

# Solos nos Biomas Brasileiros

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# Solos nos Biomas Brasileiros

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S689 Solos nos biomas brasileiros [recurso eletrônico] / Organizadores  
Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR):  
Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-008-7

DOI 10.22533/at.ed.087181412

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume I, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências do solo, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA	
<i>Kerciane Pedro da Silva</i>	
<i>Raiana Arnaud Nava</i>	
<i>Thays Thayla Santos de Almeida</i>	
<i>Matheus da Costa Gondim</i>	
<i>Dihego Rosa das Chagas</i>	
<i>Sandra Andréa Santos da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO	
<i>Marcelo Couto de Jesus</i>	
<i>Alexsandro dos Santos Brito</i>	
<i>Flavio da Silva Gomes</i>	
<i>Suane Coutinho Cardoso</i>	
<i>Onildo Nunes de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÔRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG	
<i>Marcos Vinícius Mateus</i>	
<i>José Cláudio Viégas Campos</i>	
<i>Luana Caetano Rocha Andrade</i>	
<i>Nathalia Barbosa Vianna</i>	
<i>Matheus Oliveira Alves</i>	
<i>José Luiz Rodrigues Torres</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0871814125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 66**

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

*Ana Carolina Oliveira Chapeta*  
*Erinaldo Gomes Pereira*  
*Carlos Alberto Bucher*  
*Manlio Silvestre Fernandes*  
*Cassia Pereira Coelho Bucher*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814126**

**CAPÍTULO 7 ..... 76**

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira*  
*Eduardo Cezar Medeiros Saldanha*  
*Marluce Reis Souza Santa Brígida*  
*Henrique Gusmão Alves Rocha*  
*Gabriela Mourão de Almeida*  
*Maria Soraia Fortado Vera Cruz*  
*Jose Leandro Silva de Araújo*  
*Ana Carolina Pinguelli Ristau*  
*Noéle Khristinne Cordeiro*  
*Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814127**

**CAPÍTULO 8 ..... 84**

BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO

*Camila Ferreira de Pinho*  
*Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira*  
*Jéssica Ferreira Lourenço Leal*  
*Amanda dos Santos Souza*  
*Samia Rayara de Sousa Ribeiro*  
*Gledson Soares de Carvalho*  
*André Lucas Simões Araujo*  
*Rúbia de Moura Carneiro*  
*Gabriela de Souza Da Silva*  
*Ana Claudia Langaro*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814128**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

*Lidia Justen*  
*Michele Ribeiro Ramos*  
*Nayara Monteiro Rodrigues*  
*Alexandre Uhlmann*

**DOI 10.22533/at.ed.0871814129**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO

*Rodrigo Ribeiro Fidelis*  
*Karen Cristina Leite Silva*  
*Ricardo de Oliveira Rocha*

*Lucas Xaubet Burin  
Jânio Milhomens Pimentel Júnior  
Patricia Sumara Fernandes  
Pedro Lucca Reis Souza  
Danilo Alves Veloso*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141210**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira  
Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha  
Marluce Reis Souza Santa Brígida  
Henrique Gusmão Alves Rocha  
Gabriela Mourão de Almeida  
Jose Leandro Silva de Araújo  
Ana Carolina Pinguelli Ristau  
Noéle Khristinne Cordeiro  
Bruna Penha Costa  
Whesley Thiago dos Santos Lobato*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141211**

**CAPÍTULO 12 ..... 124**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

*Jamerson Fábio Silva Filho  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Alessandra Vieira da Silva  
Kerly Cristina Pereira  
Jaberson Basílio de Melo  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141212**

**CAPÍTULO 13 ..... 129**

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

*Alessandra Vieira da Silva  
Dalcimar Regina Batista Wangen  
Jamerson Fábio Silva Filho  
Kerly Cristina Pereira  
Lara Gonçalves de Souza  
Ivaniele Nahas Duarte*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141213**

**CAPÍTULO 14 ..... 138**

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

*Luan Henrique Barbosa de Araújo  
José Augusto da Silva Santana  
Wanctuy da Silva Barreto  
Camila Costa da Nóbrega  
Juliana Lorensi do Canto  
César Henrique Alves Borges*

**DOI 10.22533/at.ed.08718141214**

<b>CAPÍTULO 15 .....</b>	<b>145</b>
CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Guilherme Guerin Munareto</i>	
<i>Claiton Ruviano</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141215</b>	
<b>CAPÍTULO 16 .....</b>	<b>154</b>
CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.)	
<i>Liliane Pereira Campos</i>	
<i>Gasparino Batista de Sousa</i>	
<i>Alexandra Vieira Dourado</i>	
<i>Tamires Soares da Silva</i>	
<i>Mireia Ferreira Alves</i>	
<i>Barbemile de Araújo de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141216</b>	
<b>CAPÍTULO 17 .....</b>	<b>160</b>
DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141217</b>	
<b>CAPÍTULO 18 .....</b>	<b>171</b>
DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina Dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.08718141218</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>183</b>



## DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA

### **Thaise Cristina Dos Santos Padilha**

Estudante de graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Paragominas, PA

### **Walmer Bruno Rocha Martins**

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

### **Gracialda Costa Ferreira**

Professora; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

### **Ellen Gabriele Pinto Ribeiro**

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

### **Richard Pinheiro Rodrigues**

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA.

**RESUMO:** A mineração de bauxita tem se destacado no Estado do Pará, por gerar inúmeros empregos. Porém, ocasiona uma série de impactos ambientais, para a floresta destas áreas. A pesquisa foi desenvolvida na mineração Paragominas S/A, município de Paragominas, teve como objetivo avaliar a deposição anual de Ca e Mg da serapilheira para o solo em diferentes métodos de restauração florestal, Plantio por mudas (PM), Regeneração Natural (RN) e Fragmento Florestal (FF). Foram instalados 30 coletores de 25 cm<sup>2</sup> em cada ambiente, sendo que, mensalmente a serapilheira foi coletada de AGO/2014 a SET/2015. Após a coleta,

a serapilheira foi seca em estufa, pesada e moída, para análise química. A deposição anual de Ca e Mg para o solo foi calculado pela multiplicação da concentração de cada elemento pela quantidade de serapilheira depositada anualmente. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade de variância, com as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de erro. A deposição anual de Ca para o solo foi 7,49, 9,63 e 10,05 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para as áreas respectivamente, não ocorrendo diferença estatística entre os ambientes ( $p$ -valor=0,3110). Para o elemento Mg, a deposição anual foi de 1,45, 2,00, 2,13 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o PM, RN e FF respectivamente, também não ocorrendo diferença estatística entre os valores nos diferentes ambientes ( $p$ -valor=0,0960). Esses resultados demonstraram que, apesar de maiores deposições anuais de Ca e Mg no ecossistema FF, os valores foram semelhantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** recuperação ambiental, indicadores de restauração, ciclagem de nutrientes.

**ABSTRACT:** Bauxite mining has been outstanding in the State of Pará, for generating countless jobs. However, it causes a series of environmental impacts for the forest in these areas. The research was developed in the Paragominas S / A mining, Paragominas

municipality, to evaluate the annual deposition of Ca and Mg from the litter to the soil in different methods of forest restoration, Planting by seedlings (PM), Natural Regeneration (RN) and Forest Fragment (FF). A total of 30 collectors of 25 cm<sup>2</sup> were installed in each environment, and the litter was collected monthly from AUG / 2014 to SET / 2015. After the collection, the litter was dried in a greenhouse, heavy and ground, for chemical analysis. The annual deposition of Ca and Mg to the soil was calculated by multiplying the concentration of each element by the amount of litter deposited annually. The results were submitted to normality test and homoscedasticity of variance, with the means compared by the Tukey test, at the 5% error level. The annual deposition of Ca to the soil was 7.49, 9.63 and 10.05 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the areas respectively, with no statistical difference between the environments (p-value = 0,3110). For the Mg element, the annual deposition was 1.45, 2.00, 2.13 Kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the PM, RN and FF respectively, also not occurring statistical difference between the values in the different environments (p -value = 0.0960). These results demonstrated that, despite higher annual Ca and Mg depositions in the FF ecosystem, the values were similar.

**KEY WORDS:** environmental recovery, restoration indicators, nutrient cycling.

## 1 | INTRODUÇÃO

A mineração contribui significativamente para economia brasileira, gerando aproximadamente 2,2 milhões de empregos diretos (LIMA; NEVES, 2014). Neste cenário, o estado do Pará destaca-se por ser o principal produtor de bauxita do país, com cerca de 90% da produção nacional (LIMA; NEVES, 2014). Porém, a atividade minerária causa sérios impactos ambientais, principalmente pela retirada da vegetação e das camadas superficiais e subsuperficiais do solo, modificando a paisagem como um todo do ecossistema (JESUS *et al.*, 2016).

O plantio de mudas de diversas espécies nativas tem sido um dos métodos mais utilizados no processo de restauração de áreas degradadas pela mineração (SALOMÃO, 2007). Porém, esse método é considerado oneroso e não garante o sucesso do projeto. A indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*) retirado após a sua supressão da vegetação também tem sido utilizada para restaurar áreas degradadas, pois de acordo com Guimarães *et al.* (2014) e Figueiredo *et al.* (2014) o banco de sementes de ecossistemas florestais é constituído por uma grande densidade e riqueza de espécies que auxiliam no reestabelecimento da vegetação local.

No processo de restauração florestal, independentemente do método utilizado, plantio ou indução da regeneração natural, torna-se necessário a execução de monitoramentos periódicos para avaliação de indicadores ou variáveis que demonstrem o desenvolvimento da restauração, sendo possível com esses resultados avaliar se a evolução do processo de restauração está seguindo uma trajetória planejada ou se é preciso readequá-lo de acordo com a necessidade (MARTINS, 2013).

A serapilheira, formada pela deposição e decomposição de folhas, galhos, material reprodutivo e carcaças de animais encontrada superficialmente no solo da floresta é um desses indicadores. Ela é a principal fonte de entrada e saída de nutrientes (MARTINS, 2013), contribuindo para a formação e manutenção da fertilidade dos solos através do processo de decomposição, sobretudo nas florestas amazônicas que são consideradas pouco férteis naturalmente (SELLE, 2007).

Ultimamente, alguns estudos foram desenvolvidos com serapilheira em áreas em processo de restauração florestal (GOMES *et al.*, 2011; WANG'ONDU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2016), mostrando que o aumento da deposição de serapilheira e nutrientes contribuem positivamente para acelerar o desenvolvimento do ecossistema (MACHADO *et al.*, 2016). A ciclagem de nutrientes por meio da decomposição da serapilheira varia em função de vários fatores bióticos e abióticos, destacando-se as características das espécies de absorver e redistribuir os nutrientes, da temperatura e do índice pluviométrico (VITOUSEK, 1982), podendo variar também de acordo com o desenvolvimento da floresta em processo de restauração.

O conhecimento da concentração e conteúdo dos nutrientes advindos da serapilheira são importantes, pois a baixa qualidade nutricional do material vegetal influencia de maneira negativa e a longo prazo a fertilidade do solo, prejudicando a restauração (PAUDEL *et al.*, 2015). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição dos nutrientes Ca e Mg da serapilheira em áreas de mineração de bauxita sob diferentes métodos de restauração florestal, no município de Paragominas, no estado do Pará.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na empresa Mineração Paragominas S.A., do grupo Hydro, localizada no nordeste do estado do Pará, no Platô Miltônia 3 (3°15'38"S e 47°43'28"W) a uma altitude de 150 m, distante 70 Km da sede municipal de Paragominas. O clima da região é do tipo "Awi", segundo a classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido com estações de chuva e de seca bem definidos, com temperatura média entorno de 26,7 °C. O índice pluviométrico anual da região varia de 857,8 a 2.787 mm, com o período mais chuvoso de janeiro e maio (Figura 1).

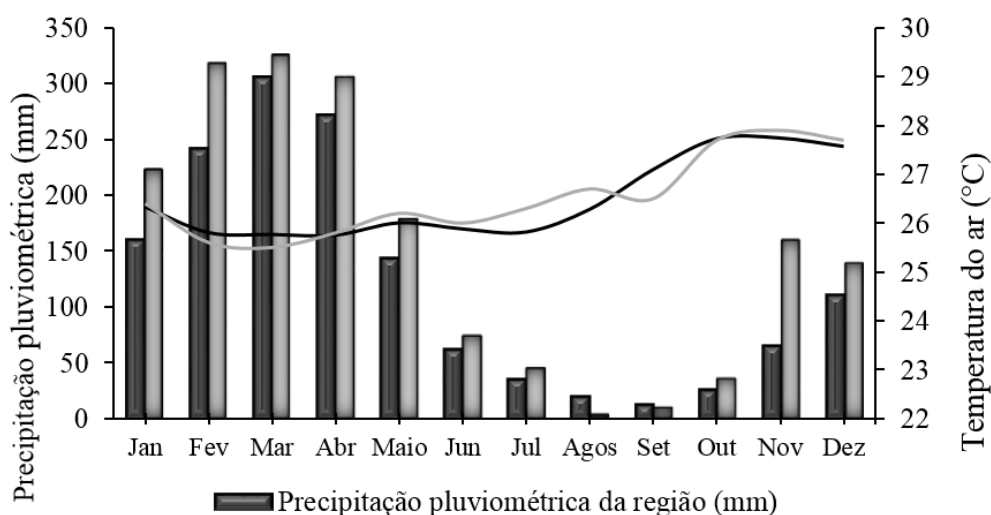


Figura 1. Média mensal da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar do município de Paragominas dos últimos sete anos (2008-2014) e da área de mineração do período experimental (setembro de 2014 a outubro de 2015).

Figure 1. Monthly average rainfall and average air temperature of the municipality of Paragominas of the last seven years (2008-2014) and the mining area of the experimental period (September 2014 to October 2015).

Fonte: coleta de dados de sete anos (INMET, 2015).

Source: seven-year data collection (INMET, 2015).

Fonte: dados do período experimental (Hydro, 2015).

Source: data from the trial period (Hydro, 2015).

Os solos predominantes do município, são classificados como Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos, considerados de baixa fertilidade natural, com baixas concentrações de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além da alta saturação por alumínio (RODRIGUES *et al.*, 2003).

## 2.2 Caracterização dos ecossistemas de estudo

Foram selecionadas três áreas para coleta da serapilheira, duas em processo de restauração florestal (A1 - plantio de mudas arbóreas nativas, A2 - indução da regeneração natural, e uma área de referência A3 - fragmento florestal, localizado próximo as duas áreas (300 m de distância). Nas áreas selecionadas para restauração, após a reconformação topográfica, espalhou-se o *topsoil*, o qual foi retirado a 20 cm de profundidade após a supressão da vegetação florestal e ficou armazenado em leiras durante aproximadamente um ano.

### A1 - Plantio de mudas arbóreas nativas (PM)

O plantio foi realizado em uma área de 20 ha, com a realização da subsolagem e aplicação de fosfato natural reativo (33%  $P_2O_5$  total e 10%  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico 2%) no fundo do sulco. Além disso, foram aplicados 800 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico em área total e 200 g por cova de adubo NPK (06 30 06) mais micronutrientes (0,5%

B, 0,5% Cu, 0,5% Zn) e 2,5 Kg de composto orgânico por cova, constituído de terra vegetal, caroço de açaí carbonizado, palha de arroz carbonizado, cama de frango curtido e triturado e esterco de ovino curtido e triturado, na proporção de 20% de cada componente. O plantio das mudas foi realizado em maio de 2009 em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, espaçadas cerca de 3 x 3 m. Foi utilizado inicialmente 105 espécies de diferentes grupos ecológicos. Para a manutenção inicial do plantio, realizou-se o controle de formigas cortadeiras com isca formicida granulada e duas capinas manuais em área total durante o primeiro ano.

A área de plantio tem 7 anos de idade, com altura média do estrato superior de aproximadamente 5,0 m, e espécies distribuídas em 23 famílias. As dez espécies com os maiores Índice de Valor de Importância – IVIs (%) são: *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes (12,02), *Libidibia ferrea* (Mart.) L.P. Queiroz (11,07), *Inga alba* (Sw.) Willd. (11,00), *Mimosa schomburgkii* Benth. (10,99), *Ceiba pentandra* (L) Graertn. (10,99), *Genipa americana* L. (10,05), *Inga fagifolia* (L.) Willd. ex Benth. (9,92), *Croton matourensis* Aubl. (8,69), *Swietenia macrophylla* King (7,88) e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (7,29).

#### A2 - Indução da Regeneração Natural (RN)

Os procedimentos realizados no ecossistema de indução da regeneração natural consistiam apenas na reconformação do terreno e no espalhamento do *topsoil* em área total, com posterior isolamento da área. O ecossistema tem uma área de 20 ha, 7 anos de idade e possui 26 espécies com altura média do estrato superior de 3,5 m, distribuídas em 12 famílias com hábito predominantemente arbóreo. As espécies predominantes com maior IVI (%) são: *Croton matourensis* Aubl. (55,94), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (43,98), *Cecropia* sp. (42,24), *Byrsonima crispera* A. Juss. (16,32), *Solanum* sp. (15,83), *Casearia grandiflora* Cambess. (10,20), *Cheiloclinium* sp. (9,95), *Guatteria poeppigiana* Mart. (9,57), *Croton ascendens* Secco & N.A. Rosa (9,30) e *Casearia arborea* (Rich.) Urb. (8,03).

#### A3 - Fragmento Florestal (FF)

Foi selecionada uma área de aproximadamente 20 ha de um fragmento florestal classificado como floresta primária de terra firme alterada, com último registro de exploração madeireira convencional em 2003, apresentando atualmente 11 anos pós exploração. Esse ecossistema possui 51 espécies com altura média do estrato superior de 7,5 m, distribuídas em 27 famílias, com espécies de hábito arbóreas, destacando-se com maior IVI (%): *Croton matourensis* Aubl. (24,35), *Tapirira guianensis* Aubl. (23,39), *Inga alba* (Sw) Willd. (22,61), *Chrysophyllum prieurii* A.DC. (21,25), *Inga thibaudiana* DC. (16,87), *Guatteria poeppigiana* Mart. (16,51), *Cordia scabrifolia* A.DC. (15,07), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (12,78), *Eschweillera coriacea* (DC.) S.A. Mori (12,78) e *Myrcia fallax* (Rich.) DC. (9,93).

### 3 | COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para coleta de serapilheira, foram instalados coletores confeccionados de madeira e sombrite, com área de coleta de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m) e altura de 0,1 m, alocados 0,2 m acima da superfície do solo, para reduzir o contato com o solo. Foram instalados 90 coletores em agosto de 2014, distribuídos de maneira sistemática, sendo 30 coletores em cada ecossistema de pesquisa, distantes 30 m entre si. As coletas foram realizadas mensalmente durante os meses de agosto de 2014 a setembro de 2015. Após a retirada da serapilheira o material foi transportado em sacos plástico para laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foi colocado para secagem em estufa a 70 °C por 72 horas. Posteriormente o material foi pesado em balança analítica de precisão de 0,01 g e triturada em um moinho de lâminas do tipo Willey com peneira de 0,85 mm de abertura. As amostras coletadas mensalmente foram homogeneizadas para obtenção de três amostras compostas de cada área de estudo.

A concentração dos macronutrientes, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), foram analisados no Laboratório do Museu Emílio Goeldi, seguindo o método descrito por Malavolta *et al.* (1997). A transferência de nutrientes, que se refere à quantidade total de cada elemento que retornará para o solo, foi estimada por meio da multiplicação da concentração de cada nutriente pela produção total de serapilheira (VITOUSEK, 1982).

Os resultados dos conteúdos de cada nutriente foram submetidos ao teste de normalidade de D' Agostino e homocedasticidade de variância de Bartlett, posteriormente foi realizado a análise de variância através do programa ESTATISTICA 9.0, havendo diferenças significativas entre os dados, as médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para confecção das figuras foi utilizado o programa SigmaPlot 10.0.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Deposição de serapilheira

A deposição de serapilheira foi de  $6,61 \pm 0,53$ ,  $10,75 \pm 0,86$  e  $11,83 \pm 1,00$  Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o PM, RN e FF respectivamente, diferindo estatisticamente entre si ( $p$ -valor=0,0025). Os maiores valores mensais foram registrados em agosto, setembro e julho com 3,77, 3,59 e 3,51 Mg ha<sup>-1</sup> nesta ordem (Figura 2).

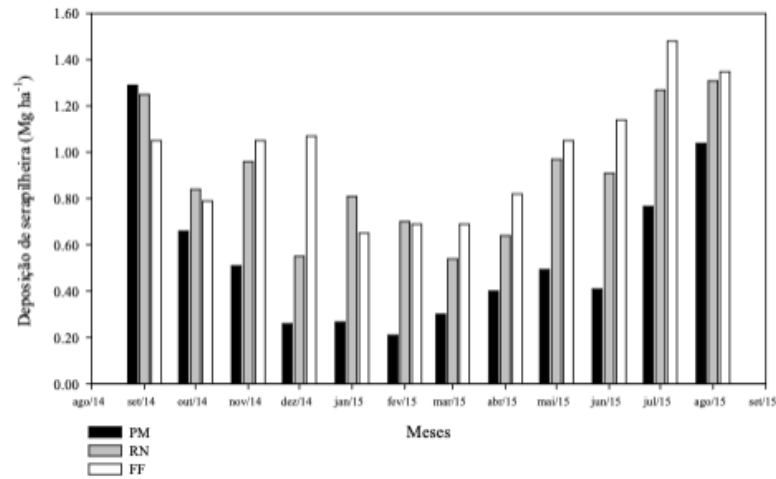
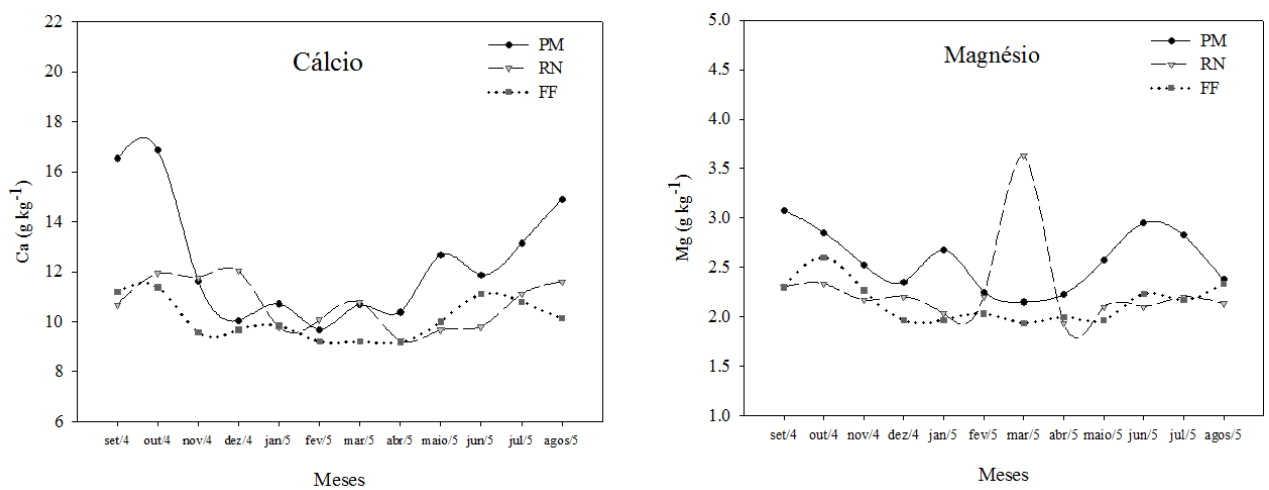


Figura 2. Deposição mensal de serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Figure 2. Monthly litter Deposition in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

#### 4.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

A concentração de Ca e Mg foi superior na área de PM na maioria dos meses de avaliação (Figura 3).



#### 4.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Apesar de não ter sido constatado diferença significativa ( $p > 0,05$ ), o P, Ca, Mg e S foram superiores numericamente no FF, seguido de RN (Tabela 1).

Nutrientes	Transferência ( $\text{Kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ )			<i>p</i> -valor	
	PM	RN	FF		
Total	28,866	51,259	41,441		
Ca	Média mensal	7,495 ( $\pm 1,72$ )	9,629 ( $\pm 0,93$ )	10,046 ( $\pm 0,90$ )	0,3110
	Total	89,941	115,543	120,552	

	Média mensal	1,466 ( $\pm$ 0,29)	2,004 ( $\pm$ 0,16)	2,131 ( $\pm$ 0,19)	
Mg	Total	17,593	24,047	25,577	0,0960
	Total	0,158	0,290	0,189	

Tabela 1. Transferência de nutrientes da serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Table 1. Litter nutrient transfer in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5 | DISCUSSÃO

### 5.1 Deposição de serapilheira

Os resultados anuais da deposição de serapilheira ficaram próximos aos encontrados em outros estudos realizados na Amazônia em florestas de terra firme (BARLOW *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2015). Nos meses de maior deposição foi constatado elevadas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica, o que ocasionou a abscisão foliar, uma estratégia das plantas no controle de perda de água por transpiração (SANCHES *et al.*, 2008; MACHADO *et al.*, 2015). No entanto, Kim *et al.* (2012) mencionam que a maior produção de serapilheira em períodos mais quentes na Amazônia está associada a renovação foliar das árvores para melhorar o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, mesmo diante de pouco recurso hídrico disponível no solo.

As maiores médias de serapilheira observadas nas áreas de RN e FF estão possivelmente relacionadas ao domínio de espécies pioneiras de rápido crescimento como *Croton matourensis*, *Vismia guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Inga alba*. Essas espécies desenvolvem-se rapidamente em áreas antropizadas e, de acordo com Guariguata e Ostertag (2001), investem mais energia em produção de folhas do que em madeira, em decorrência da competição por recursos, principalmente luz.

### 5.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

A maior concentração Ca entre os meses de julho a novembro são explicados em decorrência do período considerado menos chuvoso na área de estudo, com precipitação média de 51 mm mês<sup>-1</sup>, segundo dados da estação meteorológica do Mineração Paragominas (MPSA).

A adubação inicial na área de PM, pode ter sido o principal fator que contribuiu para as maiores concentrações mensais dos macronutrientes Ca e Mg no ecossistema PM, resultados que demonstram a eficiência da aplicação de fertilizantes pré-plantio, dentre elas, a calagem, adubação NPK e a fosfatagem natural durante a subsolagem.

O Ca é um dos principais componentes da estrutura celular vegetal, sendo um



dos últimos elementos a ser liberado para o solo pelo processo de decomposição (GODINHO *et al.*, 2014). O retorno do Ca para o solo é importante como regulador do pH da superfície do próprio solo, proporcionando condições adequadas para o crescimento inicial das plantas, principalmente em áreas fortemente antropizadas, como é o caso da mineração.

### 5.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Pinto *et al.* (2009), também não constataram diferenças entre ecossistemas nos conteúdos de Ca e Mg, corroborando com este estudo. O Ca e Mg são elementos contidos abundantemente nas estruturas lenhosas das espécies florestais, por isso, ficam imobilizados nas cascas e nos trocos, e conseqüentemente apresentam uma renovação lenta (VITOUSEK, 1982; ATTIWILL; ADMS, 1993), por esta razão o Ca foi considerado o segundo elemento com maior concentração e conteúdo na serapilheira (Figura 2 e Tabela 1, respectivamente).

## 6 | CONCLUSÕES

- A dinâmica de serapilheira e concentrações de nutrientes variaram no tempo e entre os métodos de restauração florestal.
- A serapilheira e nutrientes são bons indicadores de monitoramento de restauração de áreas degradadas, demonstrando a situação bioquímica dos ecossistemas em desenvolvimento.
- A transferência anual de Ca e Mg da serapilheira para o solo em áreas com diferentes métodos de restauração não apresentou diferença, demonstrando que os métodos de restauração seguem uma trajetória coerente com a floresta de referência.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.

ATTIWILL, P. A.; ADMS, M. A. Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, Hoboken, v. 124, n. 4, p. 561-582, 1993.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 91-97, 2007.

FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDA, C. C.; ARAUJO, F. M.; VALCARCEL, R. Germinação *ex-situ* do banco de sementes do solo de capoeira em restauração florestal espontânea a partir do manejo do sombreamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 69-80, 2014.

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

GOMES, A. C. S.; LUIZÃO, F. J. Leaf and soil nutrients in a chronosequence of second-growth forest in central Amazonia: Implications for restoration of abandoned lands. **Restoration Ecology**, Washington, v. 20, n. 3, p. 339-345, 2011.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, p. 185-206, 2001.

GUIMARÃES, S.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, K. A. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

JESUS, E. M.; SANTOS, T. S.; RIBEIRO, G. T.; ORGE, M. D. R.; AMORIM, V. O.; BATISTA, R. C. R. C. Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 191-200, 2016.

KIM, Y.; KNOX, R. G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRA, L. R.; PYLE, E. H.; WOFSEY, S. C.; BRAS, R. L.; MOORCROFT, P. R. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global change biology**, Urbana-Champaign v. 18, n. 4, p. 01-11, 2012.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015.

MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 93-101, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2013. 270 p.

PAUDEL, E.; DOSSA, G. G. O.; XU, J.; HARRISON, R. D. Litterfall and nutrient return along a disturbance gradient in a tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 353, n. 1, p. 97-106, 2015.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 653-663, 2009.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 49 p. (Documentos n. 162).

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 2, n. 2, p. 85-139, 2007.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics

of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of geophysical research**, Washington, v. 113, n. 4, p. 1-9, 2008.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SOUZA, M. C. R.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, S. F.; SCORIZA, R. N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 75-82, 2016.

VITOUSEK P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, Chicago Press, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.

WANG'ONDU, V. W.; BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KINYAMARIO, J. I.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. Litter fall dynamics of restored mangroves (*Rhizophora mucronata* Lamk. and *Sonneratia alba* Sm.) in Kenya. **Restoration Ecology**, Washington, v. 22, n. 6, p. 824-831, 2014.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**ALAN MARIO ZUFFO** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan\_zuffo@hotmail.com

**JORGE GONZÁLEZ AGUILERA** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-008-7



9 788572 470087