

Cristina Aledi Felsemburgh  
(Organizadora)

# ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



Cristina Aledi Felsemburgh  
(Organizadora)

# ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas



**Atena**  
Editora

Ano 2022

**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

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª 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  
Profª Drª 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. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
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

**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 / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0554-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.542221908>

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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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.



## APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 05 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas às tecnologias no setor florestal para mensuração de árvores de forma rápida, menos onerosa e degradante ao ambiente florestal além de informações bibliográficas da geotecnologia no levantamento e estimativas de biomassa e estoque de carbono. E em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados aos tratos silviculturais, crescimento das espécies arbóreas, influência e interação da edafoclimatologia na ecologia das espécies. Desta forma, o e-book “Engenharia florestal: Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas” apresenta relevantes e 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 partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam estimular e inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **APLICAÇÃO DO CRITERION RD 1000 PARA A COLETA DE DADOS DE CUBAGEM NÃO DESTRUTIVA**

Thaila Heberle

Thiago Floriani Stepka

Marcos Felipe Nicoletti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219081>

### **CAPÍTULO 2..... 16**

#### **GEOTECNOLOGIAS EMPREGADAS NO INVENTÁRIO DE BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**

Paulo Henrique de Souza

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

William Macedo Delarmelina

Gabriel Soares Lopes Gomes

Robert Gomes

Victor Braga Rodrigues Duarte

Hivo Reblin Eufrasio

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219082>

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM POVOAMENTO DE *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

Francielle Santana de Oliveira

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Paulo André Trazzi

Robert Gomes

Matheus Lopes Souza

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Hivo Reblin Eufrasio

Marcello Zatta Péres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219083>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM POVOAMENTOS DE LEGUMINOSA ARBÓREA**

Robert Gomes

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Paulo André Trazzi

Francielle Santana de Oliveira

Gabriel Soares Lopes Gomes

Cássia dos Santos Azevedo

Marcello Zatta Pères  
Jéssica Tetzner de Oliveira  
Victor Braga Rodrigues Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219084>

**CAPÍTULO 5..... 51**

**EXISTE RELAÇÃO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS COM A DEPOSIÇÃO DE  
SERAPILHEIRA EM PLANTIO DE *Eucalyptus*?**

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Roberto Rorras dos Santos Moura

David Pessanha Siqueira

Elzimar de Oliveira Gonçalves

Hivo Rebin Eufrasio

Tiago de Oliveira Godinho

Adelson Lemes da Silva Júnior

Júlio César Tannure Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5422219085>

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 66**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 67**

# CAPÍTULO 3

## PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO EM POVOAMENTO DE *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 10/06/2022

### Francielle Santana de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0002-8872-7655>

### Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<http://orcid.org/0000-0003-4691-9891>

### Paulo André Trazzi

Universidade Federal do Acre  
Rio Branco, AC  
<https://orcid.org/0000-0003-4255-3466>

### Robert Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0003-3004-0049>

### Matheus Lopes Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará  
Aracajú – CE  
<https://orcid.org/0000-0002-9044-1883>

### Gabriel Soares Lopes Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0002-3211-3929>

### Cássia dos Santos Azevedo

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0001-5835-319X>

### Hivo Reblin Eufrasio

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0002-5707-6693>

### Marcello Zatta Péres

Universidade Federal do Espírito Santo  
Jerônimo Monteiro – ES  
<https://orcid.org/0000-0001-8030-8619>

**RESUMO:** O reflorestamento desempenha favoráveis serviços ecossistêmicos por meio da restauração de áreas antropizadas, apresentando capacidade produtiva e benefícios a fertilidade do solo. O objetivo do presente estudo foi caracterizar os efeitos do uso do solo em diferentes espaçamentos de plantio em relação as propriedades químicas do solo. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Ifes, Campus de Alegre, no distrito de Rive, Alegre, ES, um experimento com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aos 8,2 anos de idade, cultivado em três espaçamentos de plantio, sendo: 3 m x 3 m, 4 m x 4 m e 5 m x 5 m, implantado em área anteriormente estabelecida com pastagem e predomínio de *Urochloa* sp. Foram realizadas coletas de solo nas profundidades 0-20; 20-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm, onde foi avaliado as propriedades químicas do solo. As análises dos dados foram realizadas por meio de estatísticas descritivas. Os resultados obtidos mostraram que a maioria dos atributos químicos avaliados obteve valores de coeficiente de variação (CV) classificados como médio, evidenciando heterogeneidade dos

dados. As maiores variabilidades foram obtidas para potássio, cálcio, magnésio e alumínio, e a menor variabilidade foi visualizada nos valores de pH e soma de bases. O valor máximo de CTC (t) foi registrado para o espaçamento mais adensado, sendo 1,9 e 2,3 vezes maior do que o espaçamento intermediário e o menos adensado. Observou-se similaridade entre os valores médios de fósforo, magnésio, acidez potencial e pH na camada de 0-20 cm, indicando que a resposta da densidade quanto a esses atributos químicos atuou de forma semelhante na primeira camada avaliada. Os resultados destacam a importância da análise exploratória como ponto inicial para avaliar impactos nos atributos químicos do solo, demonstrando potencial para o povoamento de *S. parahyba* na recuperação da fertilidade do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reflorestamento; Paricá; Mudança no uso do solo; Povoamentos florestais; Fertilidade do solo.

## SOIL CHEMICAL PROPERTIES FROM *Schizolobium parahyba* VAR. *amazonicum* STANDS IN DIFFERENT SPACINGS

**ABSTRACT:** Reforestation performs favorable ecosystem services through the restoration of anthropized areas, presenting productive capacity and benefits to soil fertility. The objective of this study was to characterize the effects of land use at different planting spacing in relation to the chemical properties of the soil. The research was conducted in the experimental area of Ifes, Campus de Alegre, in the district of Rive, Alegre, ES, in an *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* stand at 8.2 years of age, cultivated at three planting spacings: 3 m x 3 m, 4 m x 4 m and 5 m x 5 m. The stands were established in an area previously used as pasture and predominantly occurring *Urochloa* sp grasses. Soil samples were collected at depths of 0-20; 20-40; 40-60; 60-80 and 80-100 cm, where the chemical properties of the soil were evaluated. Data analysis was performed using descriptive statistics. The results obtained showed that most of the chemical attributes evaluated obtained coefficient of variation values classified as medium, showing data heterogeneity. The greatest variability was obtained for K, Ca, Mg and Al, and the lighter variability was seen for pH and sum of bases values. The maximum value of CEC was recorded for the densest spacing, being 1.9 and 2.3 times higher than the intermediate and least dense spacing. Similarity was observed between the average values of P, Mg, potential acidity and pH in the 0-20 cm layer, indicating that the response of density as to these chemical attributes acted similarly in the first layer evaluated. The results highlight the importance of exploratory analysis as a starting point for assessing impacts on soil chemical attributes, demonstrating potential for *S. parahyba* stands in the recovery of soil fertility.

**KEYWORDS:** Reforestation; Paricá; Land use change; Forest stands; Soil fertility.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os principais fatores responsáveis pela degradação das áreas cultivadas estão relacionados a mudança no uso da terra e as alterações decorrente da ação antrópica, que modificam a matéria orgânica do solo, influenciando nas propriedades químicas e físicas, bem como nos processos de ciclagem de nutrientes (ZAGO et al., 2018). O solo é tido como o principal componente do ecossistema terrestre e o maior reservatório de carbono orgânico, sendo vulnerável as mudanças dos padrões de uso do solo e clima (NATH et

al., 2018), implicando diretamente na atuação de outros atributos, como o pH, nitrogênio, fósforo e cátions trocáveis (THOMAZ et al., 2020).

Extensas áreas de terras que passam por processos erosivos e de degradação são apresentadas como uma viável alternativa ao reflorestamento (MARTINS et al., 2020), além de representar um meio eficaz para aumentar o beneficiamento dos serviços ecossistêmicos (SHIMAMOTO et al., 2018), os quais destacam a proteção e manutenção dos recursos hídricos como também a preservação da biodiversidade (NUNES et al., 2020). Além desses fatores mencionados, o reflorestamento promove a estabilização do solo sobre os processos erosivos (SCARCIGLIA et al., 2020).

O Brasil possui vasta diversidade de espécies voltadas para fins de reflorestamento e uso comercial (ROLIM et al., 2019). Dentre elas, encontra-se a *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, conhecido popularmente como paricá, sendo caracterizado por seu interesse econômico e ecológico, rápido crescimento e facilidade em se adaptar a diferentes condições edafoclimáticas (SCHWARTZ et al., 2017; DE OLIVEIRA et al., 2019).

Além de ser empregada com finalidade de produção e proteção ambiental, o paricá pode atuar no fornecimento de serviços ecossistêmicos. Estima-se que a área plantada da espécie no Brasil seja de 90.000 ha (MASCARENHAS et al., 2021), destinando-se em sua grande maioria à produção de laminados (BALDONI, et al., 2020). Entretanto, até o presente estudo, não existem informações na literatura sobre a espécie relacionado a influência de diferentes espaçamentos nos atributos químicos do solo.

A seleção de espécies arbóreas que apresentam adaptabilidade a variadas condições edafoclimáticas, requer conhecimento acerca do comportamento silvicultural. Esse conhecimento permite diminuir perdas e viabilizar a produtividade do cultivo (INAGAKI; TANGE, 2014), sendo necessário adoção de métodos culturais que permitam maiores contribuições a respeito da qualidade do solo (SANZ et al., 2017). Além disso, as espécies nativas são menos estudadas em comparação as espécies exóticas amplamente difundidas no mercado, como o *Eucalyptus* e *Pinus* (GAMA-RODRIGUES et al., 2020).

A escolha do espaçamento de plantio, por exemplo, é considerada questão primordial na produção de biomassa e estoque de carbono. Segundo Pretzsch e Biber (2016), a densidade máxima do povoamento entrega informações que permitem analisar a produtividade e dinâmica das diferentes práticas silviculturais que possam ser empregadas, resultando em melhorias na qualidade da madeira, diâmetro e crescimento (RONDON, 2002). Ademais, tem-se reconhecido que os espaçamentos mais adensados podem favorecer de forma mais intensa os atributos químicos do solo quando comparados a espaçamentos amplos, devido a maior queda de serapilheira e acúmulo de raízes nessas áreas, o que permite intensa ciclagem de nutrientes (ROSA et al., 2018).

Considerando o enfoque que o reflorestamento com árvores nativas tem recebido nos últimos anos e dada a importância ecológica e econômica de *S. parahyba*, o desenvolvimento de estudos relacionado a influência da espécie sobre a fertilidade dos

solos é um fator importante para a seleção de técnicas de manejos que propiciem aumento da eficiência do plantio. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo quantificar e caracterizar a fertilidade do solo estabelecido em diferentes espaçamentos de plantio.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Alegre, ES (distrito de Rive), a área foi concedida pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, ES (Ifes), estando está inserida na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (GASPARINI, 2014) e tendo como coordenadas geográficas 20°46'26.09"S e 41°27'26.21"O.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com estações chuvosas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média anual de 23,9 °C (chuvas concentradas na estação chuvosa no período de novembro a março) e precipitação anual próximo a 1.200 mm (ALVARES et al., 2013).

O tipo de solo predominante na área experimental é o Latossolo Vermelho Amarelo (Santos et al., 2018). A formação florestal original da área de estudo é classificada como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). O relevo é considerado montanhoso, ocorrendo pontos com declividades acentuadas e altitude variando entre 130 m nos pontos baixos e 180 m nos pontos de maior elevação.

### 2.2 Implantação do povoamento

A implantação do experimento com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* foi realizada em junho de 2011, sobre uma área ocupada anteriormente com pastagem (*Urochloa* sp.), sem histórico de aplicações de fertilizantes, ao menos nos últimos 40 anos. As mudas foram produzidas e doadas pela Reserva Natural Vale, Linhares, ES com sementes provenientes de árvores matrizes localizadas em Dom Elizeu, Pará.

Na implantação do projeto, o gado foi retirado e realizou-se o controle da *Urochloa* sp., com a aplicação de herbicida glifosato®. No preparo do terreno realizou-se as marcações das faixas e abertura das covas de plantio com dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Os tratamentos receberam adubação de base com 220 g por cova de NPK na formulação 06-30-06 e micronutrientes (0,2 % B; 0,2 % Cu; e 0,2 % Zn), sendo realizada manutenção do plantio durante o primeiro ano de estabelecimento da cultura, com replantio, coroamento e controle de formigas.

Utilizou-se três tratamentos, constituídos pelos espaçamentos de plantio 3 m x 3 m, 4 m x 4 m e 5 m x 5 m. Cada tratamento possuía três repetições, composto por parcelas de 30 m por 50 m (área de 1.500 m<sup>2</sup>), lançadas aleatoriamente, totalizando 9 unidades amostrais.

### 2.3 Coleta e análises das amostras de solo

A amostragem de solo foi realizada em agosto de 2019, ou seja, 8,2 anos após a implantação do paricá. Foram realizadas coletas das amostras de solo nas profundidades: 0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm; 60-80 cm e 80-100 cm para determinar os atributos químicos e densidade do solo (Ds). Para tanto, foram abertas três trincheiras em cada espaçamento, de 1,5 m de comprimento e largura, em 1 metro de profundidade, evitando-se as bordas das parcelas. O local para abertura das trincheiras foi selecionado ao acaso, evitando, no entanto, locais com presença de fezes de gado bovino e formigueiros, procedimento que permite melhor representação da área e evita viés nas estimativas. Foram retiradas seis amostras simples em cada profundidade dentro das trincheiras, as quais foram misturadas para formar uma amostra composta para análises químicas.

As amostras deformadas foram extraídas com o auxílio do enxadão para retirada da amostra de solo. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, e em seguida, enviadas ao Laboratório de Análise Agronômica, Ambiental e Preparo de Soluções Químicas (Fullin), em Linhares, ES, para realizar as análises físicas e químicas do solo seguindo a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

O pH em água foi determinado na relação solo de 1:2,5; o sódio e o potássio foram extraídos com Mehlich<sup>1</sup> (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e quantificados por fotometria de emissão chama. O fósforo disponível foi extraído com Mehlich<sup>1</sup> e quantificado por fotocolorímetro. Os teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. A acidez potencial (H+Al) determinada com solução pH SMP. O fósforo remanescente foi determinado na solução de equilíbrio, obtido com CaCl<sub>2</sub> 10 mmol L<sup>-1</sup>. A partir dos resultados obtidos, foram calculados a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V) e em alumínio (m). Para a determinação do teor de carbono orgânico, utilizou-se o método de oxidação química por via úmida com bicromato de potássio (Walkley-Black) e o teor de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl.

### 2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados através de estatística descritiva, em que para cada propriedade do solo foram utilizados a média aritmética e medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação), a fim de se ter uma visão geral de como se comportavam os dados.

Com relação ao coeficiente de variação (CV) dos valores, foram interpretados de acordo com a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), no qual os valores de CV são considerados: baixa (CV < 12 %), média (12 % < CV < 60 %) e alta para valores > 60 %.

A análise descritiva dos dados foi realizada com os softwares Microsoft Excel®

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para caracterização dos atributos químicos do solo da área de estudo (Tabela 1), as médias obtidas foram comparadas a interpretação de solos propostas por Sobral et al. (2015). Para o pH, os valores máximos e mínimos encontrados foram, 5,90 a 6,40, respectivamente, sendo classificado como acidez média a fraca. Para a primeira camada de solo avaliada, o valor mínimo encontrado para o pH foi 5,50, evidenciado no espaçamento mais adensado, que também foi responsável pelo valor máximo de 6,10. O solo do local, que é classificado como Latossolo vermelho amarelo, apresenta pH adequado para povoamentos de *S. parahyba* var. *amazonicum*, já que a espécie apresenta bom desenvolvimento em solos com pH a partir de 4,5 a 5,0 (SOUZA, 2003). Como os valores do pH atuam em diversos processos químicos que ocorrem no solo, como a solubilidade dos nutrientes, é importante manter os níveis adequados para melhor desenvolvimento da cultura.

Os teores de fósforo disponível apresentaram-se baixos em todos os espaçamentos nas diferentes camadas do solo, variando de 1,33 a 3,33 mg dm<sup>-3</sup>. A disponibilidade de P é amplamente conhecida como limitante na produtividade florestal, principalmente em solos de regiões tropicais (BRENNER et al., 2018). O paricá, no estado do Mato grosso, é implantado em solos com baixa fertilidade, com pH (H<sub>2</sub>O) de 4,5 e baixos teores de K e P (CARVALHO, 2007). Isso justifica a adaptação da espécie e seu potencial de uso para recuperação de áreas. Fato também observado por Schwartz et al. (2017), trabalhando com paricá em áreas degradadas no Pará.

Os teores de potássio disponível para todos os espaçamentos foram classificados como baixo a médio. O potássio, em particular, é dependente dos minerais primários, secundários e da decomposição da MOS, não sendo um constituinte de biomoléculas. Logo, sua forma disponível às plantas pode ser rapidamente lixiviada da MOS devido à sua alta solubilidade (SARDANS; PEÑUELAS, 2015). Além do mais, o paricá possui elevada capacidade de absorção desse elemento, apresentando baixo teor de K nas folhas mais velhas, visto sua mobilidade. Como consequência, esse elemento é redistribuído para folíolos mais jovens, o que acarreta em baixo retorno deste nutriente ao solo (CARVALHO et al., 2013).

Os teores de cálcio e magnésio do presente estudo variaram de baixo a médio, conforme classificação de Sobral et al. (2015). Os valores médios para Ca, variaram de 1,76 a 2,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, ao passo que Mg apresentou valores entre 0,30 e 0,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na primeira camada de solo avaliada. Alguns autores apontam que os maiores teores de Ca no paricá se encontram nas folhas (CARVALHO et al., 2013; BIGHI, 2021).

O Ca por ser um elemento imóvel no sistema vascular vegetal não realiza a redistribuição desse nutriente para tecidos mais jovens da planta (NGAIW et al., 2018).

Devido a este fator, quando ocorre a *abscisão foliar*, o *Ca* tende a acumular-se na *serapilheira* (CALDEIRA et al., 2019), retornando ao solo por meio da ciclagem de nutrientes. Outros elementos, como o *Mg*, por serem móveis no tecido vegetal, apresentam diminuição nos seus teores devido a capacidade de ser redistribuído no interior da planta (YAN; HOU, 2018). Os teores de *Mg*, podem também evidenciar diminuição mediante a competição com outros cátions, fenômeno frequentemente observado nos solos (FARHAT et al., 2016).

Os níveis de acidez trocável ( $Al^{3+}$ ) se apresentaram muito baixos, nos diferentes espaçamentos e camadas do solo, o que pode ser explicado devido aos valores de pH mais elevados, indicando que nesta área o solo não é considerado ácido e não apresenta toxidez por alumínio. Esse fator pode ser confirmado ao avaliar os valores médios de soma de bases, que variam de 2,17 a 3,49  $cmol_c\ dm^{-3}$  e os baixos valores da acidez potencial (H+Al), entre 1,57 a 2,57  $cmol_c\ dm^{-3}$ , sendo formada de forma predominante pelos íons  $H^+$ , já que os teores de  $Al^{3+}$  não foram expressivos para todas as camadas do solo avaliadas no presente estudo.

Em relação a CTC efetiva, os valores variaram entre 3,49 a 2,33  $cmol_c\ dm^{-3}$ . No geral, em todos os espaçamentos e camadas analisadas, a CTC efetiva ficou abaixo de 4,0  $cmol_c\ dm^{-3}$ , o que a classificada como média. Isso está relacionado aos valores dos cátions  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , sendo necessário incremento de cargas negativas no solo pela ação da matéria orgânica do solo (MOS). Os valores máximos de CTC (t) para os três espaçamentos avaliados foi de 5,97; 3,13 e 2,51 para 3 m x 3 m, 4 m x 4 m e 5 m x 5 m, respectivamente. O valor máximo para o espaçamento mais adensado foi 1,9 e 2,3 vezes maior do que o espaçamento intermediário e o menos adensado.

		P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	pH
		---- (mg $dm^{-3}$ ) ----			----- ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) -----			----- ( $H_2O$ ) -----		
		0-20 cm								
3 m x 3 m	Média	1,33	54,33	2,67	0,60	0,07	2,57	3,42	3,49	5,90
	Máximo	2,00	76,00	4,90	0,90	0,20	3,10	5,97	5,97	6,10
	Mínimo	1,00	27,00	1,00	0,30	0,00	2,20	1,39	1,59	5,50
	DP	0,58	24,99	2,01	0,30	0,12	0,47	2,34	2,25	0,35
	CV (%)	43,61	45,99	75,41	50,00	173,21	18,41	68,24	64,47	5,87
4 m x 4 m	Média	1,33	74,66	1,76	0,60	0,00	2,53	2,58	2,58	5,90
	Máximo	2,00	80,00	2,20	0,70	0,00	2,60	3,13	3,13	6,00
	Mínimo	1,00	71,00	1,40	0,50	0,00	2,40	2,11	2,11	5,90
	DP	0,58	4,73	0,40	0,10	0,00	0,12	0,51	0,51	0,06
	CV (%)	43,30	6,33	22,88	16,67	-	4,56	19,80	19,80	0,97
	Média	1,67	48,67	1,53	0,50	0,00	2,57	2,17	2,17	5,87

	Máximo	3,00	86,00	1,80	0,60	0,00	2,80	2,51	2,51	5,90
5 m x 5 m	Mínimo	1,00	24,00	1,30	0,30	0,00	2,10	1,68	1,68	5,80
	DP	1,15	32,88	0,25	0,17	0,00	0,40	0,44	0,44	0,06
	CV (%)	69,28	67,57	16,41	34,64	-	15,75	20,14	20,14	0,98
20-40 cm										
	Média	1,67	26,67	2,07	0,47	0,00	2,00	2,62	2,62	6,00
	Máximo	2,00	38,00	2,30	0,70	0,00	2,20	3,12	3,12	6,20
3 m x 3 m	Mínimo	1,00	18,00	1,60	0,30	0,00	1,80	2,07	2,07	5,90
	DP	0,58	10,26	0,40	0,21	0,00	0,20	0,53	0,53	0,17
	CV (%)	34,64	38,49	19,56	44,61		10,00	20,14	20,14	2,89
	Média	1,67	51,33	2,20	0,63	0,00	2,03	2,99	2,99	6,03
	Máximo	2,00	77,00	2,50	1,00	0,00	2,10	3,45	3,45	6,10
4 m x 4 m	Mínimo	1,00	26,00	1,80	0,40	0,00	2,00	2,42	2,42	6,00
	DP	0,58	25,50	0,36	0,32	0,00	0,06	0,52	0,52	0,06
	CV (%)	34,64	49,68	16,39	50,76	-	2,84	17,50	17,50	0,96
	Média	1,67	23,67	2,13	0,37	0,00	2,13	2,58	2,58	6,00
	Máximo	2,00	26,00	2,60	0,50	0,00	2,40	3,08	3,08	6,00
5m x 5m	Mínimo	1,00	22,00	1,80	0,20	0,00	2,00	2,28	2,28	6,00
	DP	0,58	2,08	0,42	0,15	0,00	0,23	0,44	0,44	0,00
	CV (%)	34,64	8,80	19,52	41,66	-	10,83	17,09	17,09	0,00
40-60 cm										
	Média	2,67	29,00	2,13	0,47	0,00	1,73	2,69	2,69	6,20
	Máximo	3,00	51,00	2,30	0,60	0,00	1,80	3,05	3,05	6,40
3 m x 3 m	Mínimo	2,00	18,00	1,80	0,30	0,00	1,60	2,36	2,36	6,00
	DP	0,58	19,05	0,29	0,15	0,00	0,12	0,35	0,35	0,20
	CV (%)	21,65	65,70	13,53	32,73	-	6,66	12,84	12,84	3,23
	Média	2,33	45,33	2,23	0,63	0,00	1,73	3,00	3,00	6,13
	Máximo	4,00	57,00	2,60	1,00	0,00	1,90	3,45	3,45	6,20
4m x 4m	Mínimo	1,00	30,00	1,80	0,40	0,00	1,60	2,36	2,36	6,10
	DP	1,53	13,87	0,40	0,32	0,00	0,15	0,57	0,57	0,06
	CV (%)	65,47	30,59	18,10	50,76	-	8,81	18,89	18,89	0,94
	Média	1,67	23,33	2,03	0,40	0,00	1,77	2,51	2,51	6,07
	Máximo	2,00	24,00	2,70	0,50	0,00	1,80	3,19	3,19	6,20
5 m x 5 m	Mínimo	1,00	23,00	1,60	0,30	0,00	1,70	2,17	2,17	6,00
	DP	0,58	0,58	0,59	0,10	0,00	0,06	0,58	0,58	0,12
	CV (%)	34,64	2,47	28,82	25,00	-	3,27	23,20	23,20	1,90
60-80 cm										

3 m x 3 m	Média	3,00	33,00	1,90	0,50	0,00	1,63	2,50	2,50	6,33
	Máximo	4,00	65,00	2,00	0,60	0,00	1,90	2,68	2,68	6,40
	Mínimo	2,00	17,00	1,80	0,30	0,00	1,40	2,36	2,36	6,30
	DP	1,00	27,71	0,10	0,17	0,00	0,25	0,17	0,17	0,06
	CV (%)	33,33	83,98	5,26	34,64	-	15,41	6,71	6,71	0,91
4 m x 4 m	Média	2,67	34,67	2,10	0,57	0,00	1,63	2,77	2,77	6,30
	Máximo	4,00	56,00	2,50	0,90	0,00	1,70	2,97	2,97	6,40
	Mínimo	1,00	24,00	1,90	0,40	0,00	1,60	2,47	2,47	6,20
	DP	1,53	18,48	0,35	0,29	0,00	0,06	0,27	0,27	0,10
	CV (%)	57,28	53,29	16,50	50,94	-	3,53	9,76	9,76	1,59
5 m x 5 m	Média	2,00	25,67	2,20	0,53	0,00	1,67	2,82	2,82	6,23
	Máximo	3,00	28,00	3,00	0,70	0,00	1,80	3,59	3,59	6,40
	Mínimo	1,00	22,00	1,80	0,40	0,00	1,60	2,29	2,29	6,10
	DP	1,00	3,21	0,69	0,15	0,00	0,12	0,68	0,68	0,15
	CV (%)	50,00	12,52	31,49	28,64	-	6,93	24,25	24,25	2,45
80-100 cm										
3 m x 3 m	Média	3,33	32,00	1,93	0,57	0,00	1,57	2,60	2,60	6,37
	Máximo	5,00	55,00	2,20	0,70	0,00	1,60	2,69	2,69	6,40
	Mínimo	2,00	18,00	1,80	0,40	0,00	1,50	2,56	2,56	6,30
	DP	1,53	20,07	0,23	0,15	0,00	0,06	0,07	0,07	0,06
	CV (%)	45,83	62,73	11,95	26,96	-	3,69	2,70	2,70	0,91
4 m x 4 m	Média	3,00	38,00	2,03	0,60	0,00	1,63	2,75	2,75	6,40
	Máximo	5,00	64,00	2,40	1,10	0,00	1,70	2,98	2,98	6,50
	Mínimo	1,00	22,00	1,80	0,30	0,00	1,60	2,38	2,38	6,20
	DP	2,00	22,72	0,32	0,44	0,00	0,06	0,32	0,32	0,17
	CV (%)	66,67	59,78	15,81	72,65	-	3,53	11,71	11,71	2,71
5 m x 5 m	Média	2,00	25,33	2,03	0,50	0,00	1,60	2,62	2,62	6,30
	Máximo	3,00	29,00	2,50	0,60	0,00	1,60	3,10	3,10	6,50
	Mínimo	1,00	18,00	1,70	0,40	0,00	1,60	2,20	2,20	6,10
	DP	1,00	6,35	0,42	0,10	0,00	0,00	0,45	0,45	0,20
	CV (%)	50	25,07	20,48	20,00	-	0,00	17,29	17,29	3,17

Abreviações: DP=Desvio padrão; CV= coeficiente de variação; H+Al= acidez potencial; SB: soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; pH = potencial hidrogeniônico.

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis de caracterização dos atributos químicos do solo em diferentes espaçamentos de plantio no povoamento de *S. parahyba* var. *amazonicum*, aos 8,2 anos de idade, em Rive, Alegre, ES.

A variabilidade dos dados pode ser refletida de acordo com os valores do coeficiente de correlação (CV). Na maioria dos atributos químicos avaliados, obteve-se valores de CV

classificados como média variação (12 % - 60 %), de acordo com a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), o que pode caracterizar uma dispersão do conjunto de dados, sendo também evidenciado pelos valores acentuados de desvio padrão.

Valores considerados altos de CV foram observados na primeira camada do solo para o espaçamento mais adensado, onde o valor do alumínio apresentou CV superior a 100 %, Ca maior que 70 %, e SB e CTC (t) maiores que 60 %. Por outro lado, o espaçamento menos adensado, evidenciou valores com CV altos para P e K na camada de 0-20 cm. Dentre os atributos, apenas o pH do solo obteve CV abaixo de 6 %, observado para todos os espaçamentos e profundidades avaliadas.

Valores altos de CV indicam a heterogeneidade dos dados em torno da média. Em relação aos atributos do solo, essa característica pode ser atribuída ao processo de transformação do solo e características edáficas, que podem interferir na distribuição das partículas do solo e no escoamento da água (ARTUR et al., 2014).

## 4 | CONCLUSÃO

O solo do povoamento apresenta pH e bases disponíveis ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) classificados como médio e com baixo teor de alumínio, favorecendo o desenvolvimento de plantas.

Na análise descritiva dos dados, os valores de atributos apresentaram coeficiente de variação médio, e conseqüentemente heterogeneidade dos dados, com maiores variabilidade na primeira camada do solo no espaçamento mais adensado.

A camada superficial (0-20 cm) apresentou melhores padrões de fertilidade, devido a constante deposição dos resíduos vegetais aportados.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Ifes - Campus de Alegre, pela concessão da área de estudo.

A Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) por meio do Edital Fapes N° 19/2018- Taxa de Pesquisa (Termo de Outorga: 216/2019) e Edital Fapes/Capes N° 10/2018 (Processo N° 83508490);

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo N° 150073/2018-6) e Chamada CNPq N° 09/2018- Bolsas de Produtividade em Pesquisa (Processo N° 305090/2018-6).

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ARTUR, A.G.; OLIVEIRA, D.P.; COSTA, M.C.; ROMERO, R.E.; SILVA, M.V.; FERREIRA, T.O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 141-149, 2014.

BALDONI, A.B.; BOTIN A.A.; TARDIN, F. D.; DE BARROS MARQUES, J.A.; DE OLIVEIRA, F.L.; SILVA, A.J.R.; TEODORO, P.E. Early selection strategies in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby. **Industrial Crops and Products**, v. 152, p. 112538, 2020.

BIGHI, K.N. **Fixação biológica de nitrogênio e aspectos nutricionais em povoamentos de *Anadenanthera peregrina* var. *peregrina* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em função da densidade de plantio e condições ambientais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, p.116, 2021.

BRENNER, J.; PORTER, W.; PHILLIPS, J. R.; CHILDS, J.; YANG, X.; MAYES, M. A. Phosphorus sorption on tropical soils with relevance to Earth system model needs. **Soil Research**, v. 57, n. 1, p. 17-27, 2018.

CALDEIRA, M.V.W.; GODINHO, T.D.O.; MOREIRA, F.L.; CAMPANHARO, Í. F.; CASTRO, K.C. MENDONÇA, A.R.D.; TRAZZI, P.A. Litter as an ecological indicator of forest restoration processes in a dense ombrophylous lowland forest. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. SPE1, 2019.

CARVALHO, P.E.R. *Paricá-Schizolobium amazonicum*. **Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

CARVALHO, M.; MACHADO, R.C.; AHNERT, D.; SODRÉ, G.A.; SACRAMENTO, C.K. Avaliação da composição e distribuição mineral em componentes foliares de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). **Agrotropica**, Ilhéus, v.25, n.1, p.53-60, 2013.

GAMA-RODRIGUES, A.C. Multifunctional Mixed-Forest Plantations: The Use of Brazilian Native Leguminous Tree Species for Sustainable Rural Development. In: Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso, José Leonardo de Moraes Gonçalves, Fabiano de Carvalho Baileiro, Avílio Antônio Franco. (Org.). *Mixed Plantations of *Eucalyptus* and Leguminous Trees*. 1ed: **Springer International Publishing**, p. 241-256, 2020.

GASPARINI, K.A.C. **Regionalização de vazões para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, p. 79, 2014.

GODINHO, T.D.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P.; TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11- 20, 2014.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. p. 271, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>

INAGAKI, M.; TANGE, T. Nutrient accumulation in aboveground biomass of planted tropical trees: a meta-analysis. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 60, n. 4, p. 598- 608, 2014.

MARTINS, T.G.; REIS, G.G.; REIS, M.G.; TELLES, L.A.; LAGE, M. R.; MENDES, G. G.; GONZÁLES, D. G. Potential planting areas for native tree species in minas gerais state, Brazil, based on environmental variables and wood demand. **Ecological Modelling**, v. 432, 109211, 2020.

NATH, A.J.; BRAHMA, B.; SILESHI, G.W.; DAS, A.K. Impact of land use changes on the storage of soil organic carbon in active and recalcitrant pools in a humid tropical region of India. **Science of the total environment**, v. 624, p. 908-917, 2018.

NUNES, S.; GASTAUER, M.; CAVALCANTE, R. B.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA JR, C. F.; SILVA, D.; SIQUEIRA, J. O. Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. **Forest Ecology and Management**, v. 466, p. 118120, 2020.

DE OLIVEIRA, S.S.; NASCIMENTO, G.O.; SOUZA, D.P.; NASCIMENTO, L.O.; OLIVEIRA, S.S.; GONÇALVES, J.F.C.; FERREIRA, J.B.; OLIVEIRA, E. Growth of parica seedlings (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) cultivated in different organic substrates. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 6, p. 303-310, 2019.

PRETZSCH, H.; BIBER, P. Tree species mixing can increase maximum stand density. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 08, n. p. 1179-1193, January, 2016.

R Development Core Team (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2016. (<http://www.Rproject.org/>).

ROLIM, S.G.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.; PIOTTO, D.; BATISTA, A.; FREITAS, M.L.M.; JUNIOR, S.B.; CALMON, M. Research Gaps and Priorities in Silviculture of Native Species In Brazil. Working paper. **WRI Brasil**, São Paulo, p. 44, 2019.

ROSA, S.F.D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; FLEIG, F.D.; RODRIGUES, M.F.; GELAIN, N.S. Propriedades físicas e químicas de um argissolo sob cultivo de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa gaúcho. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 580-590, 2018.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; DOS ANJOS, L.H.C.; DE OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; CUNHA, T.J.F.; 2018. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANZ, M.J.; DE VENTE, J.; CHOTTE, J.L.; BERNOUX, M.; KUST, G.; RUIZ, I.; ALMAGRO, M.; ALLOZA, J.A.; VALLEJO, R.; CASTILLO, V.; HEBEL, A.; AKHTAR-SCHUSTER, M. Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. **A Report of the Science-Policy Interface**, 2017.

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 3, p. 261-275, 2015.

SOBRAL, L.F.; BARRETO, M.D.V.; DA SILVA, A. J.; DOS ANJOS, J.L. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E)**, 2015.

SOUZA, C.R.; ROSSI, L.M.B.; DE AZEVEDO, C.P.; VIEIRA, A.H. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. **Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2003.

SCHWARTZ, G.; PEREIRA, P.C.G.; SIVIERO, M.A.; PEREIRA, J.F.; RUSCHEL, A. R.; YARED, J. A. G. Enrichment planting in logging gaps with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: A financially profitable alternative for degraded tropical forests in the Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 390, n. 2, p. 166-172, 2017.

SHIMAMOTO, C.Y.; PADIAL, A.A.; DA ROSA, C.M.; MARQUES, M.C. Restoration of ecosystem services in tropical forests: a global meta-analysis. **PloS One**, v. 13, n. 12, p. e0208523, 2018.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**, 3ªed, Brasília, DF: Embrapa, p. 574, 2017.

THOMAZ, E. L.; NUNES, D. D.; WATANABE, M. Effects of tropical forest conversion on soil and aquatic systems in southwestern Brazilian Amazonia: A synthesis. **Environmental Research**, v. 183, p. 109220, 2020.

WARRICK A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. **Application of soil physics**, p. 319-344, 1980.

YAN, B.O; HOU, Y. Effect of soil magnesium on plants: a review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **IOP Publishing**, p. 022168, 2018.

ZHOU, Z.; WANG, C.; JIANG, L.; LUO, Y. Trends in soil microbial communities during secondary succession. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 115, pp. 92-99, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Árvores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 27, 28, 39, 41, 51, 53, 54, 62, 64

### B

Biodiversidade 27, 66

Biomassa 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 35, 39, 40, 49, 52, 55, 59, 60, 61, 62, 63

### C

Carbono 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 39, 41, 42, 45, 48, 49

Ciclagem de nutrientes 26, 27, 31, 39, 46, 51, 53, 63, 64, 65

Crescimento 27, 39, 40, 46, 48, 50, 52, 53

Cubagem 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14

### D

Decomposição 30, 40, 45, 48, 53, 54

Degradação 26, 27

Dendrômetro 14

Diâmetro 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 27, 54

Dossel 21, 61

### E

Ecossistemas florestais 51, 53

Erosão 53

Espécies arbóreas 27, 40, 48

Estoque de nutrientes 55

Eucalipto 48, 49, 52, 61, 62, 64

### F

Fertilidade 25, 26, 27, 28, 30, 34, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 63, 64

Fertilidade do solo 25, 26, 28, 38, 39, 40, 44, 46, 49, 63, 64

Florestal 1, 2, 4, 5, 14, 15, 17, 18, 21, 24, 28, 30, 36, 39, 44, 45, 46, 49, 50, 52, 53, 62, 64, 65, 66

Fuste 5, 12, 15

### G

Geoprocessamento 16, 20, 23

## **I**

Inventário florestal 5, 14

## **L**

Leguminosa 38, 39, 45

## **M**

Mensuração 1, 4, 5, 12, 13

Método direto 17, 23

Método indireto 17

## **N**

Nutrientes 26, 27, 30, 31, 35, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

## **P**

Plantio 4, 25, 27, 28, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54

Povoamentos florestais 26, 38, 39, 45, 47

Produção florestal 53

Proteção ambiental 27

## **Q**

Química do solo 39

## **R**

Reflorestamento 25, 26, 27

## **S**

Sensoriamento remoto 16, 17, 18, 20, 23

Sequestro de carbono 17, 22

Serapilheira 27, 31, 35, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

Serviços ecossistêmicos 25, 27

Silvicultura 39, 40

Sistema de informações geográficas 16, 18, 20

Solo 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

Sustentabilidade florestal 17

## **T**

Tratos silviculturais 38, 39

## **U**

Uso do solo 25, 26

## **V**

Volumetria 1

# ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIA FLORESTAL:

Resultados das pesquisas e inovações tecnológicas

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 