveis sólidos através da briquetagem reduzindo assim os impactos ambientais.

Segundo Batista (2023), a energia de biomassa é uma energia mais limpa, com elevado potencial na redução do stress ambiental, impulsionando o desenvolvimento econômico com menor impacto ambiental. A maioria das indústrias busca por caldeiras com fornalhas preparadas para a combustão de biomassa madeireira (lenha, serragem, maravalha, cepilho, briquetes e péletes), aproveitando ao máximo o poder calorífico e a energia.

O material densificado se mostra mais vantajoso do que o insumo in natura, pois facilita o transporte e manuseio (Andrade et al., 2023). A principal aplicação dos briquetes e péletes estão na geração de energia térmica para o aquecimento de residências ou para a utilização em processos industriais (Silva, 2023). Braghini Jr. et al., (2021) o uso da biomassa residual sobre a forma de péletes ou briquetes é uma alternativa bioenergética e sustentável.

De acordo com Donatto et al., (2022), não é necessário a utilização de equipamentos especiais, seu uso é simples podendo ser aplicado diretamente na queima em fogão, na caldeira ou na fornalha. Seu poder calorífico é maior em briquete: 4.800 kcal/kg, quando comparado a outras fontes como a lenha: 2.200 a 2.500 kcal/kg. Seu poder calorífico se padronizado, proporciona um cálculo de rendimento e custo mais aproximado do material usado, o que facilita o dimensionamento de sua utilização.

Os biocombustíveis possuem papel fundamental na substituição de combustíveis fósseis, amenizando e reduzindo o impacto causado por estes tipos de combustíveis (Batista, 2023). Segundo Silva (2023), o aproveitamento energético, baseado em tecnologias já em escala comercial é eficiente, de fácil operação e com custo acessível. Pensando em economia circular, podemos relacionar os resíduos do processo madeireiros, utilizando um subproduto do processo madeireiro para a geração de energia térmica e reduzindo o custo de demanda externa (Andrade et al., 2023). O Brasil possui vantagens em relação a outros países para produção de

biocombustíveis ocupando uma posição de destaque na busca pela descarbonização dos processos industriais (Silva, 2023).

A produção agroindustrial da biomassa madeireira apresenta elevada demanda de consumo, e abre oportunidade para o desenvolvimento de processos de produção mais modernos, com maior volume de automação e busca por produtos com melhores capacidades energéticas aplicados (Barbosa et al., 2023).

DISCUSSÃO ARGUMENTATIVA

A produção de briquetes oferece uma série de benefícios que vão desde questões ambientais até econômicas e sociais. O aproveitamento do cepilho ou maravalha, serragem e demais coprodutos da madeira que poderiam ser descartados de forma ineficiente.

A queima dos briquetes em comparação com a queima direta de biomassa é mais limpa e eficiente, resultando em menores emissões de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Para Sousa et al., (2022), a compactação dos resíduos aumenta a relação massa/volume e consequentemente eleva sua razão energética e resistência físico-mecânica.

Os briquetes são uma fonte de energia renovável e alternativa aos combustíveis fósseis, ajudando a diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de recursos não renováveis, como (petróleo e carvão).

Conforme Ribaski et al., (2023), o teor de umidade inferior a 10% é considerado ideal para a produção de briquetes de boa qualidade. Um teor de umidade baixo pode impedir que os briquetes mantenha a forma e a coesão, resultando em produtos de baixa qualidade. Segundo Barbosa et al., (2022), a umidade do combustível é a principal responsável pela redução do seu poder calorífico.

Em conformidade com Ribaski et al., (2023), 99,80% de friabilidade (esfarelamento) classifica como muito baixa. Isto sugere que os briquetes devam ser

suficientemente resistentes para suportar o manuseio durante a produção, transporte e armazenamento.

Em relação ao teor de cinzas, em fornos industriais são indesejáveis, tornando mais favorável o menor teor de cinzas. Geralmente, o teor ideal de cinzas para briquetes é inferior a 10%. Os briquetes com menor teor de cinzas são mais eficientes energeticamente, produzindo menos resíduos e, exigindo menos limpeza e manutenção (Ribaski et al., 2023).

As partículas que não atenderem ao padrão de granulometria ideal ao processo de produção de pellets e briquetes serão consideradas rejeito ao processo, e será reprocessada em novo processo de moagem (Batista, 2023).

Quando associa a economia circular ao aproveitamento da biomassa residual, torna-se possível visualizar todas as implicações econômicas, sociais e ambientais nas cadeias agroindustriais, podendo-se obter maiores receitas aliadas à maior sustentabilidade de produtos e processos (Vaz Jr., 2022).

A produção de briquetes pode gerar empregos em comunidades rurais, onde a matéria-prima é disponível. A comercialização desses biocombustíveis pode impulsionar a economia local e promover o desenvolvimento sustentável.

A expansão volumétrica impacta a eficiência da combustão dos briquetes ao formar vazios dentro do bloco, reduzindo a densidade do material e dificultando a transferência de calor, leva à quebra do briquete durante a combustão, gerando resíduos e emitindo poluentes (Ribaski et al., 2023).

Ao promover a produção local de briquetes, os países podem reduzir sua dependência de importações de energia, fortalecendo a segurança energética e a autonomia nacional. O Quadro 1. compara as vantagens dos briquetes sobre a lenha.

Quadro 1. Vantagens dos briquetes sobre a lenha.

BRIQUETES	LENHA
- Maior densidade, maior energia, menor espaço, menor custo transporte e armazenamento. - Estocagem limpa, ensacada e sem pragas. - Conservação dos fornos - Manejo mais cômodo e seguro - Melhor logística. - Dispensa documentação e taxas. - Não provoca o desmatamento. - Pouca produção de cinzas ou fumaça devido à baixa umidade (8% e 10%). - Queima mais regular. - Temperatura alta da chama. - Venda por massa (kg).	- Menor densidade, menos energia, maior espaço, maior custo de transporte e armazenamento. - Sujeira, pragas no estoque. - Danifica as grelhas das fornalhas. - Possibilidade de ferimentos nas operações de carregar, descarregar. - Logística difícil. - Licenças especiais e taxas. - Contribui para o desmatamento e a degradação ambiental. - Umidade em torno de 25% a 50%. - Irregularidade térmica. - Temperatura baixa da chama. - Venda por volume m³ prejuízos ao consumidor, que “paga” pelos espaços vazios entre os galhos.

Fonte: Donatto et al., (2022).

Desafios

A qualidade da matéria prima, como resíduo de biomassa, pode afetar a consistência e eficiência da produção de briquetes.

Os custos associados à produção podem ser significativos, incluindo custos de matéria-prima, energia, mão de obra e investimentos em equipamentos e infraestrutura. Garantir a viabilidade econômica da produção pode ser um desafio, especialmente para pequenas empresas e em áreas onde os recursos são limitados.

A manutenção adequada de equipamentos como prensas e secadores, é essencial para garantir a qualidade e eficiência dos briquetes. A falta de acesso à tecnologia pode limitar a capacidade de produção e qualidade do produto final.

Segundo Andrade et al., (2023), mesmo em menor quantidade, comparando com outras fontes, a queima dos briquetes ainda gera cinza, fuligem e fumaça. Quanto à granulometria das partículas for menor, melhor será a sua compactação,

além disso a maior parte dos resíduos, aproximadamente 56%, apresentam essa granulometria, sendo esse um aspecto positivo.

A falta de padrões de qualidade e certificação pode dificultar a aceitação e comercialização dos briquetes no mercado.

Briquetes competem com outras fontes de energia, como lenha, carvão e gás natural, que podem ser mais amplamente disponíveis ou mais baratos em determinadas regiões. Convencer os consumidores a adotarem briquetes como uma alternativa sustentável pode ser um desafio.

A falta de educação e conscientização sobre os benefícios dos briquetes e sua utilização pode ser um obstáculo para a adoção generalizada, tanto por parte dos consumidores quanto das empresas. É importante educar os stakeholders sobre os benefícios ambientais, econômicos e sociais dos briquetes. A figura 3. a seguir demonstra os péletes de madeira.

Figura 3. Péletes de madeira.



Fonte: Google, (2023).

Após a queima dos briquetes, como definido na Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o esgotamento das alternativas de tratamento dos resíduos, ou produto final

do seu tratamento podem gerar os rejeitos, que na própria lei é previsto o seu direcionamento aos aterros (Andrade et al., 2023).

CONCLUSÃO

Os briquetes de madeira são uma importante alternativa sustentável e renovável na geração de energia. De acordo com o seu potencial, mostra-se como uma solução ambientalmente amigável para a geração de energia, além da redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a gestão sustentável dos resíduos da indústria madeireira. Ainda há desafios a serem superados, como a otimização dos processos e a melhoria da qualidade do produto final. Por fim, os estudos e o desenvolvimento contínuo nessa área são essenciais para a promoção do uso eficiente e sustentável dos briquetes de madeira como parte da transição para uma matriz energética mais limpa e renovável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Briquetagem – Visão histórica e perspectiva futura**. Revista Floresta e Meio Ambiente. RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em : <https://www.scielo.br/j/floram/a/4DRjMWFM3659smwgRSDcJBm/?lang=pt> Acesso em 08.03.2024.

ANDRADE, A. et al. **Fabricação de briquetes com resíduos de madeira: viabilidade ambiental e econômica**. XXV ENGEMA, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://engema.org.br/25/> Acesso em: 04.03.2024.

BARBOSA, B. M. et al. **Qualidade de briquetes produzidos a partir do mix de resíduo agroindustrial com eucalipto**. Editora Científico Digital. Capítulo 15, Guarujá, 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/qualidade-de-briquetes-produzidos-a-partir-do-mix-de-residuo-agroindustrial-com-eucalipto> Acesso em: 18.03.2024.

BATISTA, J. L. **Projeto conceitual de uma planta de produção para fabricação de briquetes / péletes a partir de resíduos de carvão vegetal e serragem / maravalha de madeira.** Ponta Grossa; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/32948/1/projetoconceitualplantapellets.pdf> Acesso em: 10.03.2024.

BRAGHINI JR., A.; BATISTA, J. L. **Pellets e Briquetes produzidos a partir de resíduos madeireiros como alternativa no mercado global de bioenergia.** XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/09272021_230958_61527e620c6c3.pdf Acesso em: 28.04.2024.

DONATTO, C. J. et al. **Potencial de aproveitamento da madeira: Viabilidade ambiental e comercial na fabricação de briquetes.** Revista DRd – Desenvolvimento Regional em Debate. V12, Canoinhas SC, 2022, disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/3946> Acesso em: 15.03.2024.

GOMES, S. A.; GALVÃO, H. M.; CARTIER, M. **Design de embalagem para briquetes fabricados com biomassa de fino de carvão.** Revista Científica H -TEC – Humanidades & Tecnologia. V.7. Nº 2, Cruzeiro SP, 2023. Disponível em: <https://www.fateccruzeiro.edu.br/revista/index.php/htec/article/view/337> Acesso em: 01.04.2024.

RIBASK, N. G. et al. **Manufacture of briquettes with urban pruning residues.** UFSC. V9, n5, Florianópolis, 2023, p. 41 – 50. Disponível em: <file:///C:/Users/Fatec/Downloads/5926-Texto%20do%20artigo-23760-1-10-20231003.pdf> Acesso em: 20.03.2024.

RIBEIRO, R. M. et al. **Resíduos do desdobro da madeira de Hymenolobium Petralum Ducke para a produção de briquetes.** Revista Virtual de Química. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/4238> Acesso em : 27.04.2024.

SILVA, A. P. S. **Potencial do uso da biomassa florestal para geração de energia: estudo de caso de uma serraria no estado do Pará.** USP, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-26102023-001938/pt-br.php> Acesso em: 11.03.2024.

SOUZA, C. O; ARANTES, M. D. C; PINTO, J. A. et al. **Qualidade dos resíduos madeireiros de mogno-africano e eucalipto para briquetagem.** Revista Ciência e Floresta, V.32, n.2, Santa Maria RS, 2022, p.637 – 652, disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/c76mLjMrPpHCxdPbVrZW6kQ/?format=pdf&lang=pt>
Acesso em: 07.03.2024.

VAZ JR, S. **Bioeconomia em progresso: resíduos da agroindústria.** EMBRAPA. In: Plataforma Visão de futuro do Agro, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-residuos-da-agroindustria> Acesso em: 05.03.2024.