

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

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
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 Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
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
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro 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

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
CAPÍTULO 2	13
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
CAPÍTULO 5	44
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
CAPÍTULO 6	57
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO - OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

CAPÍTULO 8 75

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
João Augusto de Carvalho Ferreira
Jefferson Rodrigues dos Santos
André Bilibio Westphalen
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 9 83

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

Rodrigo Moura Pereira
Dayanna Teodoro Quirino
Derblai Casaroli
Lucas Melo Vellame
Delvio Sandri

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Roberta Monique da Silva Santos
Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra
Álefe Lopes Viana
Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto
José Roselito Carmelo da Silva

CAPÍTULO 11 115

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

Fernando Jakes Teubner Junior
Gilberto Fonseca Barroso

CAPÍTULO 12 131

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos
Júlia Borges Telmo
Lucas Munhoz Caseiro
Jean Marcel de Almeida Espinosa
João Augusto de Carvalho Ferreira

CAPÍTULO 13 142

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Thyellenn Lopes de Souza
Mateus Campos Leme
Mikael Timóteo Rodrigues

CAPÍTULO 14 152

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Patricia Michele Pereira Trindade
Dejanina Luderitz Saldanha

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
CAPÍTULO 15	163
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i> <i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
CAPÍTULO 16	174
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i> <i>Jefferson William Lopes Almeida</i> <i>Ítalo Sousa de Sena</i> <i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
CAPÍTULO 17	187
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i> <i>Evandro Orfanó Figueiredo</i> <i>Alexandre Pansini Camargo</i> <i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
CAPÍTULO 18	199
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i> <i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i> <i>Marcelo Rossi Vicente</i> <i>Talita Moreira Câmara</i> <i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i> <i>Diana Marques Silva</i> <i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
CAPÍTULO 19	209
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i> <i>João Henrique Zonta</i> <i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
CAPÍTULO 20	225
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i> <i>Denivaldo Ferreira de Souza</i> <i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i> <i>Lindon Fonseca Matias</i>	
CAPÍTULO 21	235
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
SOBRE O ORGANIZADOR	248

PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA

Daniel de Almeida Papa

Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Piracicaba, São Paulo

Evandro Orfanó Figueiredo

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa
Rio Branco, Acre

Alexandre Pansini Camargo

Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Piracicaba, São Paulo

Luiz Carlos Estraviz Rodriguez

Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Piracicaba, São Paulo

RESUMO: Entre os métodos de extração madeireira a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) é a que traz maiores benefícios financeiros ao produtor e ao meio ambiente principalmente devido ao uso de técnicas de planejamento. A limitação desse método está na forma como é feito o planejamento sistemático, sem o uso de representações do ambiente físico e localização das árvores nas unidades de produção que resulta em um baixo rendimento operacional e maior interferência ao meio ambiente. A proposta deste trabalho é integrar o planejamento florestal considerando a heterogeneidade do ambiente explorado, integrando informações de localização de árvores potenciais com o uso de receptor GNSS, informações altimétricas do terreno

fornecidas por satélite com radar interferométrico e microzoneamento da hidrografia. O inventário florestal de 5992 indivíduos arbóreos foi realizado em uma unidade de produção florestal e seu posicionamento quanto à hidrografia local e áreas de proteção permanente foi anotado em prancheta. Foram gerados mapas de densidade florestal e mapas de volumetria através de ferramentas de processamento de informações geográficas e as informações foram validadas com o Zoneamento Ecológico-Econômico do estado do Acre. O produto final é uma unidade de gestão diferenciada mapeada em categorias de volume de 0 a 60 m³.ha⁻¹, 60,01 a 90 m³.ha⁻¹, 90,01 a 120,00 m³.ha⁻¹ e 120,01 a 150 m³.ha⁻¹, descontando as áreas de proteção ambiental e hidrografia. Adotando informações complementares como informações de volumetria, APPs e zoneamento hidrográfico foi possível gerar unidade de gestão diferenciada de manejo florestal na Amazônia.

PALAVRAS-CHAVE: manejo florestal de precisão, sistema de informação geográfica, Modelflora.

ABSTRACT: Among the logging methods, the Exploration of Reduced Impact (ERI) is the one that brings most financial benefits to producers and to the environment due to the use of macro and micro forest planning techniques. The limitation of this method is the systematic

techniques to planning the area, using analogic X,Y coordinate to locate trees and streams on the inventory process. With low accuracy to represent the physical environment and location of trees in production units results in a low operating efficiency and higher environmental interference. The purpose of this work is to integrate the forest planning considering environmental heterogeneity, integrating GNSS receiver, radar altimetric data (SRTM) and the hydrographic micro zoning. The study was done in Sena Madureira, state of Acre, Brazil From the inventory of 5.992 trees generated a volume raster and from the stream shape could be possible to construct the permanent protection area (APP). With this both information, using raster calculate processes, were created 4 unites of management areas. Each unit of management has differentiated intensive capacity to receive infrastructure of yard, road and skidtrail. The categories are: 0 to 60 volume $m^3 \cdot ha^{-1}$, 60.01 to 90 $m^3 \cdot ha^{-1}$, 90.01 to 120.00 $m^3 \cdot ha^{-1}$ and 120.01 to 150 $m^3 \cdot ha^{-1}$, discounting the areas of environmental protection and hydrography. Adopting additional information as volumetry, APPs and hydrographic micro zoning unit differentiated management of forest management in the Amazon.

1 | INTRODUÇÃO

O manejo de florestas nativas, como a Amazônia, é em primeiro lugar, uma estratégia de conservação da floresta em pé, pois possibilita o aproveitamento de frutos, sementes, óleo-resina e madeira sem necessidade de substituição da vegetação original. Sob o ponto de vista produtivo, a atividade de manejo florestal depende do licenciamento ambiental exigido pelos órgãos competentes, além de seguir normas e regulamentações que determinam como a atividade deve ser executada. Isso faz com que o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) - instrumento de planejamento estratégico de longo prazo para a produção sustentada da matéria-prima para a indústria florestal (SABOGAL, 2009) - seja visto, por muitos, como um documento burocrático, a partir do qual se obtém a autorização para explorar a floresta, e não como um documento base para determinar as técnicas de utilização do recurso florestal.

Na história recente da ocupação e uso dos recursos naturais da Amazônia, nota-se que os métodos de exploração adotados foram criados e implementados a partir da quantidade e qualidade das informações disponíveis ao longo do tempo. O primórdio da exploração madeireira na Amazônia ocorreu há aproximadamente 300 anos, pela região estuarina do rio Amazonas. Naquele tempo, as técnicas eram rudimentares e limitadas à necessidade de consumo local para construção de casas e embarcações de madeira. As árvores eram selecionadas e derrubadas no período seco e o transporte só acontecia na cheia dos rios, puxadas pela água. Com o desenvolvimento da malha rodoviária na região centro-sul do Brasil, e motivado por políticas nacionalistas de ocupação do vasto território nacional, a região amazônica passou a ser explorada de forma desordenada, gerando alto impacto na vegetação remanescente. Nesse período foi criado o Código Florestal (1964), que introduziu o conceito de manejo florestal,

mas sem regulamentar a atividade. Somente em 1989 que foi definido o protocolo para exploração da madeira Amazônica, conhecido atualmente como Plano de Manejo Florestal Sustentável

Após duas décadas de exploração de alta intensidade na região sul e leste da Amazônia, foi preciso rever as técnicas de extração para assegurar a manutenção dos recursos florestais para ciclos futuros. Surge então, no início da década de 90, a metodologia de Exploração de Impacto Reduzido (EIR) como alternativa à exploração madeireira convencional feita na Amazônia (IFT, 2011). Nela, as técnicas de uso da floresta são agrupadas em atividades pré-exploratórias, exploratórias e pós-exploratórias (SABOGAL, 2009). No que se refere às atividades pré-exploratórias, a EIR estabeleceu importantes diretrizes para o manejo sustentável da floresta, dentre elas o inventário florestal censitário (100%) e o microzoneamento do relevo e da hidrografia. O primeiro trata-se de uma atividade de medição, avaliação e mapeamento da população de árvores com potencial comercial por meio de coordenadas x,y. O segundo se refere ao mapeamento das características topográficas e hidrográficas relevantes da área. O uso de técnicas de EIR representou redução do impacto sobre a floresta e também aumento de renda líquida média de 19% (IFT, 2011) devido melhoria na eficiência das operações executadas a partir de um planejamento prévio. As técnicas de EIR foram, aos poucos, sendo incorporadas às normativas que regulamentam a elaboração dos Planos de Manejo e assim, passaram a ser adotadas obrigatoriamente por empresas do setor florestal na primeira década dos anos 2000.

Entretanto, o planejamento sistemático proposto pelas técnicas de EIR tem limitações quando implementado em áreas com alta variação topográfica e vasta rede de cursos d'água e igarapés, pois utiliza-se de uma grade cartesiana analógica para mapear árvores e demais características da paisagem florestal, como relevo e hidrografia. Como consequência, a representação da realidade florestal em um plano cartesiano (papel milimetrado) pode gerar erros de localização de árvores, por exemplo, de até 30 metros (FIGUEIREDO et al., 2008) quando comparado com a localização verdadeira (em campo). O mesmo é feito com o mapeamento da topografia, que no planejamento sistemático é literalmente desenhada junto com o traçado dos igarapés em folhas de papel milimetrado, para depois serem digitalizadas para uso no planejamento da infraestrutura de exploração.

Com o avanço das geotecnologias na última década, em especial, o crescimento do Sistema Global de Posicionamento por Satélite (GNSS – sigla em inglês para *Global Navigation Satellite System*) e a melhoria da qualidade e acesso aos receptores GNSS, houve o aperfeiçoamento das técnicas de EIR para uma nova geração do planejamento florestal na Amazônia: o Manejo Florestal de Precisão, que tem as seguintes características: (i) as árvores são mapeadas utilizando-se coordenadas geográficas, com precisão de aproximadamente 3 metros; (ii) o microzoneamento do relevo é feito com uso de imagens de radar com resolução de 30 x 30 metros; (iii) o mapeamento dos cursos d'água é feito com receptor GNSS em campo; (iv) as árvores

localizadas na área de preservação permanente (APP) são mapeada com 98,7% de precisão (FIGUEIREDO et al., 2010); (v) o planejamento dos pátios é feito em função da localização do volume autorizado para corte; (vi) as estradas são construídas em áreas mais acessíveis e distantes da APP; (vii) a locação de pátios é calculada (distância ótima entre pátios) e varia conforme a floresta; (viii) o monitoramento da execução do plano de manejo é diário e de alta precisão; (ix) existe alta compatibilidade do que é planejado no escritório com o que é executado em campo e; (x) a área aberta para instalação da infraestrutura é, em geral, menor que aquele feito no planejamento sistemático.

Neste sentido, o objetivo com essa publicação é descrever e apresentar o método de planejamento florestal por unidades de gestão diferenciada que considere a heterogeneidade espacial da paisagem mapeada a partir de coordenadas geográficas coletadas com receptor GNSS, imagens de radar e processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (Figura 01).



Figura 01: Etapas de planejamento do manejo florestal com uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na fazenda Guarujá, localizada no município de Sena Madureira, no estado do Acre. A propriedade tem área total de 2.837 hectares, sendo 941 hectares de área desmatada e 1.896 hectares de reserva legal. A área de reserva legal foi dividida em cinco Unidades de Produção Anual (UPAs), sendo a UPA 04, com 382 hectares, alvo deste trabalho (Figura 2). O trabalho de campo foi realizado entre

os meses de setembro e outubro de 2008.

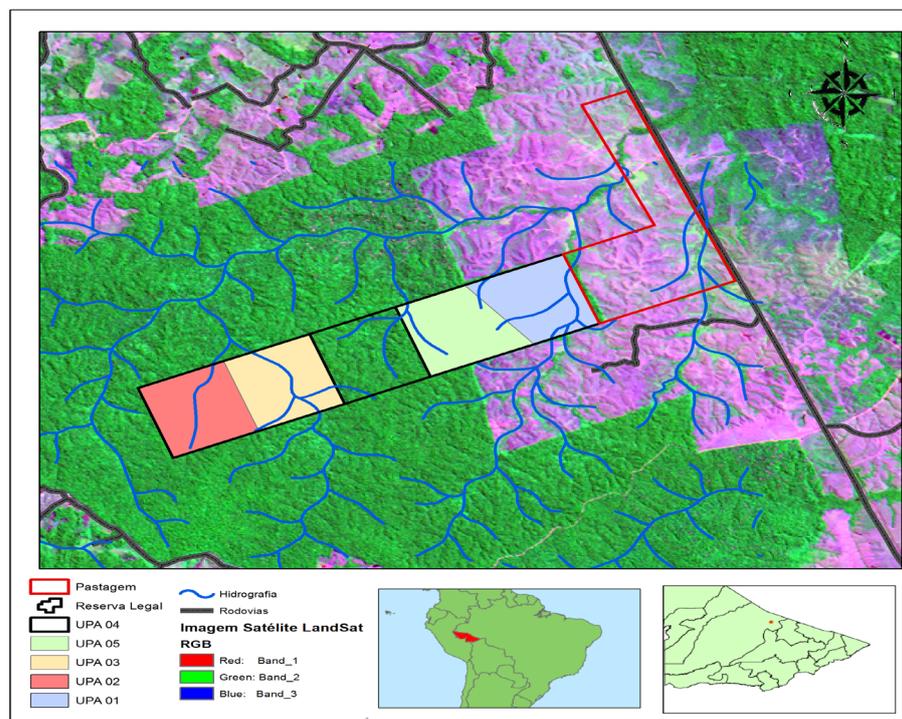


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo.

2.2 Coleta de dados

A equipe de campo foi composta por cinco operários, sendo um identificador botânico, um fixador de placas, um tomador de medidas (altura e circunferência das árvores), um operador de receptor GPS e um anotador para a realização do inventário censitário. Para o microzoneamento da hidrografia, foram necessários dois operários, um para manuseio do receptor GPS e outro de apoio. Todos os dados coletados foram processados em softwares especializados de geoprocessamento, utilizando-se do sistema de coordenadas UTM e sistema de referência Datum SAD 69.

2.2.1 Inventário florestal com receptor GNSS

O mapeamento das árvores seguiu metodologia do Modelo Digital de Exploração Florestal – Modelflora (FIGUEIREDO et al., 2007) (Figura 3). Foram levantados todas os indivíduos com diâmetro maior ou igual à 35 cm medidos à 1,30 metro de altura. Cada indivíduo inventariado teve sua localização geográfica (ponto) obtida com receptor GPSMAP 76 Csx (GARMIN, 2007), código C/A, além do registro do nome popular da espécie, qualidade do fuste, altura comercial e número da placa de identificação. O procedimento para apropriação da coordenada geográfica foi de costas para a árvore, com o receptor na vertical para obter melhor qualidade do sinal da constelação de satélites (Figura 3a).



Figura 3: (a) Mapeamento das árvores de interesse com uso de receptor GPS de alta sensibilidade; (b) registro das informações de diâmetro, altura, espécie, qualidade do fuste, número da placa e número do GPS de cada indivíduo; (c) transferência dos pontos do receptor para o computador.

2.2.2 Microzoneamento com receptor GNSS e imagem de radar

O microzoneamento da hidrografia da UPA 04 foi feito com o caminhamento às margens dos cursos d'água e registro do trajeto pelo receptor GPSMAP 76 Csx em forma de vetor de linha (*tracking*) (FIGUEIREDO et al., 2010). Durante o mapeamento da rede hidrográfica foi registrada a largura da calha dos rios e coleta de pontos de localização geográfica de nascentes (Figura 4).



Figura 4: (a) Mapeamento de nascentes; (b) mapeamento dos cursos d'água com uso do receptor GPS de alta sensibilidade; (c) arquivo do receptor GPS com linhas e pontos representando igarapés e nascentes, respectivamente.

O microzoneamento da topografia do terreno da UPA 04 foi obtido a partir de imagens de radar do programa SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* - Missão Topográfica por Radar Interferométrico). A partir da imagem SRTM foram produzidas a curvas de nível, áreas de acesso restrito, APP de declividade e modelo digital da superfície (Figura 5). Esses dados formam o banco de dados necessários para o planejamento da infraestrutura de exploração (Figura 6) (PAPA e FIGUEIREDO, 2011).

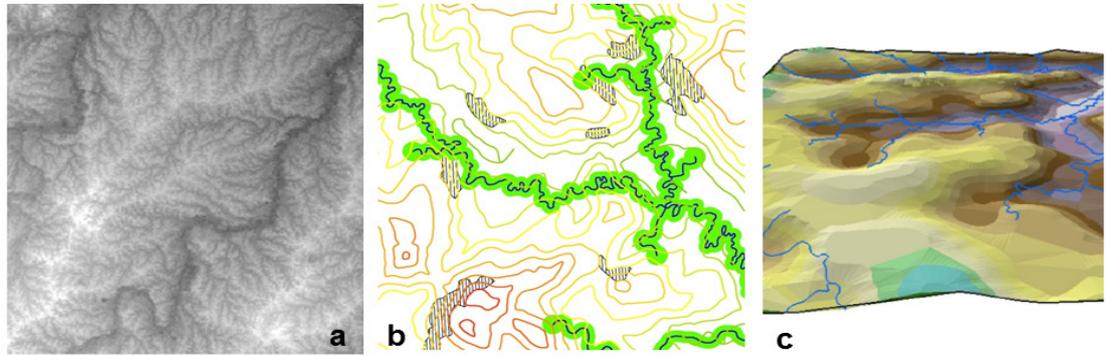


Figura 5: (a) Imagem SRTM com resolução de 90 x 90 metros; (b) curvas de nível, áreas de declividade e APP da área de estudo; (c) modelo digital da superfície do terreno com sobreposição do vetor de linhas do igarapé.

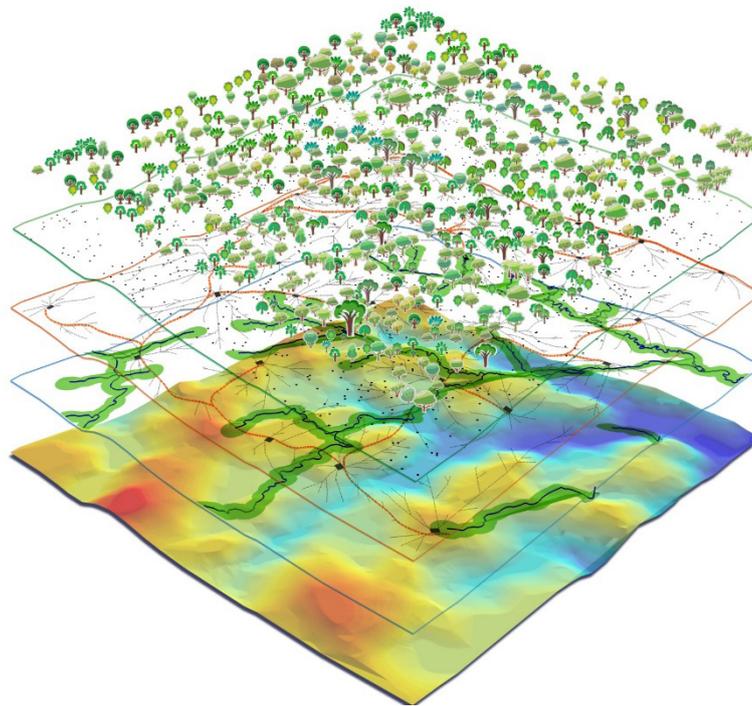


Figura 6: Camadas de dados para análise elaboração de projetos de manejo florestal de precisão em ambiente SIG.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram mapeados 5.992 indivíduos arbóreos na UPA 04, resultando em uma densidade espacial média de 15,6 árvores/hectare. A partir dos pontos registrados para cada árvore foram obtidos os mapas de densidade florestal e volumetria (Figura 7).

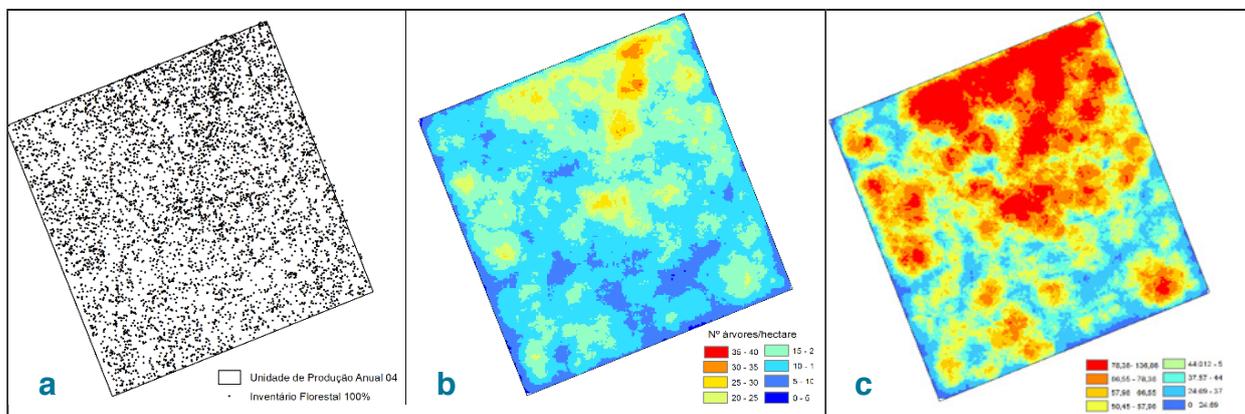


Figura 7: (a) Localização das árvores na UPA 04; b) mapa de densidade florestal na UPA 04 e; c) mapa de volumetria na UPA 04.

Nota-se nos mapas da Figura 7 uma concentração maior de indivíduos arbóreos na região norte da UPA 04, e conseqüentemente, altos valores de densidade (número árvores/ha) e volumetria (m^3/ha).

Para gerar o microzoneamento da hidrografia com uso do receptor GPS foram percorridos 14,5 quilômetros às margens dos principais cursos d'água da UPA 04. A partir do *tracking* do receptor GPS foram gerados três arquivos *shapefiles*, sendo um a rede de drenagem (linha), os pontos de nascente e a Área de Preservação Permanente - APP (polígono). Imagens SRTM, barométrica e arquivos do ZEE (ACRE, 2006) foram usados para validar os dados de campo em ambiente SIG. Com a informação de altitude dos pontos coletados no inventário florestal e no microzoneamento da hidrografia foi possível gerar uma imagem da superfície do terreno com resolução de 10 metros, imagem barométrica (Figura 8).

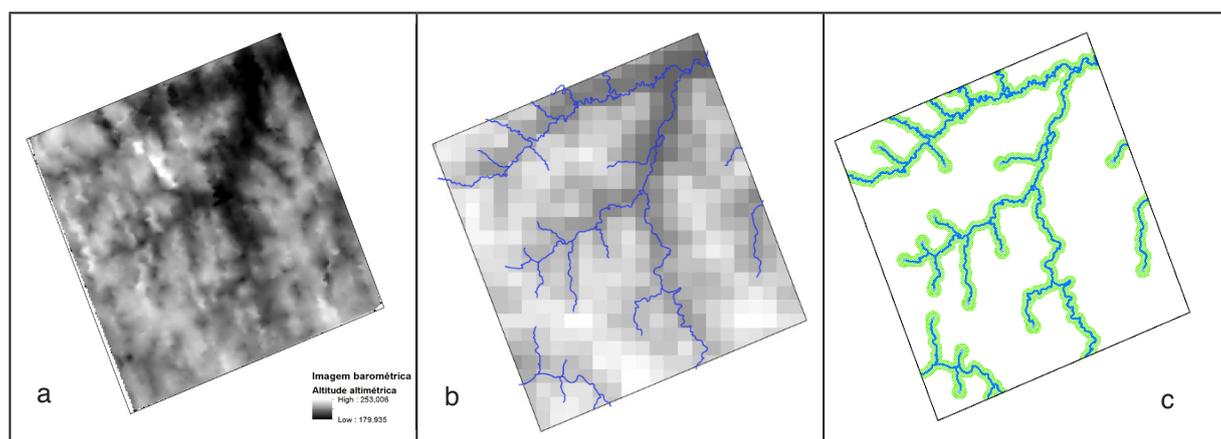


Figura 8: (a) Imagem barométrica gerada a partir da altitude coletada pelo receptor GPS; b) microzoneamento da hidrografia com receptor GPS sobre a imagem SRTM; c) área de preservação permanente – APP de igarapés e nascentes.

O mapeamento dos cursos d'água (Figura 8b) mostrou-se bem realizado ao compará-lo com as imagens da topografia do terreno geradas pelo sensor barométrico do receptor GPS (Figura 8a) e imagem SRTM (Figura 8b). A área total ocupada por APP foi de 90 hectares, o que representou 23,5% da área total da UPA 04. O *buffer* da

APP foi feito com uma margem lateral de 35 metros para cada lado do vetor de linha e 50 metros de raio para o vetor nascente.

Ao analisar a densidade de indivíduos e o microzoneamento da hidrografia, nota-se que existe, para a UPA 04 da Fazenda Guarujá, uma forte influência da topografia do terreno na densidade e volumetria de árvores inventariadas no censo. A variação da estrutura horizontal da floresta (abundância e área basal) em função da topografia é uma das causas sugeridas por estudos de diversidade de ambientes na região amazônica, juntamente com características edáficas e dinâmica florestal, e variáveis de precipitação, temperatura e umidade. (GAMA, et al., 2005; CONDE e TONINI, 2013; SILVA et al., 2015; SOUZA e SOUZA, 2004; FIGUEIREDO, et al., 2015).

3.1 Unidade de Gestão Diferenciada

Para a delimitação das Unidades de Gestão Diferenciada, foram utilizados os planos de informação referente a densidade de indivíduos por hectare, mapeamento da hidrografia e modelo digital de superfície. A imagem *raster* de volumetria foi reclassificada em 4 zonas e a área de APP foi retirada das unidades de manejo por se tratar de áreas protegidas por lei, onde a extração de árvores é proibida (Figura 9a).

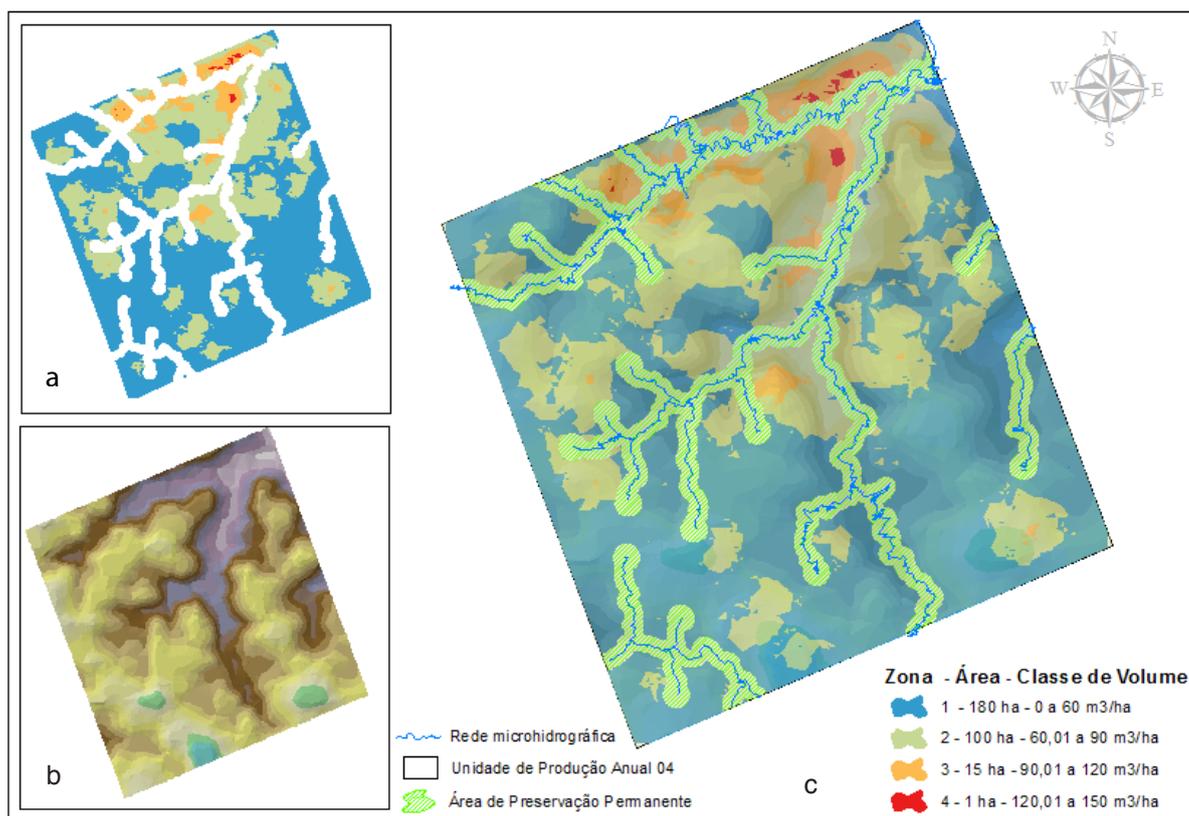


Figura 9: (a) Imagem de volumetria reclassificada e sem influência da APP; (b) modelo digital de superfície gerado a partir da imagem SRTM e; (c) proposta de Unidades de Gestão Diferenciada (Zonas) para planejamento da infraestrutura de exploração da UPA 04.

As Unidades 3 e 4 possuem maior concentração volumétrica por hectare e estão localizadas próximas às áreas de APP, isto é, nas regiões de menor altitude do talhão

(norte do mapa). Elas representaram juntas apenas 5,5% da área total da UPA e estão localizadas em regiões de alta fragilidade ambiental. Quanto à infraestrutura de exploração nestas zonas (Tabela 01), deve-se ter cautela, pois sofrem influência da APP, possuem relevo mais acidentado e são suscetíveis ao encharcamento. Os pátios devem ser instalados, sempre que possível, próximo da zona 3 e 4 para obter alta eficiência nas operações florestais em função da menor distância de arraste e alta concentração volumétrica, porém deve-se evitar relevo acidentado e manter distância da APP.

m	Área (%)	VOLUME (m ³ /ha)	Altitude	APP	Topografia	Manejo
01	62	0 – 60	Alta	Nascentes	Divisores de bacia	Estradas principais
02	34	60 – 90	Média	Igarapé raso	Levemente ondulado	Estradas secundárias Pátios e trilhas
03	3,65	90 – 120	Baixa	Igarapé profundo	Declive	Estrada secundária Pátio e trilhas
04	0,35	120 - 150	Baixa	Igarapé profundo	Acidentado	Pátios e trilhas

Tabela 01: Estratégia de planejamento da infraestrutura para cada uma das zonas definidas na Unidade de Gestão Diferenciada.

A Unidade 2 representou 34% da área total da proposta de Unidade de Gestão Diferenciada, e pode receber maior quantidade de pátios de estocagem por estar localizada em áreas mais afastadas da APP e em locais com relevo levemente ondulado à plano, além de conter densidade volumétrica superior à média da UPA, que é 60 m³/ha. A Unidade 1 é responsável por 62% da área total da UPA 04 e concentra-se na parte sul do talhão, região mais alta, onde concentram-se maior parte das nascentes. Nesta zona recomenda-se vasta infraestrutura de estradas traçadas pelos divisores de água, para acessar as unidades 2, 3 e 4 e a instalação de pátios de estocagem mais afastados entre si que nas demais unidades.

4 | CONCLUSÕES

O uso integrado do SIG no manejo florestal da Amazônia proporciona o aperfeiçoamento das técnicas de exploração, com menor impacto sobre a floresta e maior rendimento nas etapas de inventário, microplanejamento e abertura de pátios, estradas e trilhas.

Com as informações de volumetria e área de preservação permanente foi possível gerar Unidades de Gestão Diferenciada em uma área de manejo florestal na Amazônia. A topografia do terreno influenciou a densidade volumétrica na UPA 04 e deve ser considerada para instalação da infraestrutura de exploração florestal. As imagens SRTM e barométrica foram importantes para avaliar a qualidade do microzoneamento feito com uso do receptor GNSS.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Acre, pelo fornecimento da base de dados para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico-econômico.** 2006.

CONDÉ, T. M.; TONINI, H. F. **Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil.** Acta Amazonica, v. 43(3), p. 247-260, 2013.

FIGUEIREDO, E.O.; BRAZ, E.M.; D'OLIVEIRA, M.V.N.; CUNHA, R.M. **Processamento Primário dos Dados e Elaboração do Mapa de Exploração.** In: Figueiredo, E.O.; Braz, M.E.; d'Oliveira, M.V.N. (Org.). Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal. 1ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2007 a. v. 1, p. 121-145.

FIGUEIREDO, S. M. de M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O.; FERREIRA, E.J. L. **Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil.** Acta Amazonica, v. 45(2), p. 167 – 174, 2015.

FIGUEIRDO, E.O.; CUNHA, R.M. **Levantamento das Árvores com Coordenadas Apropriadas com GPS de Alta Sensibilidade.** In: Figueiredo, E.O.; Braz, M.E.; d'Oliveira, M.V.N. (Org.). Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal. 1ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. v. 1, p. 101-118.

FIGUEIREDO, E.O.; LIMA, Q.S. **Coefficientes Técnicos para o Inventário e Manejo Florestal com Emprego do Modelo Digital de Exploração Florestal (Modelflora).** Rio Branco: Embrapa, 2008 (Comunicado Técnico).

FIGUEIREDO, E.O.; MOURA, D.C.S. ; FIGUEIREDO, S.M.DE M.; PAPA, D. A. . **Modelagem da Hidrografia em Planos de Manejo e Critérios para Definição de Árvores em APP pelo Modelflora.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2010 a (Comunicado Técnico).

GAMA, J.R.V., SOUZA, A.L., MARTINS, A.L.S.S.V., SOUZA, D.R. **Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará.** R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.607-616, 2005.

GARMIN. **GPSPMAP 76 Cx Sif Star**, 2007. Disponível em: <<http://www.garmin.com/products/gpsmap76cx/>>

IFT - Instituto Floresta Tropical, **Manejo de florestas naturais da Amazônia: corte, traçamento e segurança** / Marlei M. Nogueira; Valderez Vieira; Arivaldo de Souza; Marco W. Lentini. – Belém, PA: IFT, 2011.

PAPA, D.A; FIGUEIREDO, E.O.; **Modelflora – Manejo Florestal de Exploração Florestal.** Folder. Embrapa Acre, 2011.

SABOGAL, C. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em florestas de terra firme na Amazônia brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

SILVA, K. E, SOUZA, C. R., AZEVEDO, C. P. e ROSSI, L. M. B. **Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central.** Scientia. Forestalis., Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 193-201, mar. 2015.

SOUZA, D. R.; SOUZA, Agostinho Lopes. **Estratificação Vertical em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não Explorada, Amazônia Central**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.691-698, 2004.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543