

Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

2



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

2

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^o Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^o Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^o Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^o Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^o Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^o Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^o Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas 2 / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0953-3 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.533231601 1. Engenharia florestal. I. Felsemburgh, Cristina Aledi (Organizadora). II. Título. CDD 634.928
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

É com enorme satisfação que apresentamos o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas 2” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 04 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os trabalhos estão estruturados com os temas relacionados aos tratos silviculturais, crescimento das espécies, produção sustentável, reutilização de resíduos na produção florestal e certificação florestal. E finalizando, em uma segunda parte, com o tema relacionado à arborização urbana. Desta forma, o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas 2” apresenta promissores resultados realizados por professores e acadêmicos que serão dissertados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores por compartilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felsemburgh

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE AÇAIZEIRO (<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.) BRS PARÁ EM TERRA FIRME CONDUZIDO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE DESBASTE	
Thays Frazão de Jesus	
Wilitan da Silva Martins	
Adriely Sá Menezes do Nascimento	
Luís Carlos Ferreira Reis	
José Ribamar Gusmão Araujo	
João Marcus Abreu da Silva	
Lúcio Rafael Rocha de Moraes	
Lays Regina Batista Costa	
Emanuel Holanda Bastos	
Fernanda Oliveira dos Santos	
Suzane Sá Matos Ribeiro	
Giselle Cristina da Silva Carneiro	
Edivaldo Rocha Lisboa Junior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5332316011	
CAPÍTULO 2	12
REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL: POTENCIAL DE USO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E SOLOS FLORESTAIS	
Juscélina Arcanjo Santos	
Letícia Vaz Molinari	
Paulo André Trazzi	
Fernanda Leite Cunha	
Anny Francielly Ataíde Gonçalves	
Lucas Amaral de Melo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5332316012	
CAPÍTULO 3	28
PROGRAMA BRASILEIRO DE CERTIFICAÇÃO FLORESTAL: FATORES DE SUCESSO E PERSPECTIVAS FUTURAS	
Cristiane Mascarenhas da Silva Sampaio	
Alessandra Julião Weyandt	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5332316013	
CAPÍTULO 4	39
ESTADO DA ARTE DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE PETROLINA-PE	
Marcos Antônio Drumond	
Visêlido Ribeiro de Oliveira	
José Victor Flores de Almeida Silva	
Iêdo Bezerra Sá	
João Tavares Calixto Junior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5332316014	
SOBRE A ORGANIZADORA	47
ÍNDICE REMISSIVO	48

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL: POTENCIAL DE USO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E SOLOS FLORESTAIS

Data de submissão: 23/09/2022

Data de aceite: 02/01/2023

Juscelina Arcanjo Santos

Departamento de Ciências Florestais,
Universidade de Lavras (UFLA)
Lavras, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4731-2610>

Letícia Vaz Molinari

Laboratório de Patologia Florestal,
Departamento de Fitopatologia,
Universidade de Lavras (UFLA)
Lavras, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-2543-4628>

Paulo André Trazzi

Centro de Ciências Biológicas e da
Natureza, Universidade Federal do Acre
(UFAC)
Rio Branco, Acre, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4255-3466>

Fernanda Leite Cunha

Departamento de Ciências Florestais,
Universidade de Lavras (UFLA)
Lavras, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-7707-0910>

Anny Francielly Ataíde Gonçalves

Departamento de Ciências Florestais,
Universidade de Lavras (UFLA)
Lavras, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-5189-0259>

Lucas Amaral de Melo

Departamento de Ciências Florestais,
Universidade de Lavras (UFLA)
Lavras, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4386-1428>

RESUMO: Com a crescente demanda por produtos de origem sustentável, cresce também a pressão sobre a reutilização e correta destinação dos resíduos gerados nos processos de produção. Desenvolver estratégias que buscam o uso eficiente dos recursos e que garantam a qualidade da produção final é um desafio para os diversos sistemas de produção. Dentre os diversos problemas ambientais que necessitam de solução, o manejo dos resíduos sólidos urbanos é um dos mais preocupantes. O Brasil produz grande quantidade de resíduos e a principal destinação ainda são os aterros, o que gera inúmeros problemas ambientais como contaminação da água, solo e até mesmo dos alimentos. Uma alternativa viável que pode contribuir para minimizar os impactos gerados ao meio ambiente é o incentivo à reutilização destes resíduos. O setor florestal possui grande potencial para o reaproveitamento dos

resíduos como componentes de substratos alternativos na produção de mudas florestais e como biofertilizantes na condução de povoamentos florestais. Neste sentido, o objetivo desta revisão é elucidar os benefícios da reutilização de resíduos sólidos para a nutrição florestal, apresentando a origem e formação destes materiais, bem como o potencial de utilização como componente de substrato para produção de mudas e como condicionador e fertilizante de solos florestais por meio dos principais resultados publicados. Concluímos que a utilização dos resíduos como compostos orgânicos, pode trazer inúmeros benefícios tanto do ponto de vista econômico como ambiental, no entanto, para o manejo adequado dos resíduos nos sistemas florestais é fundamental conhecer as características físicas e químicas dos componentes e o seu balanço nutricional, portanto trabalhos nesse âmbito são de fundamental importância para o desenvolvimento e incentivo do setor florestal de forma sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Produção sustentável; substratos renováveis; biofertilizantes.

REUSE OF WASTE IN THE FOREST SECTOR: POTENTIAL OF USE FOR PRODUCTION OF SEEDLINGS AND FOREST SOILS

ABSTRACT: With the growing demand for products of sustainable origin, there is also pressure on the reuse and correct destination of the waste generated in the production processes. Developing strategies that seek the efficient use of resources and that guarantee the quality of the final production is a challenge for the various production systems. Among the various environmental problems that need to be solved, the management of urban solid waste is one of the most worrying. Brazil produces a large amount of waste and the main destination is still landfills, which generates numerous environmental problems such as contamination of water, soil and even food. A viable alternative that can contribute to minimize the impacts generated on the environment is the incentive to reuse this waste. The forestry sector has great potential for the reuse of waste as components of alternative substrates in the production of forest seedlings and as biofertilizers in the management of forest stands. In this sense, the objective of this review is to elucidate the benefits of reusing solid waste for forest nutrition, presenting the origin and formation of these materials, as well as the potential for use as a substrate component for seedling production and as a conditioner and soil fertilizer. through the main published results. We conclude that the use of residues as organic compounds, can bring numerous benefits both from an economic and environmental point of view, however, for the proper management of residues in forest systems it is essential to know the physical and chemical characteristics of the components and their nutritional balance, therefore works in this scope are of fundamental importance for the development and incentive of the forest sector in a sustainable way

KEYWORDS: Sustainable production; renewable substrates; biofertilizers.

1 | INTRODUÇÃO

A obtenção de produtos sustentáveis pode contribuir com a redução dos impactos ao meio ambiente além de garantir espaço no mercado dentro do contexto da sustentabilidade. Desenvolver estratégias que buscam o uso eficiente de energia, água e nutrientes e que garantam a qualidade da produção final é um desafio para os diversos sistemas de

produção. Tanto no setor agrícola quanto no florestal, a demanda por produtos sustentáveis tem aumentado o que tem promovido políticas ambientais que tentam reduzir os efeitos das suas atividades ao meio ambiente, fato que contribui para o cumprimento das obrigações legais e das normas das certificadoras (KUZMA *et al.*, 2017; IBA, 2019).

Dentre os diversos problemas ambientais que necessitam de solução, o manejo dos resíduos sólidos urbanos é um dos mais preocupantes, com fundamental importância no desenvolvimento de estratégias de aproveitamento (CABREIRA *et al.*, 2017). A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), estimou que foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil no ano de 2018, sendo que o país é o campeão de geração de lixo na América Latina, representando 40% do total gerado na região, aproximadamente 541 mil toneladas/dia (ABRELPE, 2019).

A produção de resíduos é um problema, principalmente pela falta de um sistema adequado de descarte, o que gera danos ambientais como contaminação da água e do solo (SANTOS *et al.*, 2014). No Brasil, a principal destinação de resíduos ainda são os aterros, que na maioria das vezes não atendem aos padrões ambientais e não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente (ABRELPE, 2019; PIRES *et al.*, 2008). Além disso, a manutenção de um aterro dentro dos padrões de qualidade é uma atividade onerosa, exigindo grande investimento por parte do poder público ou do setor privado (PIRES *et al.*, 2008)

Segundo a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, um dos objetivos da lei é a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Tendo em vista, a grande produção de resíduos gerados nos diversos segmentos industriais, uma alternativa viável que pode contribuir para alcançar este objetivo é o incentivo à reutilização dos resíduos como o uso de compostos orgânicos em sistemas de produção agrícola e florestal. Práticas de manejo sustentáveis como a reutilização destes materiais como componentes de substratos alternativos utilizados na etapa de produção de mudas e o uso de compostos orgânicos como biofertilizantes na nutrição florestal, pode trazer inúmeros benefícios tanto do ponto de vista econômico como ambiental (CALDEIRA *et al.*, 2012).

Para recomendar o manejo adequado dos resíduos nos sistemas florestais tanto na composição dos substratos como na nutrição dos ecossistemas florestais é necessário conhecer sobre as características físicas e químicas dos componentes e o seu balanço nutricional, portanto trabalhos nesse âmbito são de fundamental importância para o desenvolvimento e incentivo do setor florestal de forma sustentável. Quanto mais informações disponíveis sobre a geração e as características dos resíduos, maiores serão as chances de uma adequada utilização desses materiais, bem como da melhoria da qualidade ambiental. O setor florestal possui grande potencial para o aproveitamento dos resíduos e esta temática tem sido estudada por diversos autores, principalmente a utilização

dos resíduos gerados no setor florestal como os resíduos das fabricas de celulose e papel (CALDEIRA *et al.*, 2014; TOLEDO *et al.*, 2015)

A reciclagem desses resíduos em solos agrícolas e florestais é uma alternativa muito utilizada em vários países, como Estados Unidos, Holanda, Austrália, entre outros, em função do potencial de serem utilizados na composição de substratos e na fertilização do solo, melhorando suas características químicas e físicas (STEFANOSKI *et al.* 2013). Diante desse contexto, o objetivo desta revisão é elucidar os benefícios da reutilização de resíduos sólidos para a nutrição florestal, apresentando a origem e formação destes materiais, bem como o potencial de utilização como componente de substrato para produção de mudas e como condicionador e fertilizante de solos florestais por meio dos principais resultados publicados.

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Resíduos potenciais para utilização no meio florestal

Durante os processos de produção pode ocorrer a formação de material que não é aproveitado, sendo denominado de resíduo. O significado da palavra resíduo é atribuído a qualquer sobra após uma ação ou processo produtivo, que passam a ser descartados e acumulados no ambiente, podendo gerar diversos problemas ambientais (MAGOSS, 2007). Os resíduos com potencial para utilização como biofertilizante podem se originar de diversos processos de produção: a indústria madeireira (NOGUEIRA *et al.*, 2014), as fábricas de celulose e papel (COSTA *et al.*, 2009), biossólidos gerados do tratamento de efluentes (TRAZZI *et al.*, 2014) e outros resíduos orgânicos oriundos de diversas fontes como o esterco bovino e cama de frango (DELARMELINA *et al.*, 2015). Desta forma, é importante ressaltar que toda matéria prima utilizada pela sociedade para geração de produtos e serviços, tem a formação de resíduos que podem ser beneficiados, aproveitados e utilizados como biofertilizantes para o formação das mudas e crescimento das florestas, dando uma nova destinação dos resíduos para a geração sustentável de novos produtos para a sociedade (Figura 1).



Figura 1. Geração de biofertilizantes florestais por meio da reciclagem de resíduos sólidos.

As indústrias madeireiras são responsáveis por uma grande quantidade de resíduos, como a serragem, originada da operação das serras, cepilhos ou maravilhas, gerados pelas plainas, lenha ou cavacos, composta por costaneiras, aparas, refilos, cascas e outros (MENDOZA *et al.*, 2010; NOGUEIRA *et al.*, 2014). Estes resíduos madeireiros apresentam potencial de utilização em componentes de substratos para a produção de mudas florestais pois possuem características físicas e químicas desejáveis, são amplamente disponíveis e ainda reduzem os custos de produção das mudas (NOGUEIRA *et al.*, 2014).

Nas indústrias de celulose e papel diversos resíduos são gerados nos processos de produção, como casca, a lama de cal, o lodo orgânico e a cinza de cadeira. Estima-se que para produzir uma tonelada de celulose, são gerados 800 Kg de resíduos. Estes resíduos são restos oriundos do processamento mecânico, físico ou químico (BARRETTO, 2008). Os resíduos *dregs* e *grits* são derivados do processo Kraft para obtenção da celulose e a lama de cal e o lodo orgânico são resultantes dos tratamentos de efluentes líquidos (MACIEL, ALVES e SILVA, 2015). A lama de cal é um resíduo com cor branca, rico em carbonato de cálcio (CaCO_3), retirada da caustificação do licor verde. Já os *dregs*, são sedimentos sólido escuro, composto por carbono não queimado, ferro, sílica, cálcio, alumina, magnésio e sulfetos (ARRUDA *et al.*, 2011; MAEDA e BOGNOLA, 2013).

As características químicas dos resíduos celulósicos podem elevar os teores K, Ca e Mg nas plantas promovendo efeitos positivos sobre o crescimento e a nutrição das espécies florestais, reduzindo o consumo de adubos inorgânicos (MACIEL, ALVES e

SILVA, 2015; MAEDA e BOGNOLA, 2013). Além de contribuir com a redução no descarte dos resíduos ao meio ambiente com uma produção mais limpa e sustentável, os custos de produção ainda são reduzidos (MACIEL; ALVES; SILVA, 2015).

A queima da biomassa florestal produz como resíduo a cinza da biomassa, que contém em sua composição compostos orgânicos e inorgânicos e possuem efeitos benéficos para as plantas (SILVA *et al.*, 2009). A cinza de biomassa possui cátions como K, Ca e Mg, além de P e uma relação C/N de 30/1, com alto potencial para uso em solos com plantios florestais, principalmente os solos que apresentam maior deficiência. Os benefícios da utilização da cinza como fertilizante é em função da lenta solubilização dos macro e micronutrientes e da melhoria das propriedades químicas do solo (SILVA *et al.*, 2009).

Resíduos gerados da produção de carvão vegetal ou a utilização de biocarvão (*biochar*) são obtidos por muitos processos e sua qualidade é dependente de cada processo e do material em que o processo é aplicado (TRAZZI, *et al.*, 2018; SOHI *et al.*, 2010). Estes resíduos são originados a partir do processo de pirólise que consiste na decomposição térmica de materiais orgânicos pelo aquecimento na ausência de oxigênio (TRAZZI, *et al.*, 2018). O biocarvão possui cinzas que são fontes de P, K e outros elementos que podem estar em formas mais solúveis e disponíveis do que na matéria-prima não pirolisada. Este material é considerado muito estável no solo e possui potencial de aumentar diretamente a capacidade de retenção de água em longo prazo, em função da sua natureza porosa, proporcionando uma alta fertilidade nos solos, principalmente pela adição do nutriente carbono (MAIA *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2016; TRAZZI *et al.*, 2018).

O uso de resíduos industriais, urbanos ou agroindustriais, como o lodo de esgoto, tem sido uma alternativa para utilização em substratos e na nutrição de povoamentos florestais, já que são gerados grandes quantidades destes produtos diariamente (CALDEIRA *et al.*, 2012). O lodo de esgoto é um resíduo rico em compostos orgânicos, responsáveis pela retenção de umidade e fornecimento de nutrientes para as mudas, além de possuir propriedades para atuar como condicionantes físicos e químicos do solo (DELARMELINA *et al.*, 2013; TRAZZI *et al.*, 2014).

Outros resíduos utilizados com potencial para formulação de substratos para a produção de mudas florestais são a palha de café carbonizada e o caroço de pêssego triturado. A palha de café é um resíduo produzido pelo beneficiamento do fruto do cafeeiro. A partir da carbonização da palha de café, ocorre um aumento da porosidade dos substratos (SIMOES *et al.*, 2012) o que a torna potencial como componente para formulação de substratos. O benefício do uso da casca de café carbonizada já tem sido demonstrado na produção de mudas de algumas culturas agrônômicas como o tomate e o pepino (LIMA *et al.* 2011; SILVA *et al.*, 2016), sendo, portanto, uma alternativa promissora no processo de produção de mudas florestais.

O caroço de pêssego é um resíduo da produção de *Prunus pérsica* possui grande potencial de aproveitamento para a composição dos substratos em função da grande

quantidade de resíduo produzida no país e de suas características físicas. De acordo com Mieth *et al.* (2018) e Fermino *et al.* (2018), o caroço de pêssego triturado, possui rigidez e estrutura física, permitindo que ele não se decomponha ou deforme facilmente conferindo boa estrutura ao substrato.

Outros tipos de resíduos como cama de frango, esterco bovino e os resíduos das indústrias têxteis (resíduo do algodão) também são utilizados como componentes orgânicos de substratos na produção de mudas (DELARMELENA *et al.*, 2015). O uso destes resíduos como componentes de substratos além de fornecer compostos orgânicos necessários ao desenvolvimento das mudas contribuem com a redução de custos de produção, principalmente para proprietários de viveiros de pequeno porte, uma vez que são materiais de baixo custo e geralmente são facilmente disponíveis, não necessitando realizar gastos com fretes para aquisição dos materiais (TRAZZI *et al.*, 2014; DIM *et al.*, 2010; DE FRAVET *et al.*, 2010).

A etapa da colheita florestal também é uma fase geradora de grande quantidade de resíduos nos povoamentos florestais. Estes resíduos são cascas, galhos e folhas e em algumas situações o inadequado manejo pode dificultar os tratamentos culturais como preparo da área para a próxima rotação. No entanto, recomenda-se que estes resíduos permanecem na área, pois além de ajudar na conservação do solo, podem fornecer nutrientes as culturas (ROCHA, 2017). Quando estes resíduos são bem manejados os ganhos em produtividade são significativos nos povoamentos florestais (SOUZA *et al.*, 2016).

Os resíduos gerados durante os processos de produção podem ser amplamente utilizados no setor florestal, contribuindo com ganhos significativos de produtividade, redução de custos e sustentabilidade ambiental. Na tabela 1, os resíduos são descritos quanto a sua origem, aos tipos e ao potencial de reutilização na nutrição florestal por meio dos principais trabalhos publicados no setor florestal.

Origem dos resíduos	Tipo de resíduo	Potencial de uso	Referências
Indústria madeireira	Serragem, maravalhas, cavacos, costaneiras, aparas, refiles, cascas	Produção de mudas	Nogueira <i>et al.</i> (2014); Bortolini <i>et al.</i> (2012)
Tratamento de esgoto	Biossólido ou lodo de esgoto	Produção de mudas	Trazzi <i>et al.</i> (2014); Caldeira <i>et al.</i> (2014); Delarmelina <i>et al.</i> (2013)
Resíduos industriais	Resíduos de algodão, biocarvão	Produção de mudas	Caldeira <i>et al.</i> (2008)
Resíduos agropecuários	Cama de frango, esterco bovino	Produção de mudas	Trazzi <i>et al.</i> (2014); Delarmelina <i>et al.</i> (2015)
Produção de arroz	Casca de arroz carbonizada ou <i>in natura</i>	Produção de mudas	Trazzi <i>et al.</i> (2014); Delarmelina <i>et al.</i> (2014); Santos <i>et al.</i> (2014).
Produção de café	Palha de café carbonizada ou <i>in natura</i>	Produção de mudas	Villa <i>et al.</i> (2015), Caldeira <i>et al.</i> (2013); Santos <i>et al.</i> (2014)
Produção pêssego	Caroço de pêssego triturado	Produção de mudas	Mieth <i>et al.</i> (2018); Fermino <i>et al.</i> (2018)
Produção de coco	Fibra de coco	Produção de mudas	Trazzi <i>et al.</i> (2014); Santos <i>et al.</i> (2014)
Fábricas de celulose	Dregs, grits, lama de cal, lodo orgânico	Nutrição do solo	Maeda e Bognola (2013) Maciel; Alves e Silva (2015)
Indústria de papel reciclado	Lodo de papel reciclado	Nutrição do solo	Costa <i>et al.</i> (2009); Faria; Ângelo e Auer (2014); Faria <i>et al.</i> (2016)
Produção de carvão vegetal	Resíduo de carvão vegetal	Nutrição do solo	Lima <i>et al.</i> (2016), Lima <i>et al.</i> (2015); Petter <i>et al.</i> (2012)
Tratamento de esgoto	Biossólido ou lodo de esgoto	Nutrição do solo	Ferraz; Poggiani, Silva, (2016); Kitamura <i>et al.</i> (2008); Sampaio <i>et al.</i> (2012)
Queima da biomassa florestal	Cinza da biomassa	Nutrição do solo	Silva <i>et al.</i> (2009); Horta <i>et al.</i> (2010)

Tabela 1. Origem dos resíduos, tipos de resíduo e potencial e referências

2.2 Produção de mudas florestais com a utilização de resíduos

Os principais fatores que determinam a produção de mudas florestais de boa qualidade são o manejo e condução das mudas no viveiro e a utilização de substratos com características adequadas, como aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes (TRAZZI *et al.*, 2014; DELARMELINA *et al.*, 2014; CALDEIRA *et al.*, 2011). A formulação dos substratos utilizados na produção de mudas pode ser composta por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais e devem apresentar características desejáveis como: ser de fácil manuseio, fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos, possuir elementos essenciais, boa textura e estrutura e principalmente o baixo custo (CALDEIRA *et al.*, 2011).

Diversos trabalhos têm sido publicados estudando a utilização de diferentes resíduos como componente de substrato na produção de mudas de espécies florestais e tem demonstrado resultados significativos e promissores para o setor florestal (TRAZZI *et al.*, 2014; NOGUEIRA *et al.*, 2014; CALDEIRA *et al.*, 2014; TOLEDO *et al.*, 2015).

Trazzi *et al.* (2014) avaliaram o crescimento e os aspectos nutricionais de mudas de *Tectona grandis* produzidas em resíduos compostos por lodo de esgoto, casca de arroz carbonizada e fibra de coco e relataram que o tratamento combinando 40% de lodo de esgoto, 30% casca de arroz carbonizada e 30% de fibra de coco, apresentaram as melhores características biométricas, maior acúmulo de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Os autores ainda concluíram que o uso de resíduos orgânicos mostrou-se promissor para qualidade de mudas de *T. grandis*, uma vez que apresenta superioridade no crescimento e nos aspectos nutricionais das mesmas se comparado ao substrato de comercial.

Neste mesmo sentido, Caldeira *et al.* (2014), também avaliaram a utilização de lodo de esgoto como componentes de substrato na produção de mudas de *Acacia mangium*. Os resultados demonstraram que os tratamentos com lodo de esgoto associado ao composto orgânico se destacaram diante das características morfológicas avaliadas, sendo a utilização de 40% de lodo de esgoto e 60% de composto orgânico, o mais indicado para a produção de mudas da espécie. Estes resultados indicam que o componente lodo de esgoto associado ao substrato para produção de mudas florestais pode proporcionar melhor qualidade nutricional e morfológica das mudas, redução dos custos de produção, e a redução do descarte deste resíduo ao meio ambiente, contribuindo para uma produção sustentável e consciente.

Nogueira *et al.* (2014) analisaram a viabilidade técnica da adição de maravalha, ao substrato comercial para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Foram testados cinco substratos formulados a partir de três componentes: substrato comercial a base de casca de pinus, substrato comercial a base de turfa e a maravalha. Os autores relataram que a utilização de maravalha como aditivo para redução do uso de substratos comerciais

é adequada quando adicionada na proporção de até 32% para obtenção de mudas em condições otimizadas.

Avaliando resíduos oriundos da fabricação de celulose, Toledo *et al.* (2015) testaram a produção de mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla x grandis* utilizando como componente de substrato um composto formado por: 58% de lodo, 9% de *dregs*, 25% de casca de eucalipto, 3,4% de *grits* e 4,5% de cinzas. Os resultados demonstraram que os tratamentos que continham 60 e 80% deste composto orgânico apresentaram as melhores respostas de crescimento e qualidade das mudas, sendo, portanto, considerado tecnicamente viável para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla x grandis*.

Outros resíduos também utilizados na produção de mudas são aqueles gerados pelas indústrias têxteis. A utilização destes resíduos como componente de substrato além de ser uma alternativa ambientalmente viável também pode reduzir os custos de transporte para as empresas geradoras. Caldeira *et al.* (2008), avaliando a utilização do resíduo do algodão compostado para a produção de mudas de ingá (*Inga sessilis*) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) relataram que o melhor desenvolvimento das mudas ocorreu nos tratamentos com substrato comercial e 25% algodão + 25% casca de arroz carbonizada + 25% argila + 25% esterco de bovino.

A utilização de substrato produzidos com caroço de pêssigo foi avaliada por Mieth *et al.* (2018) em mudas de *Eucalyptus dunni*, os autores relataram que este resíduo pode ser utilizado na proporção de 20 à 30% no substrato, garantindo produção de mudas com qualidade e crescimento em campo satisfatório. Por outro lado, Fermino *et al.* (2018) relataram que o caroço de pêssigo pode ser utilizado quando misturados ao composto orgânico nas proporções de 10%, e é compatível com o uso da casca de arroz carbonizada na proporção de até 30% na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Estes resultados indicam um grande potencial da utilização dos mais diversos resíduos na composição dos substratos renováveis para a produção de mudas de espécies florestais, com diversas vantagens no desenvolvimento das mudas como nas características morfológicas e nutricionais, redução nos custos de produção e redução no descarte dos resíduos ao meio ambiente. No entanto, a utilização destes materiais só deve ser adotada pelos viveiros florestais após análises consistentes uma vez que cada espécie pode se comportar de forma diferente. Por isso é fundamental o incentivo a pesquisas que buscam avaliar as características dos resíduos, discriminando os benefícios e malefícios da sua utilização. Além disso, a escolha do componente do substrato é realizada de acordo com a disponibilidade do material na região de localização do viveiro, de forma a reduzir o custo de aquisição com frete.

2.3 Crescimento e produtividade de florestas após a utilização de resíduos

A utilização de resíduos em povoamentos florestais vem apresentando resultados positivos no crescimento e desenvolvimento das plantas, destacando-se na melhoria nos

atributos químicos e físicos do solo por meio da adição de nutrientes e melhoria na textura, conservação da umidade do solo e aumento na produtividade das florestas (MACIEL; ALVES; SILVA, 2015). Diversos estudos têm sido realizados visando avaliar a influência de resíduos e os benefícios na implantação de espécies florestais (FARIA *et al.*, 2016; FARIA, ÂNGELO e AUER, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2009).

Estudando a utilização de resíduos gerados das indústrias de celulose e papel Maeda e Bognola (2013), avaliaram o efeito de doses de carbonato de cálcio, cinza de biomassa florestal, lama de cal e lodos celulósicos em atributos químicos de um solo Neossolo Regolítico Distrófico húmico e relataram que o pH e os teores de Ca, Mg e P aumentaram com o aumento das doses testadas, enquanto o teor de Al e sua saturação reduziram com a aplicação dos materiais avaliados. Neste mesmo sentido, Maciel, Alves e Silva (2015) também avaliaram os resíduos da extração de celulose (dregs/grits + lama de cal + cinza) e concluíram que a utilização destes resíduos em áreas florestais elevou a composição química sobretudo em Na e K, reduzindo a quantidade de adubos inorgânicos.

O efeito de diferentes doses de lodo de papel reciclado e de adubação de cobertura sobre a disponibilidade de macronutrientes em *Eucalyptus saligna* também foi avaliada por Faria; Ângelo e Auer (2015) que relataram que apesar do lodo de papel reciclado não ter interferido na disponibilização do P e não ser uma fonte dos nutrientes N, K e Mg para as plantas, este resíduo foi uma fonte de Ca para o desenvolvimento vegetal. Já Faria *et al.* (2016), avaliaram os efeitos do lodo de papel reciclado sobre o crescimento de *Eucalyptus saligna* e concluíram que apesar de seu promissor uso como corretivo de solo, o lodo de papel reciclado resultou em menores teores de manganês nas raízes. Resultados diferentes foram obtidos nos estudos de Costa *et al.* (2009), estes autores afirmaram que o lodo de papel reciclado aplicados em solos florestais influenciou positivamente as propriedades químicas do solo, como o aumento no pH, diminuição no alumínio trocável e redução na acidez potencial. Estes resíduos afetaram os teores de nutrientes e a fertilidade do solo, promovendo um acréscimo de Ca, Mg, K, P e a saturação de bases.

Outro resíduo também utilizado na nutrição de solos florestais é o lodo de esgoto, além de ser um excelente componente na composição de substratos para produção de mudas, este resíduo também pode ser utilizado na recomposição de solos degradados e também como biofertilizantes, principalmente para as culturas que não são consumidas pelos seres humanos. Em plantios de *Pinus caribaea*, após nove anos do plantio, a aplicação do lodo de esgoto seco (granulado) propiciou um maior crescimento inicial das árvores (FERRAZ; POGGIANI; SILVA, 2016).

O efeito do lodo de esgoto também foi estudado por Sampaio *et al.* (2012) na recuperação das características físicas de um solo degradado, estes autores utilizaram tratamentos constituídos por seis doses de lodo de esgoto (0, 2,5, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹), mais um tratamento de adubação química e relataram que a aplicação deste resíduo para recuperação de áreas degradadas, aumentou os agregados do solo conforme o aumento

das doses de lodo em até 12 meses após sua aplicação. Neste mesmo sentido, Kitamura *et al.* (2008) estudaram ações para acelerar a formação do horizonte A de um solo Latossolo Vermelho degradado utilizando medidas para recuperar via adubos verdes, cultivo de uma espécie arbórea e aplicação do lodo de esgoto e relataram que as propriedades químicas do solo foram recuperadas, sendo que a adubação orgânica com lodo de esgoto, em curto prazo, foi a mais eficiente.

A utilização de resíduos da produção de carvão vegetal também tem apresentado resultados promissores na nutrição florestal. Alguns estudos demonstraram que o uso dos resíduos de carvão vegetal pode melhorar a qualidade do solo por diminuir a lixiviação dos nutrientes e da água no solo (LIMA *et al.*, 2016, LIMA *et al.*, 2015; PETTER *et al.*, 2012). Assim, os nutrientes são mais disponibilizados para as plantas contribuindo para um melhor desenvolvimento das culturas. Além do fato que o carbono presente no resíduo funciona como um estoque no solo, diminuindo os níveis de CO₂ na atmosfera, contribuindo para redução do efeito estufa e redução nos gastos com fertilizantes químicos (LEHMANN; JOSEPH, 2009; LIMA *et al.*, 2016). Apesar do uso de resíduos de carvão vegetal ser promissor na nutrição florestal, alguns fatores devem ser considerados: local de aplicação do resíduo, características físico-químicas do solo, condições edafoclimáticas e a compatibilidade da espécie com os nutrientes presentes no resíduo (VERHEIJEN; MONTANARELLA; BASTOS, 2012). Por isso é fundamental as pesquisas que visam definir doses e recomendações adequadas para cada espécie florestal.

Silva *et al.* (2009) avaliaram o uso da cinza de biomassa florestal como fertilizante em dois solos (Cambissolo Húmico e Nitossolo Hápico), cultivados com *Eucalyptus viminalis* e relataram que a adição de cinza de biomassa florestal aumentou os teores de Ca, Mg, K, P, e a soma de bases diminuiu a saturação por Al mas não alterou o pH e os atributos físicos dos solos (grau de floculação e a estabilidade de agregados). Já Horta *et al.* (2010) avaliaram o potencial fertilizante de dois resíduos da indústria florestal, os resíduos das cinzas provenientes da incineração de biomassa florestal e das cinzas provenientes da causticação da pasta de papel e relataram que a cinza proveniente da incineração de biomassa florestal pode ser aplicada ao solo sem prejudicar a produção ou as propriedades do solo. Esta aplicação conduziu ao fornecimento dos nutrientes K e Ca. Os autores ainda aconselham a aplicação simultânea de Mg que em solos com uma relação Ca/Mg desequilibrada. O resíduo proveniente da causticação da pasta de papel deve ser incorporado no solo com antecedência relativamente à sementeira devido à sua causticidade.

De forma geral, é possível perceber que o uso de resíduos traz inúmeros benefícios em todo o sistema, além de fornecer nutrientes ao desenvolvimento das plantas, reduz o consumo de fertilizantes, custos de aquisição e a quantidade de resíduos despejados no meio ambiente. O esclarecimento sobre os benefícios do reaproveitamento de resíduos para incentivar a adoção de práticas sustentáveis é de grande importância para que o

setor florestal desenvolva políticas incentivadoras de medidas que busquem a reutilização e o correto destino destes resíduos uma vez que o setor florestal também é responsável pela geração de grande quantidade de resíduos, principalmente as indústrias de celulose e papel.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desenvolver estratégias que visam o aproveitamento dos resíduos é uma alternativa fundamental no cenário atual. O setor florestal apresenta grande potencial para a reutilização de resíduos em diversas etapas como a utilização dos resíduos como componentes de substrato alternativos na produção de mudas e como biofertilizantes na nutrição florestal. Estas estratégias contribuem para uma produção sustentável e limpa, resultando em inúmeros benefícios tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

Apesar dos benefícios da utilização dos compostos orgânicos nos sistemas de produção, para o manejo adequado dos resíduos é fundamental conhecer as características físicas e químicas de forma clara e detalhada bem como seu potencial de uso. Por isso, é fundamental o incentivo a pesquisas que disponibilizem informações confiáveis com alternativas eficientes para o desenvolvimento do setor florestal de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** 2019. 2019.

ARRUDA, O. G. D. *et al.* Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 5, p. 576-583, 2011.

BARRETO, V. C. M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto**. 2008. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

CABREIRA, G. V. *et al.* Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 40, n. 93, p. 15–22, 2012.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, PI v. 5, n. 1, p. 34-43, 2014.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: Caldeira, M.V.W., Garcia, G.O., Gonçalves, E.O., Arantes, M.D.C, Fiedler, N.C. (ed). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. p. 51- 100, 2011.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Uso do resíduo de algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, PR, v. 6, n. 2, p. 191-202, 2008.

COSTA, E. R. O. *et al.* Alterações químicas do solo após aplicação de biossólidos de estação de tratamento de efluentes de fábrica de papel reciclado. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 1–10, 2009.

DE FRAVET, P. R. F. *et al.* Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 34, n. 3, p. 618–624, 2010.

DELARMELINA, W. M. *et al.* Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n.2, p. 224-233, 2014

DELARMELINA, W. M. *et al.* Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agroambiente on-Line**, Roraima, v. 7, n. 2, p. 184, 2013.

DELARMELINA, W. M. *et al.* Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.). **Cerne**, Lavras, MG, v. 21, n. 3, p. 429-437, 2015.

DIM, V. P. *et al.* Fertilidade do solo e produtividade de capim Mombaça adubado com resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, BA, v. 11, n. 2, p. 303–316, 2010.

FARIA, A. B. C. *et al.* Efeito de lodo de papel reciclado sobre o crescimento em diâmetro de colo de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RG, v. 26, n. 4, p. 1371-1377, 2016.

FARIA, Á. B. DE C.; ÂNGELO, A. C.; AUER, C. G. Efeito de lodo de papel reciclado e da adubação de cobertura sobre a disponibilidade de micronutrientes em *Eucalyptus saligna*. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 3, p. 515–522, 2015.

FERMINO, M. H. *et al.* Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Cerne**, Lavras, MG v. 24, p. 80-89, 2018.

FERRAZ, A. D. V.; POGGIANI, F.; SILVA, P. H. M. DA. Aplicação de lodo de esgoto seco e fertilizantes minerais em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* : produtividade e balanço de nutrientes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 44, n. 112, p. 959–970, 2016.

HORTA, C.; LUPI, S.; ANJOS, O.; ALMEIDA, J. Avaliação do potencial fertilizante de dois resíduos da indústria florestal. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 33, n. 2, p. 147-159, 2010

IBA. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em 15 de março de 2020.

KITAMURA, A. E. *et al.* Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Belo Horizonte, MG, v. 32, n. 1405–416, 2008.

KUZMA, E. *et al.* Tratamento De Resíduos Sólidos E Efluentes: Uma Análise De Custos Em Empresas De Revenda De Combustível. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, SP, v. 7, n. 3, p. 25–46, 2017.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management : An introduction. **Biochar for Environmental Management - Science and Technology**, v. 1, p. 1–12, 2009.

LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a da política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível em : http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.html. Acesso em 20 de março de 2020.

LIMA A. A.; ALVARENGA, M. A. R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J. G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**. Brasília, DF, v.29, p.63-69, 2011.

LIMA, S. *et al.* Interactions of biochar and organic compound for seedlings production of *Magonia pubescens* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 4, p. 655–661, 2015.

LIMA, S. L. *et al.* Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 51, n. 2, p. 120–131, 2016.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 19, n. 1, p. 84–90, 2015.

MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Propriedades químicas de solo tratado com resíduos da indústria de celulose e papel. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, v. 33, n. 74, p. 169–177, 2013.

MAGOSSI, D. C. **A produção florestal e a industrialização de seus resíduos na região na região de Jaguariaíva- Paraná**. Dissertação (mestrado em tecnologia da madeira). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2007.

MAIA, C. M. B. F.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in Biochar Research in Brazil. **Dynamic Soil, Dynamic Plant**, p. 53–58, 2011.

MEDEIROS, J. C. *et al.* Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Belo Horizonte, MG, v. 33, n. 6, p. 1657–1665, 2009.

MENDOZA, Z. M. S. H. *et al.* An analysis of the wood residues generated by carpentry shops in Viçosa, state of Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 755-760, 2010.

MIETH, P. *et al.*, Ground peach pits: alternative substrate component for seedling production. **Journal of Forestry Research**, Londres, p. 57, 2018.

NOGUEIRA, A. C. *et al.* Adição de maravalha a substratos comerciais na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Adding. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v. 10, n. 2, p. 527-538, 2014.

PETTER, F. A. *et al.* Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 47, n. 5, p. 699–706, 2012.

ROCHA, J.H.T. **Manejo de resíduos florestais e deficiência nutricional em duas rotações de cultivo de eucalipto**. 174 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

STEFANOSKI, D. C. *et al.* Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SAMPAIO, T. F. *et al.* Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Belo Horizonte, MG, v. 36, n. 5, p. 1637-1645, 2012.

SILVA, F. R. *et al.* Cinza de biomassa florestal: alterações nos atributos de solos ácidos do Planalto Catarinense e em plantas de eucalipto. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v. 10, n. 6, p. 475-482, 2009.

SILVA, L. C. DA *et al.* **Uso da casca de café carbonizada na formulação de substratos alternativos para produção de mudas de pepino**. In: CBPC - Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 42, 2016, Serra Negra: SBIfcafé, 2016, p. 405,408.

SIMÕES, D.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, p. 91-100, 2012.

SOUZA, I. F. DE *et al.* Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 374, p. 186–194, 2016.

SOHI, S. P. *et al.* Biochar, climate change and soil: a review to guide future research. Camberra: CSIRO Land and Water Science Report, 2009. 64 p.

TOLEDO, F. H. S. F. *et al.* Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015.

TRAZZI, P. A. *et al.* Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RG, v. 28, n. 2, p. 875-887, 2018.

TRAZZI, P. A. *et al.* Crescimento e nutrição de mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos orgânicos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v.42, n. 101 p.49-56, 2014.

TRAZZI, P. A. *et al.* Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **Cerne**, Lavras, MG, v. 20, n. 2, p. 293-302, 2014.

VERHEIJEN, F. G. A.; MONTANARELLA, L.; BASTOS, A. C. Sustainability, certification, and regulation of biochar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v. 47, n. 5, p. 649–653, 2012.

A

Açaí 2, 3, 7, 9, 10, 11

Adubação 3, 4, 5, 22, 23, 25

Altura 2, 5, 6, 7, 8, 39

Arboricultura 39

Áreas verdes 45, 46

Arecaceae 2, 42, 43

B

Biofertilizantes 13, 14, 15, 16, 22, 24

Biomassa florestal 17, 22, 23, 27

C

Caatinga 39, 40, 42, 46

Certificação florestal 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37

Cobertura vegetal 41, 42

Conservação 18, 22, 35, 43, 46

Consumidores 30, 32

Contaminação 12, 14

Crescimento 3, 6, 8, 9, 10, 15, 16, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 30

Crescimento econômico 30

D

Densidade 5, 6, 7, 8, 9

Descarte 14, 17, 20, 21

Desenvolvimento sustentável 28, 30, 38

Diâmetro 2, 5, 6, 7, 8, 25

E

Empresas certificadas 35, 36, 37

Espécies exóticas 39, 43, 45

Espécies nativas 40, 42, 43, 44, 45

F

Fenótipos 7

Fontes sustentáveis 29

G

Geotecnologia 43

I

INMETRO 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

M

Madeira 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35

Manejo cultural 2

Manejo de resíduos 26

Manejo florestal 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37

P

Plantios 17, 22, 25, 45

Produção de mudas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27

Produção sustentável 13, 20, 24

Produtos florestais 29, 37

Produtos sustentáveis 13, 14

R

Resíduos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

Reutilização 12, 13, 14, 15, 18, 24

S

Semiárido 39, 41, 46

Setor produtivo 31, 32

Silvicultura 31, 32

Sistema agroflorestal 2, 4, 9

Substratos renováveis 13, 21

T

Tratos culturais 4, 18

V

Vegetação urbana 40

Vias públicas 39

ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

2



ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

2

