

# Fontes de Biomassa e Potenciais de Uso

Mônica Jasper  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Mônica Jasper  
(Organizadora)

# Fontes de Biomassa e Potenciais de Uso

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### Conselho Editorial

#### Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
F683	Fontes de biomassa e potenciais de uso [recurso eletrônico] / Organizadora Mônica Jasper. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-629-4 DOI 10.22533/at.ed.294191609  1. Biocombustíveis. 2. Biomassa – Pesquisa – Brasil. I. Jasper, Mônica.  CDD 333.9539
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Estamos apresentando “Fonte de Biomassa e Potenciais de Uso”. São dezesseis capítulos que abordam trabalhos, pesquisas e revisões de forma ampla acerca deste conhecimento. A obra reúne trabalhos de diferentes regiões do país, analisando a área da Produção de biomassa sob diferentes abordagens. É necessário conhecer esses temas sob diversas visões de pesquisadores, a fim de aprimorar conhecimentos, relações interespecíficas e desenvolver estratégias para a utilização das fontes de biomassa. O esforço contínuo de pesquisadores e instituições de pesquisa tem permitido grandes avanços nessa área. Assim, apresentamos neste trabalho uma importante compilação de esforços de pesquisadores, acadêmicos, professores e também da Atena Editora para produzir e disponibilizar conhecimento neste vasto contexto.

Mônica Jasper

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CONVERSÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS LIVRES DE ÓLEO DE GIRASSOL EM BIODIESEL UTILIZANDO CATALISADORES ÁCIDOS	
Paulo Roberto de Oliveira Patrick Rodrigues Batista Marjorie Emanoeli Lopes Vieira Palimécio Gimenes Guerrero Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALECRIM ( <i>ROSMARINUS OFFICINALIS L.</i> ) SOBRE A OXIDAÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA DURANTE O ARMAZENAMENTO	
Noellen Caroline Cavalcanti de Araujo Silmara Bispo dos Santos Henrique de Matos Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
EFFECT OF THERMOCHEMICAL PRETREATMENT AS A STRATEGY TO ENHANCE BIODEGRADABILITY OF LIGNOCELLULOSIC BIOMASS	
Thiago Edwiges Jhenifer Aline Bastos João Henrique Lima Alino Laércio Mantovani Frare	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTA SEMIDECIDUAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE REGRESSÃO E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Marcela de Castro Nunes Santos Terra Daniel Dantas Luiz Otávio Rodrigues Pinto Natalino Calegario Sabrina Mandarano Maciel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
EXTRAÇÃO DE LIPÍDEOS DA MICROALGA <i>Nannochloropsis oculata</i> CULTIVADA COM VARIAÇÃO DE NITRATO DE SÓDIO NO MEIO DE CULTURA	
José William Alves da Silva Susana Felix Moura dos Santos Illana Beatriz Rocha de Oliveira Ana Claudia Teixeira Silva Glacio Souza Araujo Emanuel Soares dos Santos Renato Teixeira Moreira Dilliani Naiane Mascena Lopes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2941916095</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 41**

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL NA ZONA DA MATA E CAMPO DAS VERTENTES DE MINAS GERAIS

Michael de Oliveira Resende  
Giovana Franco Valadão  
Elias Gabriel Magalhães Silva  
Helen Ribeiro Rodrigues  
Márcio do Carmo Barbosa Poncilio Rodrigues  
Augusto Cesar Laviola de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.2941916096**

**CAPÍTULO 7 ..... 50**

POLPA CELULÓSICA COMO ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL VIA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Dile Pontarolo Stremel  
Alexandre Vidal Bento  
Mayara Elita Braz Carneiro  
Roberto Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.2941916097**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

PRODUÇÃO DE CÉLULA SOLAR COM CORANTE DA *Beta vulgaris*

Julianno Pizzano Ayoub  
Gideã Taques Tractz  
Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira  
Cynthia Beatriz Furstenberger  
Everson do Prado Banczek  
Paulo Rogerio Pinto Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.2941916098**

**CAPÍTULO 9 ..... 67**

PRODUÇÃO DE ETANOL DE BATATA REFUGO VIA PROCESSO FERMENTATIVO: UMA PROPOSTA PARA A DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE AMILÁCEAS

Taís Adeil Muller  
Wilma Aparecida Spinosa  
Juliano Tadeu Vilela Resende  
Leonel Vinicius Constantino  
Edson Perez Guerra  
Leonardo de Lima Wrobel  
Wallace Lima Paulo  
Ana Elisa Barbosa Siqueira  
Claudia Jeorgete dos Santos Burko

**DOI 10.22533/at.ed.2941916099**

**CAPÍTULO 10 ..... 74**

QUALIDADE DO CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* PLANTADOS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Matheus Redel Finger  
Rosimeire Cavalcante dos Santos  
Elias Costa de Souza  
Gabriel Raamon Santana Nunes  
Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes  
Renato Vinicius Oliveira Castro  
Stephanie Hellen Barbosa Gomes  
Cynthia Patricia de Sousa Santos

Sarah Esther de Lima Costa  
Gualter Guenter Costa da Silva  
DOI 10.22533/at.ed.29419160910

**CAPÍTULO 11 ..... 81**

RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO EM CARVÃO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Matheus Redel Finger  
Rosimeire Cavalcante dos Santos  
Elias Costa de Souza  
Gabriel Raamon Santana Nunes  
Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes  
Renato Vinícius Oliveira Castro  
Stephanie Hellen Barbosa Gomes  
Cynthia Patricia de Sousa Santos  
Sarah Esther de Lima Costa  
Gualter Guenter Costa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160911

**CAPÍTULO 12 ..... 87**

UMA PROPOSTA PARA O APROVEITAMENTO DA *ACROCOMIA ACULEATA* COMO FONTE DE ENERGIA LIMPA

Cássio Furtado Lima  
Fernanda de Oliveira Araujo  
Leonne Bruno Domingues Alves  
Angleson Figueira Marinho  
Érica Bandeira Maués de Azevedo  
Michel Keisuke Sato  
Victor da Cruz Peres  
Juliana Souza da Silva  
Luiz Fernando Reinoso  
Edinelson Luis de Sousa Junior  
Maykon Sullivan de Jesus da Costa  
Francisco Robson Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160912

**CAPÍTULO 13 ..... 103**

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM FRAGMENTOS DE CERRADO EM MINAS GERAIS

Natielle Gomes Cordeiro  
Kelly Marianne Guimarães Pereira  
Luiz Otávio Rodrigues Pinto  
Marcela de Castro Nunes Santos Terra  
José Márcio de Mello

DOI 10.22533/at.ed.29419160913

**CAPÍTULO 14 ..... 117**

BIODIGESTOR CONTROLADO POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Marcos Baroncini Proença  
Simone Ribeiro Morrone  
Dimas Agostinho da Silva  
Herdney Souza dos Santos  
Leila Fabiola Ferreira  
Luiz Roberto Baracho Rocha  
Cristoffer Lincon



Abel José Vilseke

DOI 10.22533/at.ed.29419160914

**CAPÍTULO 15 ..... 121**

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ADSORBENT OBTAINED FROM AGROINDUSTRIAL WASTE BIOMASS

Arthur Hoffmann dos Santos

Diana Fernanda Caicedo

Joana de Souza Mücke

Aline Krum Ferreira

Luiz Antonio Mazzini Fontoura

Samuel José Santos

Irineu Antonio Schadach de Brum

DOI 10.22533/at.ed.29419160915

**CAPÍTULO 16 ..... 125**

BIODIESEL PRODUCTION FROM WASTE COOKING OIL WITH CHARCOAL PYROLIGNEOUS LIQUOR

Marcos Baroncini Proença

Simone Ribeiro Morrone

Dimas Agostinho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.29419160916

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 131**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 132**

## VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ESTOQUE DE CARBONO EM FRAGMENTOS DE CERRADO EM MINAS GERAIS

**Natielle Gomes Cordeiro**

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais.

**Kelly Marianne Guimarães Pereira**

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais.

**Luiz Otávio Rodrigues Pinto**

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais.

**Marcela de Castro Nunes Santos Terra**

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais.

**José Márcio de Mello**

Universidade Federal de Lavras  
Lavras – Minas Gerais.

**RESUMO:** O Cerrado é considerado como um *hotspot* mundial em decorrência da biodiversidade que abriga. O domínio atua como sumidouro de carbono, serviço ecossistêmico diretamente relacionado com a mitigação climática. Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar a variação espaço-temporal do estoque de carbono em fragmentos do Cerrado por meio da geração de mapas temáticos das áreas. Foram amostrados três fragmentos situados na região da bacia do Rio São Francisco e Vale do Jequitinhonha. Nas parcelas inventariadas, mensurou-se todos os indivíduos com DAP  $\geq 5$  cm, a altura total

de todos os indivíduos que atenderam o critério de inclusão, bem como realizou a identificação botânica. Determinou-se o estoque de carbono presente em cada fragmento por meio do AGB. Realizou-se a análise espacial por meio da geração de semivariogramas e posteriormente empreendeu-se a Krigagem e IDW para obtenção dos mapas temáticos. Para todos os fragmentos analisados, a variação média do carbono esteve entre 10,23 e 32,8 Mg.ha<sup>-1</sup>. Selecionou-se o modelo exponencial como o de melhor ajuste. Os mapas temáticos permitiram prever quanto ao crescimento do estoque de carbono em todos os fragmentos e seus respectivos intervalos. O estoque de carbono teve um aumento progressivo em todos os fragmentos e anos de mensuração analisados e a utilização da técnica de geoestatística propiciou uma melhor visualização das alterações ocorrentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoestatística; Inventário florestal; Domínio Cerrado.

### SPACE-TEMPORAL VARIATION OF CARBON STOCK INTO SAVANNA'S FRAGMENTS IN MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** The Cerrado is classified as a global *hotspot* due to its biodiversity. The domain acts as a carbon sink, an ecosystem service related

to climate mitigation. The aim of this study was to evaluate the space-time variation of the carbon stock in the Cerrado fragments through the generation of thematic maps of the areas. Three fragments were sampled in the region of the São Francisco River and Jequitinhonha Valley Basin. In the inventoried plots, it was measured all individuals with  $DBH \geq 5$  cm, their total height as well as the botanical identification. The carbon stock present in each fragment was determined by AGB. Spatial analysis was performed through the generation of semivariograms. It was used the Kriging and IDW to achieve the thematic maps. For all fragments analysed, the mean carbon was between 10.23 and 32.8  $Mg \cdot ha^{-1}$ . The exponential model was selected as the best fit. The maps were able to predict the growth of carbon stock in all fragments and their respective intervals. The carbon stock had a progressive growth in all fragments and the use of geostatistics method helped to have a better visualization of it.

**KEYWORDS:** Geostatistics; Forest Inventory; Cerrado Domain.

## 1 | INTRODUÇÃO

As comunidades arbóreas abrigam uma diversidade expressiva e, portanto, possuem recursos de grande importância nos aspectos ambientais, sociais e econômicos (ARNOLD et al., 2011; GARDNER et al., 2009; PINHEIRO; MARCELINO; MOURA, 2018; SANQUETTA et al., 2018). Dentre as formações nativas brasileiras, o Cerrado é o segundo maior domínio em dimensão territorial, com grande riqueza florística e paisagística, além de ser considerado como um *hotspot* mundial devido às suas características intrínsecas (FERREIRA et al., 2016; STRASSBURG et al., 2017; SILVA NETO et al., 2016). No entanto, essa vegetação têm sofrido perdas em sua estrutura por causa do uso indiscriminado dos seus recursos para atividades agropecuárias (RIBEIRO et al., 2011; SILVEIRA et al., 2018; STRASSBURG et al., 2017)

Com isso, os estudos sobre o desenvolvimento e crescimento da fitofisionomia além da quantificação do estoque presente, permite a obtenção de informações que direcionam para o emprego de ações mitigadoras a favor da diminuição dos impactos e consequente conservação da vegetação (ALVES et al., 2016; CARVALHO; MARCO JÚNIOR; FERREIRA, 2009; FRANÇOSO et al., 2015; ROQUETTE, 2018)

Dada a importância, o arranjo das comunidades vegetais é considerado como um dos principais direcionadores do ciclo global do carbono (VANDERWEL; LYUTSAREV; PURVES, 2013). Assim, o conhecimento da estrutura da vegetação é de suma relevância, pois permite inferir a respeito de práticas em prol da manutenção das espécies e preservação do carbono (AZEVEDO et al., 2018; FERREIRA et al., 2018) junho e julho de 2016 e teve como objetivo verificar a percepção sobre remanescentes florestais pela visão de discentes de onze colégios estaduais do município de Irati (PR.

O estoque de carbono é considerado um dos mais solenes serviços ecossistêmicos ambientais, sendo diretamente afetado por ações como desmatamento, fogo,

fragmentação e traços funcionais das espécies presentes na área (BELLO et al., 2015; RIBEIRO et al., 2017; VANDERWEL; LYUTSAREV; PURVES, 2013). Dessa forma, os estudos de dinâmica da comunidade arbórea subsidiam informações sobre a variação do carbono presente em determinado intervalo de tempo.

Cabe ressaltar que a quantificação da variável carbono pode ser obtida por meio de métodos diretos, que consiste no abate das árvores, e indiretos dos quais empregam modelos matemáticos com a utilização das características mensuradas na floresta como o diâmetro e altura (QURESHI et al., 2012; RIBEIRO et al., 2017). Contudo, o estoque de carbono pode ser melhor estimado e a variação visualizada com a aplicação de técnicas espaciais, como a geoestatística (MORAIS et al., 2017; SCOLFORO et al., 2015, 2016). Este método permite a espacialidade da variável de interesse, com a constatação da sua distribuição e variabilidade, além de mensurar os fatores imprevisíveis associados (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Estudos que avaliam simultaneamente variações temporais-espaciais do estoque de carbono da vegetação são escassos, no entanto podem ser úteis para o entendimento da ecologia, ações de conservação e práticas de manejo. Nessa conjuntura, este estudo tem como objetivo avaliar a variação espaço-temporal do estoque de carbono em fragmentos do Cerrado, por meio da geração de mapas temáticos das áreas, como forma de assegurar esse importante serviço ecossistêmico e entender a dinâmica das formações vegetais, nos três períodos de mensuração.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo e base de dados**

Os dados para realização deste estudo são oriundos de áreas características do domínio Cerrado localizadas na Bacia do Rio São Francisco e do Rio Jequitinhonha (TABELA 1).

Caracterização	Fragmento I	Fragmento II	Fragmento III
Área (ha)	236.85	111.9	178.11
Fitofisionomia	Campo Cerrado	Cerrado sensu stricto	Cerrado sensu stricto
Longitude	45°51'30,12"O	43°47'55,40"O	44°21'10,21"O
Latitude	16°56'33,84"S	17°20'39,23"S	18° 27'55,63"S
Precipitação (mm)	1285.92	1187.21	1312.12
Temperatura média °C	22.95	20.91	21.48
Altitude (m)	578	855	643
Solo	Latossolo	Latossolo	Cambissolo
Parcelas ano I	40 (4 hectares)	11 (1.1 hectares)	11 (1.1 hectares)
Parcelas ano II	40 (4 hectares)	24 (2.4 hectares)	20 (2 hectares)
Parcelas ano III	40 (4 hectares)	24 (2.4 hectares)	20 (2 hectares)
Tamanho da parcela	10 x100 (1000 m <sup>2</sup> )		

TABELA 1: Caracterização dos fragmentos avaliados em três municípios de Minas Gerais.

Para a realização do inventário florestal foram alocadas parcelas retangulares por meio da amostragem sistemática (Silva Neto et al., 2017) (TABELA 1). Os levantamentos foram realizados em três períodos para cada fragmento (fragmento I: 2003, 2010 e 2014; fragmento II: 2003, 2005 e 2010; fragmento III: 2002, 2005 e 2013).

Considerou-se a mensuração de todos os indivíduos arbóreos vivos com diâmetro à 1,30 metros do solo (DAP)  $\geq 5$  cm, como método de inclusão para os três fragmentos. Na mesma ocasião, mensurou-se a altura total e realizou-se a identificação botânica de todos os indivíduos avaliados.

Em todos os fragmentos e anos de mensurações, os indivíduos que atenderam o critério de inclusão foram marcados com placas de alumínio com informações a respeito do número da planta e parcela, além disso todas as unidades amostrais foram georreferenciadas. Sendo assim, tais informações viabilizaram a remedição das árvores nas mensurações posteriores.

## 2.2 Análise de dados

### 2.2.1 Estimativa de carbono

Por meio das informações obtidas nos inventários realizados, em cada fragmento, empreendeu-se a estimativa do estoque de carbono presente nas áreas de estudo. Inicialmente realizou-se a quantificação do estoque da biomassa acima do solo (Above-Ground Biomass – AGB) por meio da equação de Chave et al. (2014) modificada por Réjou-Méchain et al. 2017 (EQUAÇÃO 1) para cada indivíduo. Este procedimento leva em consideração, para a estimativa da AGB, a variável diâmetro, assim como a média da densidade da madeira obtida por meio do banco de dados The Global Wood Density (GWD).

$$AGB = \exp(-2,024 - 0,896 * E + 0,920 * \log(WD) + 2,795 * \log(D) - 0,0461 * \log(D)^2) \quad (1)$$

Em que:  $AGB$  é a biomassa acima do solo;  $\exp$  é exponencial;  $E$  é a medida do estresse ambiental estimado a partir das coordenadas do local;  $\log$  é o logaritmo;  $WD$  é a densidade básica da madeira ( $\text{g.cm}^3$ );  $D$  é o diâmetro medido a 1,30 metros de altura do solo (cm).

O processamento para estimativa da AGB se deu a partir do software R (R CORE TEAM, 2017) por meio do pacote “BIOMASS” (REJEOU-MECHAIN et al., 2017). As estimativas foram transferidas para planilhas do software EXCEL 2016, em que o valor de AGB de cada árvore foi multiplicado por um fator igual à 0,471, resultando assim no valor de estoque de carbono presente nas parcelas e conseqüentemente nos fragmentos. A utilização deste fator está atrelada a proporção de carbono para as angiospermas, isto é, 47,1% corresponde a fração média de carbono para estes indivíduos (SULLIVAN et al., 2017; THOMAS; MARTIN, 2012)

Por fim, para verificar o crescimento do estoque de carbono para cada fragmento nos períodos analisados, determinou-se o incremento periódico anual (IPA) por hectare da característica de interesse. Além disso, calculou-se o coeficiente de variação (CV%) para todas as áreas avaliadas e seus respectivos intervalos de mensuração.

### 2.2.2 Análise espacial

Para todos os fragmentos, com os dados de estoque de carbono referente à cada parcela em seus respectivos anos de mensuração, realizou-se a análise geoestatística a fim de verificar a estrutura de continuidade espacial por meio do pacote geoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2016) do software R (R CORE TEAM, 2017). Foram gerados os semivariogramas experimentais e ajustados para os modelos teóricos esférico, exponencial e gaussiano. Mediante os ajustes dos semivariogramas definiu-se os parâmetros: efeito pepita, alcance e patamar. A avaliação do desempenho e seleção do modelo ajustado se deu a partir da análise de parâmetros estatísticos como o erro reduzido, desvio padrão dos erros reduzidos, erro médio absoluto e critério de informação de Akaike (AIC).

Com a aplicação do interpolador espacial, mediante a utilização do software ArcGis 10.5, para aqueles fragmentos e anos de mensuração que apresentaram dependência espacial procedeu-se com a Krigagem ordinária, procedimento que leva em consideração a distância e covariância existente entre os pontos. Para os fragmentos e períodos inventariados que não apresentaram dependência espacial, optou-se por trabalhar com o Inverso Quadrado da Distância (IDW), que aborda somente a distância existente entre os pontos. Ressalta-se que para todas as áreas avaliadas e respectivos intervalos de mensuração, realizou-se a distribuição do carbono em seis classes de intervalos de mesma amplitude (5; 15; 25; 35; 45 e 55  $\text{Mg. ha}^{-1}$ ). Por meio

dos mapas gerados pelas técnicas supracitadas empreendeu-se a comparação entre os estoques de carbono presente nas áreas de estudos e anos de mensuração.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por intermédio dos levantamentos florestais realizados nas áreas de interesse quantificou-se o estoque de carbono presente nos fragmentos. De maneira geral, pode-se inferir que houve um crescimento da variável em todas as áreas ao longo dos períodos inventariados. No entanto, ressalta-se que para os fragmentos II e III houve o acréscimo no número de unidades amostrais, a partir da segunda mensuração, e este fato contribuiu para uma melhor caracterização da variabilidade existente na área e conseqüentemente, melhor descrição dos resultados obtidos.

Para todos os fragmentos analisados, a variação média do carbono esteve entre 10,23 e 32,8 Mg.ha<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos neste estudo se encontram no intervalo de estoque de carbono esperado para a formação vegetal ao se comparar com valores encontrados em outros estudos. Cordeiro et al. (2018), avaliando a variação temporal do estoque de carbono em uma área de cerrado *sensu stricto*, também em três períodos, encontraram um intervalo de 11,51 a 34,52 Mg.ha<sup>-1</sup>. Scolforo et al. (2015), ao realizar um mapeamento do carbono em três domínios brasileiros, discorrem que o cerrado *sensu stricto* apresenta um estoque de 11,40 Mg.ha<sup>-1</sup>. No entanto, Lopes e Miola (2010) avaliando o sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado, quantificaram um valor de 3,85 Mg.ha<sup>-1</sup>, resultado inferior a todos os fragmentos avaliados neste estudo. Os valores de estoque de carbono médio por fragmento e o coeficiente de variação desta característica dentro das áreas estudadas se encontram na tabela 2.

	FRAGMENTO								
	I			II			III		
Ano	2003	2010	2014	2003	2005	2010	2002	2005	2013
N	40	40	40	11	24	24	11	20	20
C (Mg.ha <sup>-1</sup> )	10.23	13.54	15.68	23.36	26.12	31.31	18.98	26.70	32.8
CV (%)	75,73	64,24	59,71	31,77	26,55	24,03	66,60	53,06	46,50

TABELA 2 – Estoque de carbono médio e coeficiente de variação dos fragmentos avaliados em seus respectivos intervalos de tempo. Em que: N é o número de parcelas amostradas; C é o carbono médio; CV é o coeficiente de variação.

Ao quantificar o incremento periódico anual por hectare, observou-se que este variou entre 0,3054 a 2,5740 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Considerando todos os fragmentos analisados, o primeiro apresentou menor IPA nos dois intervalos de dinâmica (2003-2010: 0,4723 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e 2010-2014: 0,3054 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). Ao avaliar o fragmento II, observou-se que este exibiu um incremento próximo nos dois intervalos (2003-

2005:  $1,3799 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e 2005-2010:  $1,0393 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ). Quanto ao fragmento III, constatou-se um maior incremento no primeiro intervalo ( $2,5740 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ). No entanto, no decorrer do tempo houve um decréscimo acentuado do IPA ( $0,7624 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ), o que pode ser atribuído a uma estabilização do estoque de carbono, pois essa área possui pouca influência antrópica, o que resulta em um bom estado de conservação do fragmento (RAVINDRANATH; CHATURVEDI; MURTHY, 2008) .

No que diz respeito à análise espacial, para todos os fragmentos e intervalos avaliados, mediante o diagnóstico dos semivariogramas e parâmetros estimados, selecionou-se o modelo exponencial como sendo o de melhor ajuste. Ressalta-se que o modelo exponencial geralmente apresenta um bom desempenho para trabalhos com o mesmo direcionamento deste estudo (MORAIS et al., 2017; SCOLFORO et al., 2016). Para os fragmentos e intervalos que apresentaram dependência espacial, observou-se que o erro absoluto variou entre  $4,37$  a  $6,41 \text{ Mg.ha}^{-1}$ . Assim também, os modelos apresentaram baixos valores de erro reduzido e desvio padrão dos erros reduzidos.

Ao analisar os semivariogramas obtidos (FIGURA 1), foi possível depreender que o fragmento I apresentou dependência espacial em todos os períodos de mensuração, diferindo do fragmento II que apresentou dependência somente nos anos de 2005 e 2010. Cabe ressaltar que, o fragmento III, por sua vez, não apresentou dependência em nenhum dos anos avaliados.



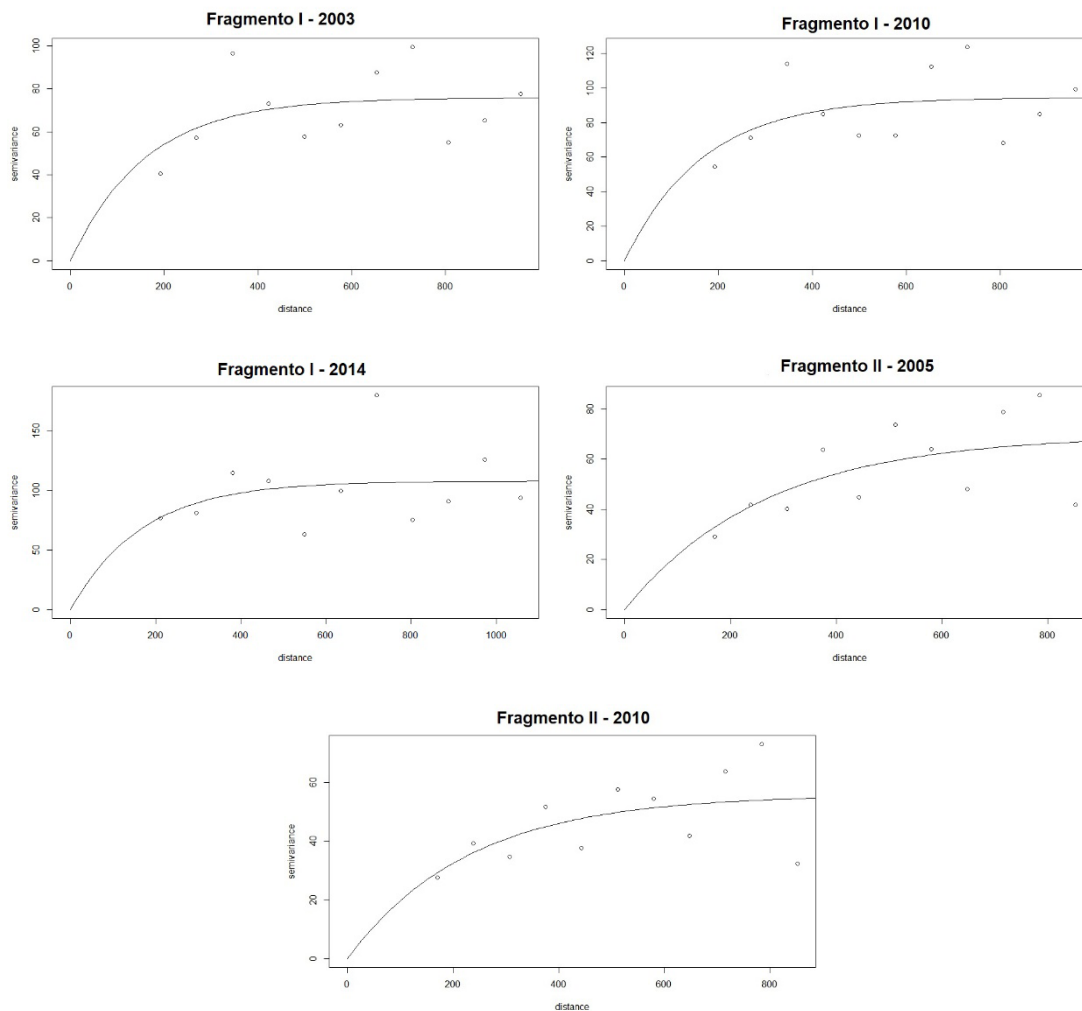


Figura 1 – Semivariograma do modelo exponencial para os três fragmentos e respectivos intervalos de mensuração.

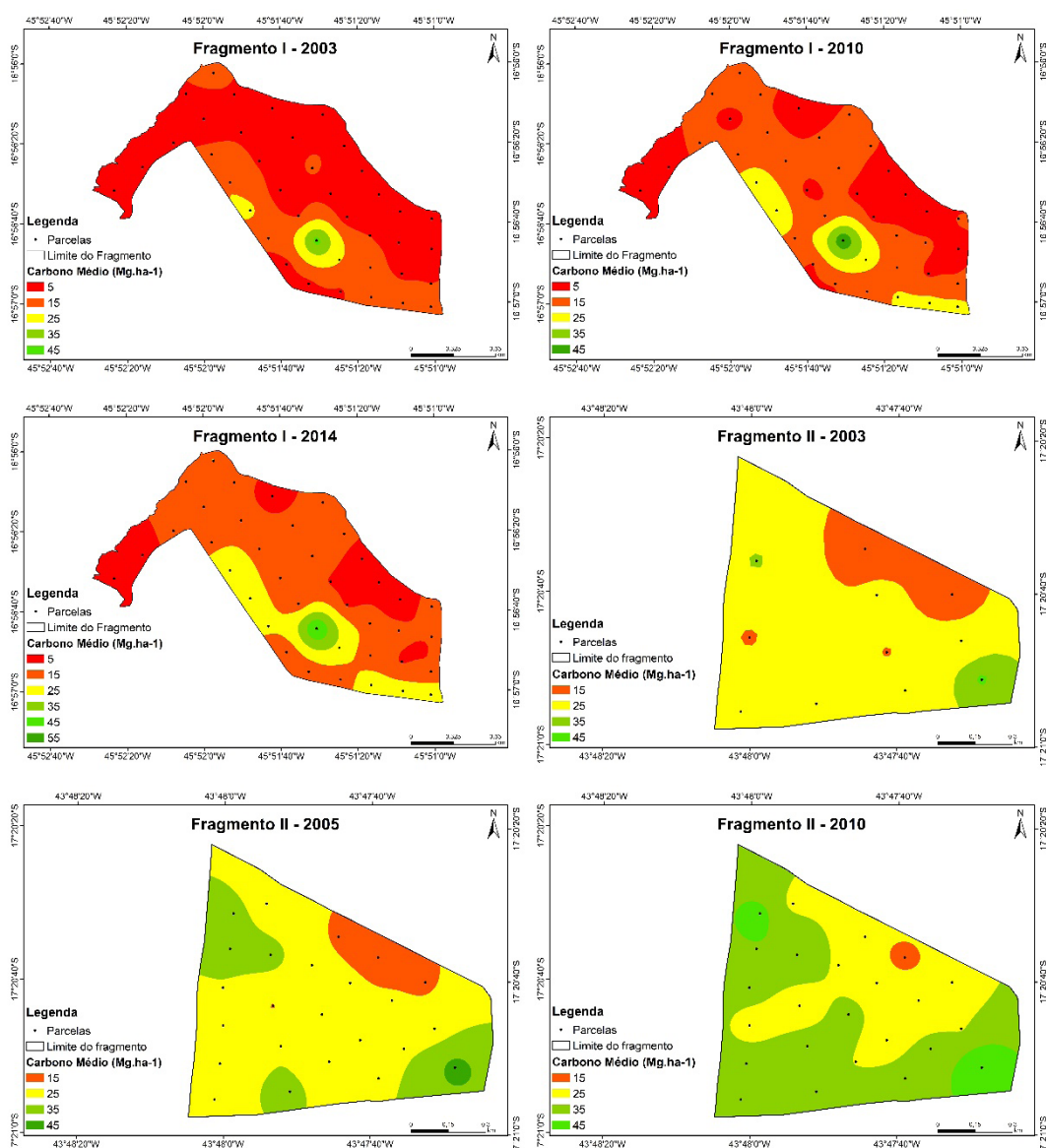
Tendo em vista os resultados apresentados quanto a dependência espacial, foram gerados os mapas temáticos seguindo o critério adequado para cada situação, krigagem ou inverso quadrado da distância (IDW), com o objetivo de visualizar o comportamento da variável carbono nos fragmentos ao longo do tempo.

Considerando que todos os fragmentos tiveram os dados de carbono distribuídos em seis classes, a variação do estoque de carbono pôde ser melhor visualizada entre os períodos. Para o fragmento I, com vegetação predominante de campo cerrado, notou-se uma alta concentração do estoque de carbono na primeira classe ( $5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para o primeiro ano de mensuração. No entanto, com o decorrer do tempo, houve uma diminuição de área para a classe de  $5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , deslocando para as classes de 15 e  $25 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que passam a ter uma maior representatividade. A variação do estoque de carbono entre os anos de medição está atrelada ao crescimento da vegetação, em que no primeiro ano havia uma maior quantidade de indivíduos com menores diâmetros, resultando em menor estoque de carbono (LOPES; MIOLA, 2010)

O fragmento II, que inicialmente possuía 11 parcelas e nas medições posteriores houve o acréscimo de 13 parcelas, apresentou um comportamento similar em que constata-se uma transição do estoque de carbono para as maiores classes.

Evidencia-se aqui que o primeiro período de mensuração nesta área não apresentou dependência espacial, portanto o mapa de cores foi gerado pelo método IDW, que leva em consideração somente a distância entre os pontos. Para os anos de 2005 e 2010, procedeu-se com a krigagem, metodologia que aborda a distância e covariância.

Em relação ao fragmento III, que segue o mesmo padrão do fragmento anterior quanto ao acréscimo de parcelas, é notável o crescimento quanto ao estoque de carbono. Pode-se inferir que da primeira mensuração em 2002 para a última em 2013, houve um decréscimo significativo na representatividade da primeira classe e um aumento na última classe ( $45 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). O procedimento aplicado foi o de IDW, em todos os períodos, pois não houve a ocorrência de dependência espacial. Cabe destacar que, de forma geral, as parcelas já existentes na primeira mensuração tenderam a permanecer na mesma classe na segunda medição, o que pode estar associado com o curto intervalo (2002-2005) existente entre os dois inventários. Em contrapartida, a terceira medição apresentou uma maior área nas últimas classes de carbono, o que pode ser explicado pelo fato do maior intervalo de medição (2005-2013) que resultou em um maior crescimento dos indivíduos (FIGURA 2).



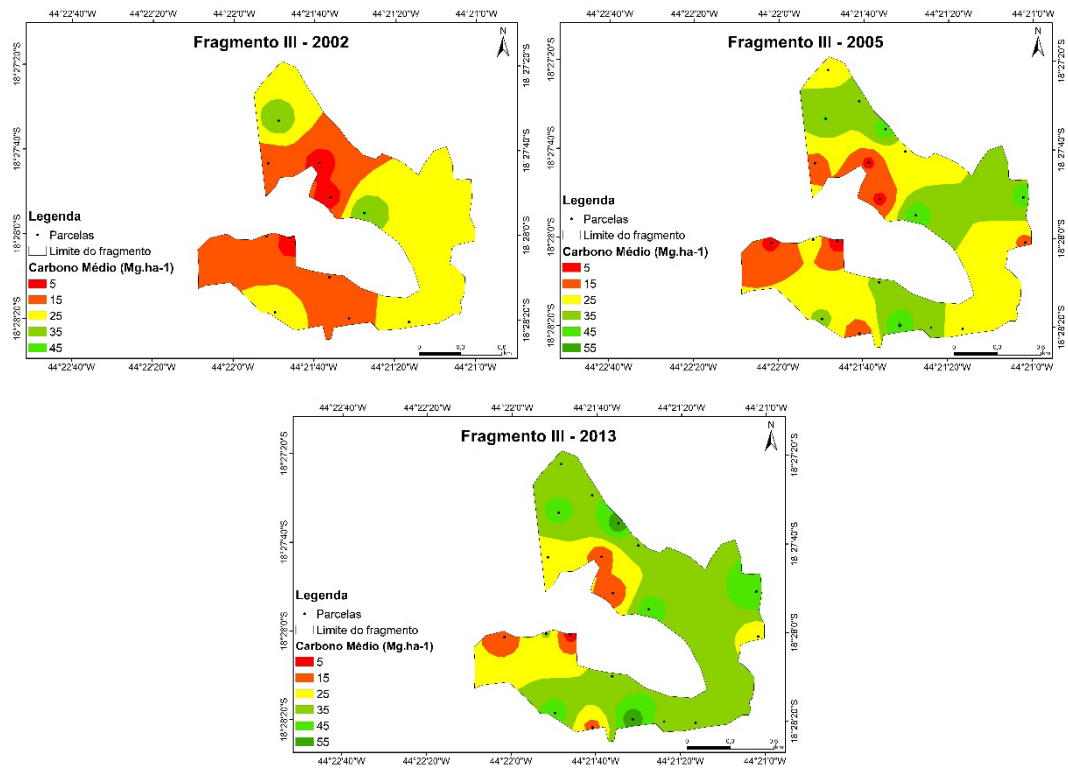


Figura 2 – Mapas de interpolação para seis classes de carbono médio em cada intervalo de tempo dos fragmentos avaliados.

A constante transição do estoque de carbono entre as classes permite depreender quanto ao comportamento da formação vegetal, que ao passar dos anos aumentou seu potencial de estocagem, atuando assim como sumidouro de carbono (CORDEIRO et al., 2018; 2014; RIBEIRO et al., 2011). Tais resultados possuem importância significativa, ainda que na fitofisionomia do Cerrado a maior estocagem de carbono ocorra abaixo do solo (LOPES; MIOLA, 2010)

O crescimento em carbono detectado nas áreas de estudo se justifica por estas serem consideradas como reservas legais ou áreas de preservação permanente, portanto entende-se que há pouca influência antrópica. Este serviço ecossistêmico prestado pelos ambientes naturais é diretamente afetado por distúrbios como desmatamento e degradação (BELLO et al., 2015; PYLES et al., 2018). Além disso, considerando que os estoques presentes, seja carbono, biomassa ou volume, em uma determinada formação vegetal são diretamente afetados pela perda da cobertura vegetal (SANQUETTA et al., 2018) pode-se inferir que o estoque de carbono nos fragmentos tiveram um crescimento em decorrência da conservação da área.

Em relação à área de abrangência do estoque de carbono, mediante os gráficos foi possível inferir que todos os fragmentos apresentaram um comportamento semelhante, isto é, ao longo do tempo houve um incremento do estoque de carbono ocasionando assim, em uma transição das áreas para a classe subsequente (FIGURA 3).

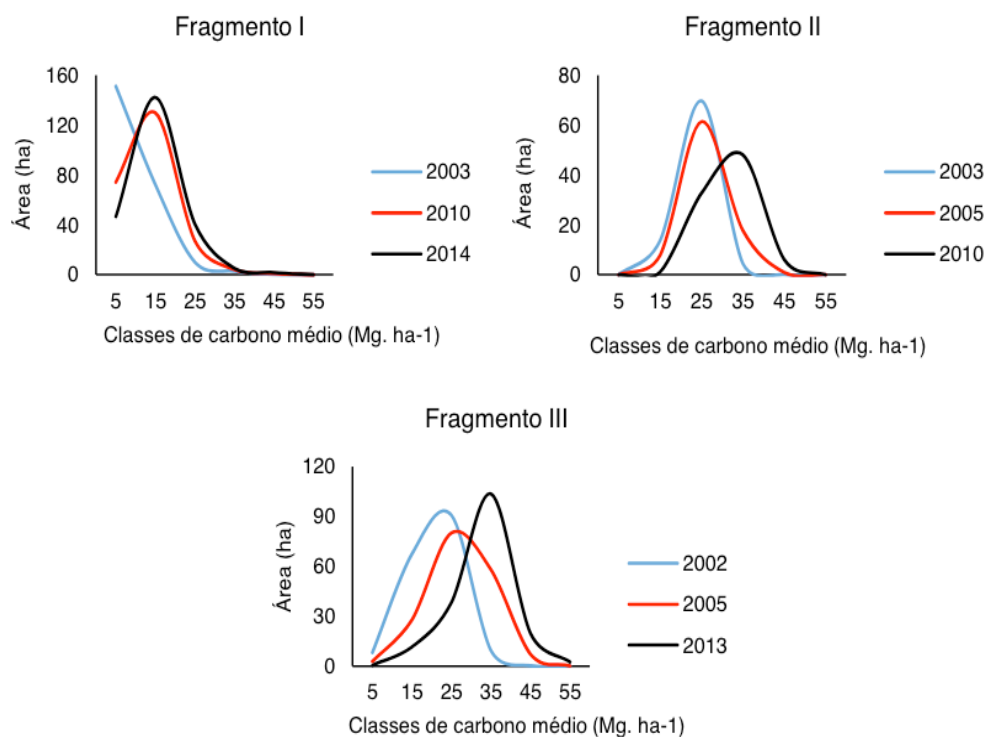


Figura 3 – Gráficos representativos da abrangência de área por cada classe de carbono médio por hectare para todos os fragmentos e períodos avaliados.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, quanto ao crescimento do estoque de carbono nos fragmentos e melhor visualização da variação da característica de interesse ao longo dos anos, por meio dos mapas temáticos, torna-se relevante exaltar a utilização de ferramentas como a geoestatística. Esta metodologia, oriunda da estatística espacial, vem fornecendo subsídios para avaliação do desenvolvimento das formações vegetais em capacidade de estocagem, assim como informações em relação aos prováveis impactos ocorrentes nas áreas (ROQUETTE, 2018).

#### 4 | CONCLUSÃO

O estoque de carbono teve um aumento progressivo em todos os fragmentos e anos de mensuração analisados, comprovando assim a capacidade da formação em atuar como sumidouro de carbono. Ressalta-se que, a utilização da técnica de geoestatística propiciou uma melhor visualização das alterações ocorrentes nos fragmentos em seus respectivos anos de mensuração, permitindo assim inferir quanto ao desenvolvimento. Os fragmentos apresentaram uma maior área de abrangência, quanto as classes de maior estoque de carbono no decorrer do tempo e isso implica ainda mais no incremento no estoque presente. Por fim, no segundo intervalo de cada fragmento, houve um decréscimo no incremento periódico anual, que possivelmente está associado com uma estabilização do estoque de carbono.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. R. et al. Crescimento inicial de *Parkia platycephala* (Benth.) e *Enterolobium timbouva* (Mart.) sob condições de campo numa área de Cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 2, p. 154–164, 2016.
- ARNOLD, M. et al. EDITORIAL: Forests, biodiversity and food security. **International Forestry Review**, v. 13, n. 3, p. 259–264, 2011.
- AZEVEDO, A. D. de et al. Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 183–194, 2018.
- BELLO, C. et al. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. **Science Advances**, Washington, v. 01, n. 11, p. 1-10, 2015.
- CARVALHO, F. M. V; MARCO JÚNIOR, P. DE; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.
- CHAVE, J. et al. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, Illinois, v. 20, n. 10, p. 3177-3190, 2014.
- CORDEIRO, N. G. et al. Variação temporal do estoque de carbono e volume de madeira em um fragmento de cerrado *sensu stricto*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 152–166, 2018.
- FERREIRA, J. et al. Carbon-focused conservation may fail to protect the most biodiverse tropical forests. **Nature Climate Change**, Londres, v. 8, n. 8, p. 744–749, 2018.
- FERREIRA, R. Q. S. et al. Uso potencial e síndromes de dispersão das espécies de três áreas de cerrado *sensu stricto*, Tocantins. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 3, p. 73–86, 2016.
- FRANÇOSO, R. D. et al. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza e Conservação**, Goiás, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.
- GARDNER, T. A. et al. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. **Ecology Letters**, Oxford, v. 12, n. 06, p. 561–582, 2009.
- LOPES, R. B.; MIOLA, D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. **SynThesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v. 2, n. 2, p. 127–143, 2010.
- MORAIS, V. A. et al. Spatial and vertical distribution of litter and bellowground carbon in a Brazilian Cerrado vegetation. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 43–52, 2017.
- PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. Espécies arbóreas de uso múltiplo e sua importância na conservação da biodiversidade nas áreas verdes urbanas de Palmas, Tocantins. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 49, n. Dezembro, p. 264–282, 2018.
- PYLES, M. V. et al. Loss of biodiversity and shifts in aboveground biomass drivers in tropical rainforests with different disturbance histories. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 27, n. 12, p. 3215–3231, 2018.
- QURESHI, A. et al. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Science and Policy**, v. 16, n. February, p. 81–89, 2012.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

RAVINDRANATH, N. H.; CHATURVEDI, R. K.; MURTHY, I. K. Forest conservation, afforestation and reforestation in India: Implications for forest carbon stocks. **Current Science**, Bengaluru, v. 95, n. 2, p. 216–222, 2008.

RÉJOU-MÉCHAIN, M. et al. BIOMASS : an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. **Methods in Ecology and Evolution**, Londres, v. 8, n. 9, p. 1163–1167, 2017.

RIBEIRO, S. C. et al. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 3, p. 491–499, 2011.

RIBEIRO, S. C. et al. Influence of interspecific variation on tree carbon stock of a Brazilian Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 5, p. 1–11, 2017.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. **geoR: Analysis of Geostatistical Data**. R package version 1.7-5.2. 2016. Disponível: <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ROQUETTE, J. G. Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 2018.

SANQUETTA, C. R. et al. Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas Florestas Nativas Brasileiras: 1990-2015. **BIOFIX Scientific Journal**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 193–198, 2018.

SCOLFORO, H. F. et al. Spatial distribution of aboveground carbon stock of the arboreal vegetation in Brazilian Biomes of Savanna, Atlantic Forest and Semi-arid woodland. **Plos ONE**, v. 10, n. 6, p. 1–20, 2015.

SCOLFORO, H. F. et al. Spatial interpolators for improving the mapping of carbon stock of the arboreal vegetation in Brazilian biomes of Atlantic forest and Savanna. **Forest Ecology and Management**, v. 376, n. September, p. 24–35, 2016.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. DE; OLIVEIRA, A. D. DE. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado: Florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendência de crescimento e áreas aptas para o manejo florestal**. Lavras: Editora UFLA. 2008, 816 p.

SILVA NETO, V. L. et al. Fitossociologia e distribuição diamétrica de uma área de Cerrado sensu stricto, Dueré - TO. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 10, n. 1, p. 91–106, 2016.

SILVEIRA, E. M. de O. et al. Reducing the effects of vegetation phenology on change detection in tropical seasonal biomes. **GIScience & Remote Sensing**, v. 56, n. 5, p. 1–19, 2018.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, Londres, v. 1, n. 0099, p. 1–3, 2017.

SULLIVAN, M. J. P. et al. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. **Scientific Reports**, Londres, v. 7, n. 39102, p. 1–12, 2017.

THOMAS, S. C.; MARTIN, A. R. Carbon content of tree tissues: A synthesis. **Forests**, Basel, v. 3, n. 2, p. 332–352, 2012.

VANDERWEL, M. C.; LYUTSAREV, V. S.; PURVES, D. W. Climate-related variation in mortality and recruitment determine regional forest-type distributions. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 11, p. 1192–1203, 2013.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de texto, 2013. 215 p.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**MÔNICA JASPER** é Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), com graduação e Mestrado (2010) na linha de pesquisa Manejo Fitossanitário. Professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa e no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais, atuando principalmente nas disciplinas de Entomologia Geral e Aplicada, Manejo de culturas, Morfologia e Fisiologia Vegetal, Fitopatologia Geral e Aplicada, Biologia, Genética e Melhoramento Genético e Biotecnologia.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácidos graxos livres 1, 2, 9, 96, 97, 98, 99  
Agronegócio 68  
Álcool 2, 3, 12, 68, 69, 70, 71, 72, 93, 95  
Análise química imediata 75, 77, 78, 79  
ANOVA 38, 50, 51, 55, 70  
Antioxidante 12, 14, 16, 17, 18, 94  
Aprendizagem de máquinas 24, 26, 28  
Automação 41, 117, 118

### B

Biocombustível 50, 51, 57, 68, 69  
Biodiesel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 37, 40, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 125, 126, 128, 129, 130  
Biodigestor 117, 118, 119  
Bioenergia 41, 52, 59, 82, 100, 118, 119  
Bioetanol 50, 58  
Biogás 19, 20, 41, 45, 46, 49, 117, 118  
Biomass 18, 19, 20, 23, 25, 27, 34, 35, 37, 40, 75, 101, 106, 113, 114, 117, 121, 122, 123, 124, 129  
Biomassa florestal 24, 75, 118, 119  
Biosorbent 121, 122

### C

Carbonização da madeira 82  
Carvão vegetal 75, 76, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86  
Célula fotovoltaica 59, 60  
Celulase 50  
Cultivo 36, 37, 38, 39, 40, 70, 85, 91, 100

### D

Desenvolvimento sustentável 41, 60, 65, 99  
Domínio cerrado 103

### E

Eficiência energética 61, 82  
Energia 13, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 72, 75, 80, 82, 86, 87, 88, 90, 98, 99, 100, 118, 119, 120  
Energia da biomassa 75  
Energias renováveis 59, 60

Esterificação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 100

Eucalipto 35, 75, 80, 82

Extrato vegetal 12, 14

## **G**

Geoestatística 103, 105, 107, 113, 115

Gestão ambiental 88

## **H**

Híbrido de eucalipto 82

## **I**

Inventário florestal 27, 103, 106

## **L**

Lignina 19, 52, 80

Lipídio 36

## **M**

Macaúba 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102

Metano 19, 45, 46, 118

Mudanças climáticas 24, 25, 34, 60

## **O**

Óleo de girassol 1, 4, 5, 6, 9, 11

## **P**

Potencial energético 41, 47, 48, 49, 87, 88, 90

Pyroligneous Liquor 82, 125, 126, 127, 129

## **R**

Rede cooperativa 117

Regressão múltipla 24, 26, 31, 33, 34

Resíduo orgânico 68

Resíduos sólidos 19

## **S**

Sequestro de carbono 24, 25, 108, 114

Sociologia ambiental 88

Solanum tuberosum L 68, 72

## T

Transesterificação enzimática 88, 93, 97, 98, 99, 100

Transesterification 2, 10, 11, 88, 100, 125, 126, 127, 130

## W

Waste coking oil 125

Waste management 121

Water and wastewater treatment 121

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-629-4

