

**GERAÇÃO E USO DE CAVACOS DE MADEIRA DE RESÍDUOS FLORESTAIS: Eficiência Energética e Sustentabilidade**

***GENERATION AND USE OF WOOD CHIPS FROM FORESTRY RESIDUES: Energy Efficiency and Sustainability***

Emerson Mateus Bezerra da Silva – emersonsilva.17@outlook.com  
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Daniela Rodolpho – daniela.rodolpho@fatec.sp.gov.br  
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo - Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2208

Data de submissão: 07/04/2025

Data do aceite: 26/06/2025

Data da publicação: 30/06/2025

## **RESUMO**

A transição para fontes de energia renováveis tem se tornado uma prioridade global na busca por alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis. Os cavacos de madeira, derivados de resíduos florestais, emergem como uma solução promissora para a geração de energia, combinando viabilidade econômica, eficiência energética e benefícios ambientais. Este estudo explora detalhadamente o processo de produção desses cavacos, desde a coleta da matéria-prima até sua aplicação na geração de energia térmica e elétrica. Além disso, são analisadas as implicações ambientais do seu uso, os desafios operacionais e as perspectivas de crescimento do mercado. A pesquisa ainda discute políticas públicas, inovações tecnológicas e estudos de caso de países que lideram a implementação da biomassa florestal como alternativa energética.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade ambiental. Resíduos florestais. Energia renovável. Biomassa. Cavacos de madeira.

## **ABSTRACT**

The transition to renewable energy sources has become a global priority in the search for sustainable alternatives to fossil fuels. Wood chips, a form of forestry waste, are emerging as a promising solution for energy generation, combining cost-effective solutions, energy efficiency, and environmental benefits. This study explores in detail the production process of these chips, from the collection of the raw material to its application in the generation of thermal and electrical energy. In addition, the environmental implications of their use, operational challenges, and market growth prospects are demonstrated. The research also discusses public

policies, technological innovations, and case studies of countries that are leading the implementation of forest biomass as an energy alternative.

**Keywords:** Environmental sustainability. Forestry waste. Renewable energy. Biomass. Wood chips.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação global com a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa tem impulsionado a busca por alternativas mais limpas e renováveis aos combustíveis fósseis. Nesse cenário, a biomassa surge como uma solução promissora, capaz de transformar resíduos orgânicos em energia, reduzir impactos ambientais e fortalecer a segurança energética (Silveira, 2019).

A biomassa abrange resíduos agrícolas, florestais e industriais. Dentre esses, destacam-se os resíduos florestais, como restos de serrarias, materiais de colheita e subprodutos da indústria madeireira, que podem ser convertidos em cavacos de madeira. Esses fragmentos são utilizados como biocombustível em usinas termelétricas, caldeiras industriais e sistemas de aquecimento urbano (Bianchini, 2020).

Esse reaproveitamento impulsiona a economia circular, ao agregar valor a materiais subutilizados e reduzir o volume de resíduos destinados a aterros. Experiências de países como Suécia e Finlândia evidenciam o papel dos cavacos de madeira na transição para matrizes energéticas mais sustentáveis, com políticas públicas eficazes e tecnologias consolidadas (Bianchini, 2020).

O Brasil, por sua vez, possui vastas áreas de florestas plantadas e forte presença da indústria florestal, o que o torna um país com grande potencial para ampliar o uso dessa biomassa. Estudos indicam que a adoção de políticas públicas adequadas pode fomentar investimentos, melhorar a competitividade do setor e gerar empregos ao longo da cadeia produtiva (Instituto Acende Brasil, 2015).

Outro aspecto relevante é a mitigação dos impactos ambientais causados pela decomposição inadequada de resíduos florestais. A liberação de gases como o metano (CH<sub>4</sub>), com alto potencial de aquecimento global, pode ser evitada por meio da conversão desses resíduos em cavacos para geração de energia (Canto *et al.*, 2007).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial energético e ambiental dos cavacos de madeira produzidos a partir de resíduos florestais,

discutindo sua viabilidade técnica, econômica e o papel estratégico dessa biomassa na construção de uma matriz energética mais sustentável.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Por que Cavacos de Madeira e como são feitos?

Os cavacos de madeira são fragmentos obtidos de resíduos florestais e industriais, amplamente utilizados como biocombustível em razão de sua versatilidade, disponibilidade e bom desempenho energético. Seu uso tem crescido consideravelmente em diversos setores, impulsionado pela busca por fontes renováveis e pela valorização de resíduos antes subutilizados (Bianchini, 2020).

#### 2.1.2 Processo de Produção

Para garantir a qualidade e a eficiência do material final, a produção de cavacos de madeira ocorre em várias etapas:

**Coleta de Resíduos Florestais:** Biomassa residual resultante de operações de colheita florestal, desbaste de plantações e subprodutos industriais, como cavacos e serragem (Pincelli, 2011). Gerenciar eficiência esse processo é crucial para minimizar os custos e garantir que as matérias-primas não se deterioresem antes do processamento.

**Figura 1: Maquinário efetuando a coleta de resíduos em meio a floresta.**



Fonte: Próprio Autor (2025).

**Trituração e Corte em Cavacos:** Máquinas dedicadas quebram os resíduos em pedaços uniformes, resultando em melhor uso de energia (Silveira, 2019). O tipo de picador está diretamente relacionado à qualidade do produto e existem máquinas estacionárias em unidades industriais, bem como uma ampla variedade de destruidores móveis usados na área de extração florestal.

Figura 2: Maquinários móveis efetuando o processo de trituração.



Fonte: Próprio Autor (2025).

**Secagem e Armazenamento:** A redução da umidade é crucial para melhorar o desempenho da combustão e reduzir as emissões de partículas (Bianchini, 2020). Secagem ao ar, secadores rotativos e leitos fluidizados estão entre os métodos para aumentar a eficiência energética. Para evitar que os cavacos 'ganhem mofo' ou 'grudem uns nos outros', é importante colocar os cavacos sob condições certas.

**Classificação e Padronização:** Os cavacos são categorizados de acordo com seu tamanho de partículas, teor de umidade e valor calorífico, confirmando sua adequação para diversas aplicações industriais (Seta, 2025). Padrões como ENplus e ISO 17225 fornecem critérios que garantem a aplicação eficiente e segura de cavacos dentro da cadeia de valor da biomassa.

A qualidade dos cavacos afeta diretamente seu rendimento energético, portanto, é necessário extremo controle em todas as etapas de processamento. Também foram pesquisadas melhorias tecnológicas relacionadas à torrefação da biomassa, onde a densidade dos cavacos poderia ser aumentada para torná-los ainda mais competitivos com biocombustíveis sólidos.

## **2.2 Usos Energéticos dos Cavacos de Madeira**

O uso de cavacos de madeira em diferentes setores industriais contribui para a transição energética, destacando-se por seu desempenho como biocombustível renovável (Silveira, 2019).

### **2.2.1 Geração de Energia Térmica, Elétrica e Cogeração**

Os cavacos são amplamente utilizados como combustível em caldeiras industriais e usinas termelétricas, com aplicações nos setores de papel e celulose, alimentos, bebidas e cerâmica (Seta, 2025). Sua eficiência energética varia de acordo com a umidade e granulometria, exigindo padronização do material. Além disso, são empregados em sistemas de cogeração — geração simultânea de calor e eletricidade — especialmente em países como Suécia e Finlândia, onde políticas públicas estimulam o uso descentralizado de biomassa (Pincelli, 2011). Esse modelo aumenta a eficiência do processo, reduz custos operacionais e promove menor impacto ambiental (Bianchini, 2020).

### **2.2.2 Biocombustíveis Sólidos e Outras Aplicações**

Além da queima direta, os cavacos também podem ser compactados na forma de pellets e briquetes, biocombustíveis sólidos com alta densidade energética e fácil transporte (Bianchini, 2020). Estes são utilizados em sistemas de aquecimento doméstico e comercial, bem como em indústrias de pequeno e médio porte. Devido à crescente demanda, especialmente na União Europeia, há investimentos contínuos em tecnologias para agregar valor aos cavacos e aumentar a eficiência de sua combustão (Seta, 2025).

Paralelamente, os cavacos desempenham papel relevante em setores não energéticos. São matéria-prima fundamental na produção de celulose para papel e embalagens biodegradáveis (Pincelli, 2011), além de serem usados na fabricação de MDF (*Medium Density Fiberboard*) e aglomerados para móveis e construção civil (Silveira, 2019). Com o avanço tecnológico, surgem também aplicações em bioplásticos e outros bioprodutos, ampliando o valor de mercado e contribuindo para uma economia de baixo carbono (Seta, 2025).

### 2.3 Impacto Ambiental e Sustentabilidade

O uso de cavacos de madeira como fonte energética oferece vantagens ambientais expressivas. A biomassa apresenta um ciclo de carbono fechado, com menor emissão líquida de CO<sub>2</sub> em comparação aos combustíveis fósseis (Bianchini, 2020). Essa substituição ajuda a mitigar as consequências do aquecimento global e das mudanças climáticas.

Figura 3: Representação do Fluxo do ciclo da biomassa.



Fonte: FILOTIPO (2021).

Além disso, a conversão de resíduos florestais em energia evita o descarte inadequado e o acúmulo de matéria orgânica em aterros. Isso contribui para a economia circular e reduz a necessidade de extração de recursos naturais virgens (Grupo Salmeron, 2023). A utilização de espécies de crescimento rápido, como eucalipto e acácia-negra, dentro de um manejo florestal sustentável, assegura a oferta contínua de matéria-prima e minimiza os impactos sobre o meio ambiente (Potencial Florestal, 2024).

A queima controlada de cavacos em sistemas modernos resulta em emissões atmosféricas reduzidas. A diminuição de poluentes como o enxofre, por exemplo, contribui para a melhora da qualidade do ar e redução de fenômenos como a chuva ácida (Seta, 2025).

Ainda assim, há desafios a considerar. O armazenamento e o transporte inadequados da biomassa podem comprometer sua qualidade e gerar perdas. A demanda crescente, se não for

acompanhada de planejamento e regulamentação, pode pressionar os recursos florestais. Políticas públicas e práticas responsáveis são essenciais para garantir os benefícios ambientais da biomassa florestal como fonte renovável (Almeida, 2015).

## **2.4 Compreensão através de Estudos de Caso e Experiências**

Em muitos países que procuram mudar de combustíveis fósseis para energia renovável, os cavacos de madeira oferecem uma boa solução. Tal cobertura, ao contrário da Suécia, Finlândia e Brasil: na qual a biomassa florestal é utilizada por esses países como uma forma de geração de energia, seja técnica, econômica ou ambientalmente.

### **2.4.1 Suécia: Primeira Adotante de Biomassa**

A Suécia é conhecida globalmente por sua matriz energética diversificada e sustentável, e a biomassa é um componente chave. Essa rota avançada foi amplamente investida em tecnologia a nível nacional na Dinamarca, como o uso de cavacos de biomassa para o aquecimento de espaços em centros urbanos, bem como para a geração de eletricidade. Sob a política energética sueca, fontes de baixo impacto desenvolvidas para uma queda dramática nas emissões de gases de efeito estufa e menos dependência de combustíveis fósseis. Além disso, a inclusão da biomassa na matriz energética levou a melhorias regionais na economia e na criação de empregos no setor florestal (Canto *et al.*, 2007).

### **2.4.2 Finlândia: Eficaz e Sustentável**

É um país rico em florestas, e a biomassa é uma opção natural para a geração de energia. Sistemas muito eficientes para coleta e processamento de resíduos florestais já estão sendo implementados em todo o país, onde os resíduos são processados em cavacos de madeira que serão usados em plantas de cogeração para a produção de calor e eletricidade. Em 2004, foi estimado que 2,7 milhões de m<sup>3</sup> de cavacos de madeira fossem usados para energia, com o objetivo de atingir 5 milhões de m<sup>3</sup> até 2010. Esta abordagem fornece não apenas progresso em termos ambientais, mas também independência energética e impulso à economia local. Pesquisas e desenvolvimentos em melhores tecnologias de conversão de biomassa também estão ocorrendo na Finlândia, tornando-as rápidas e acessíveis (Canto *et al.*, 2007).

### 2.4.3 Viabilidade Potencial e Econômica no Brasil

No Brasil, a vasta disponibilidade de recursos florestais e a crescente demanda por fontes de energia limpa tornam possível considerar os cavacos de madeira como uma nova fonte de energia promissora. Os cavacos de madeira são um método e eficiente de geração de energia térmica, de acordo com estudos. O valor calórico da biomassa pode de fato ser melhorado, levando assim a uma melhoria do desempenho energético, por exemplo, secagem da biomassa. De fato, mostra-se que os investimentos relacionados mais recorrentes para os projetos industriais de secagem de cavacos apresentam indicadores financeiros positivos (alto VPL e TIR), índices que representam certa rentabilidade para os investidores. Além disso, os cavacos de madeira utilizam resíduos industriais e promovem o tratamento sustentável das florestas, em consonância com as diretrizes ambientais e energéticas do país (Silveira, 2019).

## 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste estudo, adotamos uma abordagem que combina métodos qualitativos e quantitativos para entender melhor a produção e o uso dos cavacos de madeira provenientes de resíduos florestais. O foco foi analisar sua eficiência energética e contribuição para a sustentabilidade. Para isso, seguimos quatro estratégias principais:

**Pesquisa Bibliográfica:** Buscamos embasamento teórico a partir da análise de artigos científicos, dissertações acadêmicas, livros e relatórios técnicos. Isso nos permitiu compreender melhor os avanços tecnológicos, os impactos ambientais e as previsões econômicas da biomassa derivada de cavacos de madeira.

**Estudo de Casos Reais:** Investigamos experiências concretas de países que já utilizam biomassa florestal como fonte de energia, incluindo Suécia, Finlândia e Brasil. Comparar as políticas impostas por esses países nos ajudou a identificar vantagens e desafios no uso da biomassa para geração de energia.

**Análise Comparativa:** Para medir a previsão dos cavacos de madeira como alternativa energética, comparamos fatores como poder calorífico, emissão de CO<sub>2</sub>, eficiência da combustão e custos operacionais em relação a outras formas de biomassa e combustíveis fósseis.

Com essa abordagem, foi possível obter uma visão detalhada sobre o potencial dos cavacos de madeira na matriz energética, considerando não apenas seus benefícios ambientais, mas também suas previsões econômicas e operacionais.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na interpretação de dados, revisão bibliográfica e estudos de caso do Brasil e do exterior, constata-se que os cavacos de madeira representam uma alternativa energética robusta, com elevado potencial de integração à matriz energética sustentável. Dentre os atributos mais relevantes, destaca-se o seu desempenho energético: quando submetidos a processos adequados de secagem, esses fragmentos podem atingir um poder calorífico entre 8 e 18 MJ/kg, variando de acordo com a umidade e a densidade do material, o que os posiciona de forma competitiva frente a outras formas de biomassa sólida (Bianchini, 2020).

No aspecto ambiental, os benefícios são substanciais. A substituição progressiva de combustíveis fósseis por cavacos de madeira possibilita uma expressiva redução nas emissões de gases de efeito estufa, sobretudo CO<sub>2</sub>. Segundo Borges (2015), essa substituição pode gerar reduções de até 80% nas emissões, contribuindo diretamente para o cumprimento de metas climáticas e fortalecendo o papel da biomassa como alternativa limpa e de baixo impacto ambiental.

Sob o ponto de vista econômico, a viabilidade do uso dos cavacos está diretamente relacionada à existência de uma cadeia produtiva eficiente. Projetos de secagem e padronização da biomassa florestal têm apresentado resultados positivos em termos de retorno financeiro, com indicadores como Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) acima das expectativas médias do setor (Silveira, 2019). Esses dados demonstram o potencial do setor para atrair investimentos, especialmente quando inserido em contextos com incentivos fiscais, subsídios ou parcerias público-privadas.

A eficiência energética dos cavacos de madeira está intrinsecamente associada à qualidade do processamento, principalmente ao controle de umidade e à uniformização granulométrica. Essas variáveis influenciam diretamente o rendimento térmico, o desempenho da combustão e a emissão de poluentes. Países como Suécia e Finlândia evidenciam que, com políticas públicas consistentes e incentivo à inovação tecnológica, é possível integrar a biomassa de forma estratégica a sistemas de cogeração e aquecimento urbano, otimizando o uso de energia em escala local (Canto *et al.*, 2007).

A adoção dessa matriz energética, entretanto, depende de um ecossistema produtivo bem estruturado. A articulação entre setores industriais — como o florestal, cerâmico, de papel e celulose — pode gerar sinergias importantes, não apenas pela otimização da logística de transporte e armazenamento, mas também pela diversificação dos mercados consumidores.

Além disso, a sustentabilidade da cadeia de produção dos cavacos de madeira exige comprometimento com práticas ambientais responsáveis. O uso de madeira proveniente de reflorestamentos certificados, a rastreabilidade da matéria-prima e a incorporação de tecnologias de baixo impacto são fatores determinantes para garantir que os benefícios ambientais não sejam comprometidos por falhas operacionais ou excesso de exploração (Potencial Florestal, 2024; Grupo Salmeron, 2023).

Em síntese, os cavacos de madeira não são apenas um subproduto valorizado da indústria florestal, mas uma peça estratégica para a construção de uma matriz energética mais resiliente, descentralizada e ambientalmente equilibrada. Para que esse potencial seja efetivamente consolidado, é indispensável o fortalecimento de políticas públicas, a promoção da pesquisa aplicada e o engajamento do setor produtivo em modelos sustentáveis de desenvolvimento energético.

## 5. CONCLUSÃO

O uso de cavacos de madeira como fonte energética representa mais do que uma alternativa técnica: é uma estratégia alinhada à sustentabilidade, à economia circular e à valorização de resíduos florestais. Ao transformar materiais antes descartados em recursos energéticos eficientes, reduz-se a pressão sobre os recursos naturais e amplia-se o uso de fontes limpas e renováveis.

Os benefícios do uso de cavacos de madeira vão além do aspecto ambiental. Eles contribuem para a redução das emissões de carbono, aprimoram a gestão de resíduos orgânicos e fortalecem cadeias produtivas regionais. Essa abordagem também gera oportunidades econômicas, especialmente para setores como a indústria florestal, papel e celulose, cerâmica e a geração distribuída de energia.

Apesar das vantagens, ainda existem desafios a superar. A logística de transporte, os custos de implantação e a falta de políticas públicas consistentes limitam o avanço da biomassa no Brasil. No entanto, experiências internacionais demonstram que, com planejamento estratégico, apoio institucional e investimento em tecnologia, essas barreiras podem ser superadas.

Diante desse cenário, os cavacos de madeira têm potencial para deixar de ser um subproduto da indústria e se tornarem uma peça central na transição para uma matriz energética mais limpa. Com ações coordenadas entre governo, setor produtivo e sociedade, é possível consolidar essa biomassa como uma opção sustentável e promissora para os próximos anos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. E. A. de. Resíduos como fonte de energia. Revista Opiniões, 2015. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/19-residuos-como-fonte-de-energia/#:~:text=%C3%89%20crescente%20o%20interesse%20por,proveniente%20do%20aproveitamento%20de%20res%C3%ADduos>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- BIANCHINI, Débora Cristina. Avaliação energética, econômica e ambiental da produção de energia térmica a partir de pellets de madeira. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, S.C., 2020. Disponível em: [https://www.udesc.br/arquivos/cav/id\\_cpmenu/2789/DISSERTA\\_\\_O\\_DEBORA\\_CRISTINA\\_BIANCHINI\\_\\_\\_FINAL\\_16352606967183\\_2789.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2789/DISSERTA__O_DEBORA_CRISTINA_BIANCHINI___FINAL_16352606967183_2789.pdf). Acesso em: 31 mar. 2025.
- BORGES, Ane Caroline Pereira. Caracterização energética do cavaco de *Eucalyptus grandis* "in natura" e torrefeito. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, B.A.. 2015. Disponível em: [https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/21702/1/ANE\\_CAROLINE\\_PEREIRA\\_BORGES.pdf](https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/21702/1/ANE_CAROLINE_PEREIRA_BORGES.pdf). Acesso em: 31 mar. 2025.
- CANTO, J. L. *et al.* A colheita de biomassa florestal para energia na Finlândia. *VIII Simpósio sobre Colheita e Transporte Florestal*, out. 2007. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/313479127\\_A\\_colheita\\_de\\_biomassa\\_florestal\\_para\\_energia\\_na\\_Finlandia](http://www.researchgate.net/publication/313479127_A_colheita_de_biomassa_florestal_para_energia_na_Finlandia). Acesso em: 31 mar. 2025.
- FILOTIPO. Gráfico sobre biomassa. 2021. Disponível em: <https://filotipo.com/wp-content/uploads/2021/08/grafico3-biomassa-600x366.png>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- GRUPO SALMERON. O que é cavaco de madeira? Como funciona, para que serve e suas aplicações Cavacos de madeira: o que é, como funciona e para que serve. Sorocaba, SP: Empresa especializada em gestão de resíduos e geração de energia renovável, 2023. Disponível em: <https://gruposalmeron.com.br/cavaco-madeira-como-funciona-para-que-server-e-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- INSTITUTO ACENDE BRASIL. Avaliação do potencial de geração de eletricidade a partir de madeira no Brasil. Relatório elaborado com exclusividade para a Agroicone, out. 2015. Disponível em: [https://agroicone.com.br/wp-content/uploads/2019/11/Relatorio\\_Avaliacao-do-potencial-de-geracao-de-eletricidade-a-partir-da-madeira-no-Brasil.pdf](https://agroicone.com.br/wp-content/uploads/2019/11/Relatorio_Avaliacao-do-potencial-de-geracao-de-eletricidade-a-partir-da-madeira-no-Brasil.pdf). Acesso em: 31 mar. 2025.
- PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins. Características dos resíduos da colheita de madeira de eucalipto e pinus submetidos ao tratamento térmico, com foco na aplicação energética. 2011. 126 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais: Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-29112011-152854/>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- POTENCIAL FLORESTAL. Energia sustentável e renovável: cavacos de eucalipto. Potencial Florestal, 2024. Disponível em: <https://potencialflorestal.com.br/cavaco-de-eucalipto-sustentabilidade-e-energia-renovavel>. Acesso em: 31 mar. 2025.

SETA. Cavacos de madeira para energia: vale a pena utilizar? Seta, 2025. Disponível em: <https://www.setaoficial.com/noticia/cavaco-de-madeira-para-energia-por-que-vale-a-pena-utilizar>. Acesso em: 31 mar. 2025.

SILVEIRA, Paulo Victor Moreira da. Análise dos Custos de Produção de Cavacos de Madeira Produzidos a partir de Resíduos Madeireiros Urbanos: um estudo de caso de uma empresa no Rio de Janeiro. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/6961>. Acesso em: 31 mar. 2025.