

## FABRICAÇÃO DE BRIQUETES COM RESÍDUOS DE MADEIRA: VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA

**ADRIANA BARREIROS DE ANDRADE**  
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO - UNIFAMETRO

**MARCIA DE SOUZA ALVES**  
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM

**MARCIA MARIA COSTA BACOVIS**

### Introdução

O setor madeireiro no Brasil desenvolveu-se de forma exponencial nos últimos anos. Mesmo com o avanço das tecnologias que reduzem as perdas nos processos, ainda ocorre a geração significativa de resíduos. Diante disto, uma das alternativas para a destinação é geração de energia, através do uso de biomassa de madeira. Nesta indústria, destaca-se a utilização de briquetes que podem ser produzidos a partir de vários tipos de biomassa. Assim, o uso de resíduos de madeira, ganha forma adequada visando a destinação de um passivo, transformando-o em novo produto para fins energéticos e sustentáveis.

### Problema de Pesquisa e Objetivo

Desse modo, aqui cabe o questionamento de quais aspectos positivos e pontos de atenção estão envolvidos na implementação do reaproveitamento dos resíduos madeireiros, no emprego da fabricação de briquetes, e os potenciais de uso dentro da própria indústria madeireira? Considerando a demanda de destinação dos resíduos gerados dos processos produtivos da Indústria Madeireira, o objetivo desta pesquisa foi identificar na literatura a potencialidade do aproveitamento de resíduos de madeira na fabricação de briquetes, a fim de indicar sua viabilidade ambiental e econômica agregada à Indústria.

### Fundamentação Teórica

Em 2000, Porto et al. aponta o aproveitamento da tora em madeiras entre 41% a 60%. Ramos et al. (2018), estima a geração de resíduo desta indústria, cerca de 30 milhões de toneladas de madeira anual. Santos (2019), ressalta o potencial energético deste resíduo, devido à presença de material volátil e sua compactação, itens importantes para a combustão. Donatto (2022), destaca a simples aplicação, podendo ser feita direta na queima em fogão, caldeira ou fornalha. Vale avaliar a geração da cinza (DONATTO, 2022), e rejeito (BRASIL, 2010), que pode ser reutilizado (MAGALHÃES; MORGADO, 2019).

### Metodologia

Este trabalho consiste na revisão da literatura sobre a viabilidade ambiental e econômica na fabricação de briquetes. Primeiramente realizou-se a busca na plataforma Google Acadêmico, por artigos sobre o tema “briquetes de madeira”. Então, utilizou-se o método de pesquisa elaborado por Nascimento-e-Silva (2021a; 2021b; 2021c), a partir da formulação de uma questão de pesquisa e seu correspondente padrão de resposta, seguida da coleta de dados em bases científicas. Após, foi realizada a coleta de dados e as deliberações, quanto à destinação dos resíduos de madeira e a viabilidade econômica.

### Análise dos Resultados

A partir dos dados coletados, foi possível identificar alguns resultados relevantes. Pontos de atenção: há geração de resíduos de rejeito após a utilização através da queima dos briquetes, há produção de cinza, fuligem ou fumaça que é reduzida quando comparada à outras fontes. Quanto aos aspectos positivos: a granulometria, sua simples aplicação, redução do volume original de biomassa, o número reduzido de equipamentos empregados para sua confecção, as possibilidades do aproveitamento energético no próprio processo madeireiro, demonstram fatores econômicos vantajosos no emprego da tecnologia.

### Conclusão

Esse resíduo quando compactado, aumenta a densidade, poder calorífico e reduz a umidade, evidenciando maior eficiência comparado ao resíduo in natura. A compactação melhora a logística, os custos com transporte, estoque e manuseio, os custos para a produção são reduzidos, agregando valor econômico e ambiental. Correlacionando à Economia Circular, esse uso permite a destinação dos resíduos – Cradle to Cradle, estimula a utilização de um subproduto para geração de energia, estendendo o uso – Ciclo Regenerativo, e direciona a utilização energética dentro do próprio processo – Ecologia Industrial.

### Referências Bibliográficas

BRASIL, LEI FEDERAL Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acessado em: 15/06/2023. DONATTO, Claudio José et al. Potencial de aproveitamento da madeira: viabilidade ambiental e comercial na fabricação de briquetes. DRD-Desenvolvimento Regional em debate, v. 12, p. 310-330, 2022. MAGALHÃES, Arthur Santos; SILVA, Tiago Miguel Martins; CASTRO, Vinicius Gomes. Produção e caracterização de briquetes a partir de resíduos sólidos e prensagem semi-manual. Advances in Fo

### Palavras Chave

economia circular, resíduos, briquetes

### Agradecimento a órgão de fomento

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM, por oferecer o curso de pós-graduação em Meio Ambiente e suas Tecnologias, pelo qual foi possível ingressar e adquirir novos conhecimentos e a agradável convivência com os demais alunos, mestres e Doutores do Campus Manaus Distrito Industrial – CMDI. Em especial agradecimento à professora Dra. Marcia Bacovis, pelas orientações e bons momentos de compartilhamento de conhecimento.

# FABRICAÇÃO DE BRIQUETES COM RESÍDUOS DE MADEIRA: VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA

## 1. INTRODUÇÃO

O setor madeireiro no Brasil vem se desenvolvendo de forma exponencial nos últimos anos; seu crescimento consolidado garante a empregabilidade e manutenção do serviço. O avanço das tecnologias garante maquinários que reduzem as perdas nos processos de produção, ainda assim, ocorre a geração significativa de resíduos, os quais necessitam de destinação adequada. Pois, com o aumento na produção, aumenta-se significativamente a geração de resíduos, e consequentemente as indústrias passam a buscar soluções para a problemática de gestão de resíduos advindos do processo industrial (NUNES, 2019).

Uma forma que viabiliza a redução de custos e aumenta a lucratividade dessas empresas é a adoção de mecanismos da logística reversa, na qual a indústria reutiliza ou encaminha os resíduos de forma correta, fazendo assim o reaproveitamento e a reciclagem dos materiais. Além disso, Vale e Gentil (2008), refletem que, a busca por soluções que visam agregar o equilíbrio ambiental e o crescimento econômico e sustentável, devem estar alinhadas com a necessidade de uma conscientização ambiental para minimizar os impactos ambientais oriundos do uso dos recursos naturais. Cooperando com o que diz Batista (2021) que cita que, o maior interesse pelas questões ambientais, tornam o olhar mais acurado para busca e práticas que visem o uso de alternativas renováveis e de menor potencial de poluição.

Diante desses fatos, uma das alternativas para a destinação e geração de energia sustentável que compreende as questões de cunho ambiental agregada à economia sustentável, é o uso de biomassa (FILIPPETTO, 2008), tendo em vista que ela é uma fonte de energia limpa, barata e economicamente viável (CHRISOSTOMO, 2011).

Uma das alternativas viáveis para o aproveitamento do resíduo madeireiro como fonte de energia e para a redução dos impactos gerados pela atividade, é a utilização de briquetes que podem ser produzidos a partir de vários tipos de biomassa (DIAS, 2012). Continuando o pensamento de Dias (2012), esse material densificado (briquete) se mostra mais vantajoso do que o insumo in natura. Pois, segundo explica Mitchell (2020) a forma irregular, a alta umidade e a baixa densidade da biomassa em sua forma in natura, são fatores que dificultam o armazenamento, transporte e manuseio impactando na utilização como fonte energética. Fatores estes contornados pelo briquete, que apresenta redução no volume, alta capacidade calorífica, redução de custo com logística e transporte, estoque e manuseio facilitados e homogeneização do combustível (DA SILVEIRA NUNES, 2022).

Partindo desse ponto, o uso de resíduos de madeira, que são resíduos provenientes da indústria madeireira, ganham formatação adequada visando a destinação de um passivo, transformando-o em um produto novo para fins energéticos e economicamente viáveis. No Brasil o uso de briquetes advindos de resíduos de madeiras se mostram como opção viável, por possuir grande quantidade de matéria-prima para fabricação e por esse material possuir grande potencial calorífico na queima (PONTIERI, 2018).

Desse modo, aqui cabe o questionamento de quais aspectos positivos e pontos de atenção estão envolvidos na implementação do reaproveitamento dos resíduos dos processos madeireiros, no emprego da fabricação de briquetes, e os potenciais de uso dentro da própria indústria madeireira?

Considerando a demanda de destinação dos resíduos gerados dos processos produtivos da Indústria Madeireira, o objetivo desta pesquisa foi identificar na literatura a potencialidade do aproveitamento de resíduos de madeira na fabricação de briquetes, como forma de indicar a viabilidade ambiental e econômica da atividade agregada à Indústria.

O estudo está estruturado em seis seções. Na primeira seção está a introdução, com a justificativa e os objetivos deste trabalho. Na segunda, a fundamentação teórica com uma revisão literária sobre a gestão dos resíduos de madeira e o meio ambiente. Na terceira seção descreve-se a metodologia utilizada na pesquisa e, na sequência, os resultados e discussão dos resultados. Na quinta seção apresentamos as considerações finais e por último, as referências utilizadas.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A problemática dos resíduos sólidos é um tema que gera diversas reflexões quanto às alternativas existentes de destinação e aproveitamento, mas também quanto às soluções que devem ser buscadas, com a finalidade de trazer a sustentabilidade para as atividades presentes e futuras exercidas pela humanidade sobre o planeta.

Para isso é interessante clarificar o significado de resíduos sólidos. Segundo a lei federal Nº 12.305 de 2010, resíduos sólidos são:

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art.3).

Partindo dessa compreensão, este trabalho aborda a geração dos resíduos na indústria madeireira. Esta que é bastante presente em nosso cotidiano, pelos diversos usos atribuídos à madeira, que após a sua transformação são bastante utilizados em mobiliário e materiais para construção civil. Porém, parte do volume da madeira que entra neste processo de transformação, não é aproveitado como produto final, sendo considerado como um resíduo.

### **2.1 EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS MADEIREIROS**

Um estudo realizado no ano de 2020, aponta para um aproveitamento útil da tora da madeira no percentual entre 41% a 60%, enquanto que o percentual do que não é aproveitado, fica em torno de 36,7% a 44,1% (PORTO *et al.*, 2020).

Ramos *et al.* (2018) apresenta em seu estudo, a estimativa de geração de resíduos gerados pela indústria madeireira, no Brasil cerca de 30 milhões de toneladas de madeira são geradas anualmente, refletindo um problema de eficiência nos processos, e aponta que o reaproveitamento dos resíduos torna a atividade menos impactante ambientalmente.

Estes quantitativos, implicam na necessidade do direcionamento adequado desses volumes de material madeireiro, tendo em vista que, uma vez que considerados como resíduos, e dispostos de maneira inadequada, podem gerar diversos impactos para o meio ambiente.

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

O aspecto ambiental, segundo a normatização brasileira, através da ABNT/NBR ISO 14.001:2015, é o elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização, que pode interagir com o meio ambiente. Este conceito é essencial para compreensão do que é o impacto ambiental, que segundo a mesma norma, trata-se de qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Logo, os possíveis impactos ambientais a serem causados por esta etapa do processo da indústria madeireira, estão elencados a seguir: alteração da qualidade do solo, alteração da qualidade de água, odor, aspecto visual indesejado, emissão de material particulado de pó de serragem no ar, incômodo à vizinhança. A Lei N.º 9.605 de 1988, conhecida como lei de crimes ambientais, define crime ambiental, aquele que causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Em função disto, tal condição é objeto de fiscalização ambiental por parte dos Órgão Ambientais, a fim de constatar a regularidade e o atendimento às condições de operação destes empreendimentos, sendo um dos principais itens avaliados, o direcionamento adequado aos resíduos gerados pela atividade, de maneira a eliminar ou reduzir ao máximo os impactos ambientais associados.

Outro aspecto que deve ser observado é a emissão de CO<sub>2</sub>. Através das informações geradas pelo tema Mudanças Climáticas, sabe-se que a decomposição da matéria orgânica gera emissões para a atmosfera contribuindo para as mudanças climáticas. A decomposição de madeira serrada especificamente, emite em média 5,6 t CO<sub>2</sub>/t de tora (CAMPOS, 2012). Todos estes aspectos tornam indispensável o entendimento do contexto global. Através das metas para o desenvolvimento sustentável, estabelecidas pela ONU, os países se comprometem através de compromissos para a melhoria da qualidade ambiental e social para o planeta como um todo. Tratam-se de 17 objetivos:

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes são os objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil (ONU,2023).

Associados ao contexto da indústria madeireira, podemos citar o consumo e produção responsáveis. Nos objetivos foram destacados os itens em que almeja-se alcançar o manejo ambientalmente saudável dos resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes bem como minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente e o que deve ser buscado até 2030, a redução da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

A busca por estratégias e práticas mais sustentáveis de produção e consumo são necessárias para o alcance destas metas, e dentre as estratégias disponíveis, nota-se que os conceitos abordados pela Economia Circular convergem com as metas de desenvolvimento sustentável. Segundo a Fundação Ellen Macarthur, a economia circular se fundamenta em três pilares principais: A eliminação de resíduos e poluição; Circular os produtos e materiais no seu valor mais alto e; Regenerar a Natureza (EMF, 2023).

Visto isso, Junior (2017) ressalta os percentuais de direcionamento dos resíduos madeireiros, em que 99,7% de casca, galhos e folhas são dispostos no próprio solo, com a finalidade de promover a sua proteção e adubação. Já para os 25,5% caracterizados por cavacos, serragem e aparas de papel, são aproveitados como insumo pelas empresas do setor de árvores plantadas. Quando se trata da atividade industrial, cerca de 66,0 % dos resíduos são encaminhados para o seu reaproveitamento energético, sendo utilizados em caldeiras de vapor e até mesmo na geração de energia elétrica.

### 2.3 FABRICAÇÃO DE BRIQUETES COMO ALTERNATIVA PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

O avanço de alternativas para o fornecimento de energia vem sendo crescente nos últimos anos e, as energias renováveis vêm ganhando espaço como fonte de energia alternativa, tendo em vista, o crescimento populacional que implicou no aumento do consumo energético. Em virtude desse fato, existe a necessidade de realizar estudos e encontrar meios viáveis de novas fontes alternativas de energia, tendo em vista, que os combustíveis fósseis, geram grandes impactos ambientais (DONATTO, 2016).

Unindo a demanda energética e a necessidade de dar um encaminhamento aos resíduos gerados pela indústria madeireira, a confecção de briquetes para o aproveitamento energético dos resíduos, está alinhado com o princípio da Economia Circular quanto à eliminação dos resíduos e da poluição, corrigindo essa falha de projeto e permitindo que esses materiais sejam utilizados na economia até o esgotamento de seu uso.

Quanto à granulometria das partículas de 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.

Um fator identificado, é a quantidade reduzida de tecnologias necessárias para implementação da briquetagem, sendo necessário somente o emprego de: triturador (opcional, de acordo com a granulometria dos resíduos gerados), secador (também opcional caso a umidade do resíduo a ser briquetado apresente umidade entre 5 a 10% em alguns estudos considera-se aceitável até 23% de umidade, considerada apta para o processo de compactação), briqueteira e embalagem e armazenagem.

Outro aspecto notável, o armazenamento destes materiais, uma vez que após o processo de briquetagem, a compactação realizada permite a redução dos volumes armazenados, reduzindo a área útil dentro da serraria para guarda dos mesmos. A redução dos volumes fica em torno de 4 a 6 vezes, sendo possível em alguns casos alcançar uma compactação de até 11 vezes em relação ao volume da biomassa de origem.

Quanto ao poder calorífico segundo Santos (2019), destacam-se os o poder calorífico e os teores de materiais voláteis, que se demonstram superiores para as mesmas quantidades de resíduo. Os materiais voláteis são importantes para queima, pois trata-se do elemento que fornece energia durante o processo de combustão. A forma compactada reduz área superficial, e a melhoria dessa característica resulta em uma queima mais lenta.

De acordo com Donatto (2022), quanto ao uso dos briquetes, não é necessária 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: 4800 kcal/kg, quando comparado a outras fontes como a Lenha: 2200 a 2500 kcal/kg. Além disso, seu poder calorífico é padronizado (não apresenta grande variação), proporcionando um cálculo de rendimento e custo mais aproximado de material usado, o que facilita o dimensionamento de sua utilização.

Por fim cabe ainda, uma análise quanto aos rejeitos gerados após a queima dos briquetes. Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos Lei 12.305/10, rejeitos tratam-se dos resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, Art.3).

Assim, a utilização dos briquetes, após a sua queima, gera resíduos de cinzas, no entanto, quando comparada à queima de outras fontes esse quantitativo é inferior. A geração de cinza pela queima de briquetes gera pouca produção de cinza, fuligem ou fumaça, devido à baixa umidade que fica entre 8% e 10%, enquanto que na queima de lenha a umidade se eleva para em torno de 25% a 50% (DONATTO, 2022).

A relação entre a massa de resíduos e a massa de combustível alimentado determina o teor de cinzas gerado. Assim, combustíveis com menor teor de cinzas são mais adequados para processos termoquímicos por facilitar a limpeza dos equipamentos e instalações, o transporte, armazenamento e reutilização das cinzas devido à sua composição química (MORGADO, 2019). De acordo com Magalhães (2019) ainda é possível agregar estas cinzas a um novo briquete, desde que este percentual não ultrapasse 4% do total da massa do briquete, pois estes influenciam a transferência de calor na superfície do material combustível.

### **3. METODOLOGIA**

Este trabalho tem como pressuposto a revisão da literatura para averiguação da viabilidade ambiental e econômica na fabricação de briquetes a partir dos resíduos de madeira, tendo em vista a demanda desses resíduos provenientes das atividades da Indústria Madeireira e a dificuldade de destinação adequada desse passivo ambiental, ocasionando diversos impactos ao Meio Ambiente.

Tendo isso como ponto norteador, realizou-se primeiramente a busca na plataforma de pesquisa do Google Acadêmico, por artigos que abrangem o tema “briquetes de madeira” para se ter uma noção da proporção de informações sobre a temática.

Então, utilizando o método de pesquisa elaborado por Nascimento-e-Silva (2021a; 2021b; 2021c), que parte da formulação de uma questão de pesquisa e seu correspondente padrão de resposta, em seguida com a coleta de dados em bases científicas. Dessa forma, uma argumentação foi formada: O que são briquetes de resíduos de madeira? E a busca foi realizada através do questionamento no Google Acadêmico. Um total de 3.700 resultados foram encontrados em língua portuguesa, enquanto que 16.100 resultados foram encontrados em língua inglesa.

A partir deste ponto, foi realizada a coleta de dados e as deliberações, considerando os artigos de abrangência do tema específico, quanto à destinação dos resíduos de madeira e a viabilidade econômica.

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos dados coletados, foi possível identificar alguns resultados relevantes, que se encontram sintetizados de acordo com esquema abaixo:

Figura 1: Síntese dos resultados encontrados.



Fonte: Autores (2023).

Dos pontos analisados, destaca-se como ponto de atenção a geração de resíduos de rejeito após a utilização através da queima dos briquetes. Como definido na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), após 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.

Outro ponto de atenção, se trata da geração de cinzas, mesmo que reduzida, quando comparado ao mesmo processo aplicados a outras fontes. A quantidade de rejeitos originados pelo processo de queima de briquetes, ocasiona pouca produção de cinza, fuligem ou fumaça. Isto tem relação direta com o teor de umidade (DONATTO, 2022), que apresenta percentuais de 8% e 10% para os briquetes, ao mesmo tempo que na queima de lenha a umidade se eleva para em torno de 25% a 50%.

Quanto aos aspectos positivos, a granulometria, a sua simples aplicação e redução do volume original de biomassa, representam diversos aspectos positivos a serem considerados, quando da análise de implementação deste processo como alternativa para o direcionamento ambientalmente adequado para os resíduos de madeira gerados pela indústria madeireira. O número reduzido de equipamentos empregados para sua confecção, bem como as possibilidades do aproveitamento energético no próprio processo madeireiro, demonstram fatores econômicos vantajosos no emprego da tecnologia.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através das análises realizadas, foi constatado que os estudos sobre fabricação de briquetes advindos dos resíduos de madeira vem ganhando espaço a cada ano. Fato constatado, através das buscas dos artigos e o resultado considerável de artigos publicados. Notoriamente, os artigos em língua inglesa são em maior quantidade que os artigos em língua portuguesa. Talvez isso se deva ao fato de que os estudos nessa temática são mais recentes.

De acordo com os artigos estudados, percebe-se que o Brasil possui um grande potencial para fabricação de briquetes de resíduos de madeira, tendo em vista que o setor madeireiro é crescente e estes geram grandes quantidades de resíduos do processo industrial.

Estudos científicos mostraram e comprovaram o aumento da densidade, o alto poder calorífico e a baixa no teor de umidade demandado, quando da compactação desses resíduos de madeira. Isso compactua com o pensamento de alguns cientistas estudados, de que o briquete possui maior eficiência em comparação ao resíduo in natura. Além disso, a uniformização do produto facilita na logística, reduzindo os custos com transporte, estoque e manuseio, compactuando com a viabilidade ambiental e econômica do produto.

Percebe-se também que os estudos mostram a viabilidade ambiental para uso energético dos briquetes de resíduos de madeira, pois, além de produzir um novo produto, os custos não são elevados para a produção, tendo em vista que a matéria-prima é o próprio resíduo da atividade madeireira agregando valor econômico e ambiental sendo, entretanto, necessário, incentivos à aplicação da produção dentro das indústrias madeireiras como forma de mostrar uma destinação adequada e rentável.

Pensando nos conceitos de Economia Circular, podemos relacionar que a adoção desse aproveitamento oferece um direcionamento aos resíduos do processo madeireiros, dando uma disposição adequada para estes materiais Cradle to Cradle (C2C). Estimula a utilização de um subproduto do processo madeireiro para a geração de energia térmica, estendendo o uso (CICLO REGENERATIVO). Direciona a utilização deste potencial energético dentro do próprio processo madeireiro, reduzindo o custo de demanda externa. (ECOLOGIA INDUSTRIAL).

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**



BATISTA, Jorge Luiz; GROSSA, Ponta; JUNIOR, Aldo Braghini. Pellets e briquetes produzidos a partir de resíduos madeireiros como alternativa no mercado global de bioenergia. XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2021.

BRASIL, LEI FEDERAL Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acessado em: 15/06/2023

BRASIL, LEI FEDERAL Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm). Acesso em: 17/06/2023

CAMPOS, Erica Ferraz. Emissão de CO<sub>2</sub> da madeira serrada da Amazônia: o caso da exploração convencional. Dissertação de Mestrado, 2012.

CHRISOSTOMO, Walbert. Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Materiais Funcionais e Polímeros de Fontes Renováveis) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011.

DA SILVEIRA NUNES, João Vitor et al. Desenvolvimento de molde para produção de briquetes em escala de bancada. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 39, n. 1, p. 26997, 2022.

DIAS, JMC de S. et al. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. Brasília, DF, 2012.

DONATTO, Claudio José et al. Potencial de aproveitamento da madeira: viabilidade ambiental e comercial na fabricação de briquetes. DRd-Desenvolvimento Regional em debate, v. 12, p. 310-330, 2022.

DONATO, Cláudio José; TAKENAKA, Edilene Mayumi Murashita. O Aproveitamento de resíduos de madeira para o desenvolvimento sustentável. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 12, n. 4, 2016.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION -EMF. O que é a economia circular? Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>. Acesso em: 17/06/2023

FILIPPETTO, D. Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica de mercado. 2008, 61f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. São Paulo, 2008.

JÚNIOR, M.A. et al. O contexto brasileiro e as oportunidades e as oportunidades de aprovação de resíduos de madeira. Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA, Três Lagoas, v. 5, n.3, pp. 24-40, agosto/dezembro. Edição especial 2017. ISSN: 2447-8822

MAGALHÃES, Arthur Santos; SILVA, Tiago Miguel Martins; CASTRO, Vinicius Gomes. Produção e caracterização de briquetes a partir de resíduos sólidos e prensagem semi-manual. Advances in Forestry Science, v. 6, n. 3, p. 705-710, 2019.

MITCHELL, E.J.S.; GUDKA, B.; WHITTAKER, C.; SHIELD, I.; PRICE-ALLISON, A.; MAXWELL, D.; JONES, J.M.; WILLIAMS, A. The use of agricultural residues, wood briquettes and logs for small-scale domestic heating. *Fuel Processing Technology*, v.210, art.106552, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106552>.

MORGADO, Géssika Andrea Guilherme. Estudo da queima de briquetes de biomassa numa caldeira. Dissertação de Mestrado, 2019.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Handbook of the scientific-technological method: synthetic edition. Manaus: DNS Editor, 2021a.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: fundamentos. Manaus: DNS Editor, 2021b.

NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. O método científico-tecnológico: questões de pesquisa. Manaus: DNS Editor, 2021c.

NUNES, Roberta Samara Barros; SERRA, Juan Carlos Valdés. Quantificação de resíduos de madeira provenientes de empresas moveleiras de pequeno porte e alternativas de aproveitamento. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, v. 10, n. 3, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 17/06/2023.

PONTIERI, Caroline Schreiber do Nascimento. Barreiras ao avanço do consumo de briquetes de resíduos de madeira em pizzarias da região de São José dos Campos. 2018. Tese de Doutorado.

PORTO, Aline Lopes Gonçalves et. al. Análise dos resíduos gerados por indústrias de beneficiamento de madeira na região metropolitana de Belém. *Engenharia Industrial Madeireira: Tecnologia, Pesquisa e Tendências*, v. 1, p. 49-57, 2020.

RAMOS, W. F.; RUIVO, M. de L. P.; JARDIM, M. A. G.; SOUSA, L. M. de. Geração de Resíduos Madeireiros do Setor de Base Florestal na Região Metropolitana de Belém, Pará. *Ciência Florestal*, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 1823–1830, 2018. DOI: 10.5902/1980509835341.

SANTOS, R. C. et al. Efeito da variabilidade de resíduos madeireiros na produção e qualidade de briquetes. *Advances in Forestry Science*, v. 6, n. 1, p. 529-534, 2019.