

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF**

Derica dos Santos Sousa

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA PAISAGEM COM DADOS LiDAR-ALS EM
PARAGOMINAS – PA ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2017.**

Lages/SC 2025

Derica dos Santos Sousa

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA PAISAGEM COM DADOS LiDAR-ALS NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA PARA OS ANOS DE 2013 E 2017.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Engenharia Florestal, na área de Sensoriamento Remoto.

Orientador: Dr. Veraldo Liesenberg

Co-orientador: Dr. Marcus Benedito Schimalski

Lages/SC 2025

Derica dos Santos Sousa

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS DA PAISAGEM DOM DADOS LIDAR-ALS NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA PARA OS ANOS DE 2013 E 2017.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Da Universidade do estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Engenharia Florestal, na área de Sensoriamento Remoto

BANCA EXAMINADORA

Orientador: _____


Profº: Dr. Veraldo Liesenberg

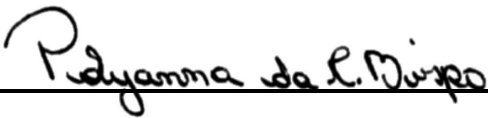
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: _____


Profº: Dr. Rorai Pereira Martins

Czech University of Life Sciences Prague

Membro: _____


Profº: Dra. Polyanna da Conceição Bispo

University of Manchester, UK

Lages, 22 de fevereiro de 2025

RESUMO

A degradação da Amazônia brasileira, impulsionada pela expansão agrícola, exploração madeireira e outras atividades antrópicas, tem gerado perdas substanciais de cobertura florestal, impactando drasticamente a biodiversidade e processos ecológicos essenciais. A Detecção de Mudanças (*Change Detection*, CD) é uma técnica do sensoriamento remoto (SR) que compara imagens obtidas em diferentes períodos para identificar alterações em uma mesma região (CHENG et al., 2023). O LiDAR (*Light Detection and Ranging*), uma tecnologia ativa de SR, permite a captura de dados tridimensionais precisos. Em particular, o LiDAR-ALS, ao emitir pulsos de luz que refletem ao atingir superfícies, viabiliza a criação de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) detalhados de terreno e vegetação (MELIN; SHAPIRO; GLOVER-KAPFER, 2017). Esta tecnologia é especialmente útil em áreas de acesso difícil e cobertura vegetal densa. Este estudo tem como objetivo investigar as mudanças na estrutura do dossel florestal no município de Paragominas, Pará, entre 2013 e 2017, utilizando dados LiDAR-ALS. A análise foi realizada a partir de Modelos de Altura do Dossel (CHM) derivados dos dados LiDAR, possibilitando a identificação de variações na estrutura da vegetação ao longo do tempo. O processamento foi conduzido em linguagem R para gerar MDEs e extrair métricas de vegetação em percentis, complementados por ferramentas de geoprocessamento. Além disso, imagens do sensor PlanetScope foram incorporadas à análise para avaliar sua relação com as métricas estruturais da vegetação e sua aplicabilidade no monitoramento de mudanças florestais. Os resultados indicam que áreas de intensa degradação apresentaram significativa supressão de vegetação, enquanto regiões menos impactadas exibiram sinais de regeneração. A análise das bandas multiespectrais do PlanetScope revelou correlações fracas ou inexistentes com as métricas de altura do LiDAR para vegetação média e alta, sugerindo limitações na captação de variações estruturais do dossel apenas por meio de sensores ópticos nesses estratos. No entanto, para vegetação baixa, algumas bandas apresentaram correlações moderadas a fortes, indicando um melhor desempenho na caracterização dessa classe. A detecção de clareiras revelou que a formação e a distribuição dessas aberturas variaram conforme a intensidade dos distúrbios, com clareiras menores predominando em áreas de recuperação. A análise evidenciou ainda o impacto da resolução espacial nas classes de mudança, destacando que resoluções de 1, 3 e 5 metros foram as mais eficazes para captar variações sutis na estrutura do dossel. Este estudo enfatiza a eficácia do LiDAR como ferramenta de monitoramento ambiental em regiões florestais, demonstrando sua capacidade superior na detecção de mudanças estruturais da vegetação. Além disso, a integração com dados PlanetScope destaca a importância de explorar abordagens combinadas para aprimorar o monitoramento contínuo da dinâmica florestal, contribuindo para estratégias mais eficazes de manejo sustentável e conservação da Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia. Laser Aerotransportado. Detecção de Mudanças.

ABSTRACT

The degradation of the Brazilian Amazon, driven by agricultural expansion, logging, and other anthropogenic activities, has led to substantial losses of forest cover, drastically impacting biodiversity and essential ecological processes. Change Detection (CD) is a remote sensing (RS) technique that compares images acquired at different periods to identify alterations in a given region (CHENG et al., 2023). LiDAR (Light Detection and Ranging), an active RS technology, enables the acquisition of precise three-dimensional data. In particular, LiDAR-ALS, by emitting light pulses that reflect upon hitting surfaces, allows for the creation of detailed Digital Elevation Models (DEMs) of terrain and vegetation (MELIN; SHAPIRO; GLOVER-KAPFER, 2017). This technology is particularly useful in areas with difficult access and dense vegetation cover. This study aims to investigate changes in the forest canopy structure in the municipality of Paragominas, Pará, between 2013 and 2017, using LiDAR-ALS data. The analysis was performed using Canopy Height Models (CHM) derived from LiDAR data, enabling the identification of vegetation structure variations over time. Processing was conducted in R to generate DEMs and extract vegetation metrics based on percentiles, complemented by geoprocessing tools. Additionally, PlanetScope sensor images were incorporated into the analysis to assess their relationship with vegetation structural metrics and their applicability in forest change monitoring. The results indicate that areas subjected to intense degradation exhibited significant vegetation suppression, while less impacted regions showed signs of regeneration. The analysis of PlanetScope multispectral bands revealed weak or non-existent correlations with LiDAR height metrics for medium and tall vegetation, suggesting limitations in capturing canopy structural variations using optical sensors alone in these strata. However, for low vegetation, some bands exhibited moderate to strong correlations, indicating better performance in characterizing this class. The detection of forest gaps revealed that the formation and distribution of these openings varied according to the intensity of disturbances, with smaller gaps predominating in recovering areas. The analysis also highlighted the impact of spatial resolution on change detection, emphasizing that resolutions of 1, 3, and 5 meters were the most effective in capturing subtle variations in canopy structure. This study underscores the effectiveness of LiDAR as an environmental monitoring tool in forested regions, demonstrating its superior capacity for detecting structural changes in vegetation. Additionally, the integration with PlanetScope data highlights the importance of exploring combined approaches to enhance the continuous monitoring of forest dynamics, contributing to more effective strategies for sustainable management and Amazon conservation.

Keywords: Amazon. Airborne Laser Scanning. Change Detection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Arco do desmatamento na Amazônia.	9
Figura 2. Uma representação de um típico sistema Lidar.	12
Figura 3. Característica dos diferentes sistemas ALS, (A) sistema de ondas contínuas (<i>full-waveform</i>) e (B) sistema de pulsos (<i>discrete echo</i>).	13
Figura 4. Modelo Digital de Terreno (DTM).	19
Figura 5. Modelo Digital de Superfície (DSM).	21
Figura 6. Modelo de Altura do Dossel (CHM).	22
Figura 7. Localização da Área de Estudo na cidade de Paragominas - PA.	25
Figura 8. Visualização do transecto P13.	30
Figura 9. Fluxograma do processamento dos dados Lidar.	32
Figura 10. Pontos solo e não solo do transecto P02.	33
Figura 11. Fluxograma detecção de clareiras florestais.	37
Figura 12. Cena PlanetScope (a) e CHM 2017 (b) do transecto P17.	45
Figura 13. CHM para o transecto P26, anos 2013 e 2017.	49
Figura 14. Classificação de mudanças – P26, sendo 1 para classe mais baixa de supressão e 8 a classe mais alta de regeneração.	50
Figura 15. Reclassificado nas classes de mudança -1 (supressão), 0 (estabilidade/não alteração), 1 (regeneração). Transecto P26.	51
Figura 16. Influência da resolução espacial na quantificação de área superficial para cada classe de mudanças. Transecto P13.	54
Figura 17. Influência da resolução espacial na quantificação de área superficial para cada classe de mudanças. Transecto P10.	55
Figura 18. Influência da resolução espacial na quantificação de área superficial para cada classe de mudanças. Transecto P20.	55
Figura 19. Média da Altura da Vegetação por Percentil – Transecto P13.	57
Figura 20. Média da Altura da Vegetação por Percentil – Transecto P10.	58
Figura 21. Média da Altura da Vegetação por Percentil – Transecto 20.	59
Figura 22. Perfil vertical da vegetação para o transecto P20 para os anos 2013 (a) e 2017(b).	60
Figura 23. Comparativo do perfil da vegetação – P20.	60

Figura 24. Correlação de Pearson entre métricas LiDAR e bandas PlanetScope para o transecto P17.	61
Figura 25. Relação entre as bandas espectrais do PlanetScope e altura máxima da vegetação (zmax) – Transecto P17 - 2017.....	62
Figura 26. Relação entre as bandas PlanetScope e estratos de altura de vegetação para o transecto P17. Onde, considera-se como classes de vegetação: zmax <= 10m, vegetação baixa; zmax > 10 e <= 20, vegetação média e zmax > 20, vegetação alta.	63
Figura 27. Detecção de clareiras no dossel da floresta - P07 2013 (resolução espacial de 1m).	67
Figura 28. Detecção de clareiras no dossel da floresta – P07 2017 (resolução espacial de 1m).	68
Figura 29. Detecção de mudanças em clareiras no dossel da floresta – P07.....	68
Figura 30. Número de clareiras por resolução espacial – P01.....	69
Figura 31. Distribuição de clareiras nas resoluções espaciais de (a) 1m, (b) 3m, (c) 5m, (d) 10m, (e) 20 m para uma mesma região do transecto P01.....	70
Figura 32. Diferença nos CHMs para os transectos P02(a), P13(b), P18(c) e P17(d).	74
Figura 33. Diferença nos CHMs para os transectos P23 e P19.	74
Figura 34. Diferença nos CHMs para os transectos P14, P12 e P20.....	75
Figura 35. Diferença nos CHMs para os transectos P10(a), P08(b), P04(c) e P07(d).	76
Figura 36. Diferença nos CHMs para os transectos P28(a) e P16(b).	77
Figura 37. Diferenças nos CHMs para os transectos P21, P03 e P24.....	77
Figura 38. Diferença nos CHMs para os transectos P20(a), P25(b), P01(c) e P26(d).	79
Figura 39. Diferença nos CHMs para os transectos P29 e P03.	79
Figura 40. Diferença nos CHMs para os transectos P11, P30 e P19.....	80
Figura 41. Distribuição Espacial dos Transectos por Classes de Supressão, Estabilidade e Regeneração em Paragominas, Pará (resolução espacial de 20m). Os transectos estão representados em escala meramente ilustrativa.....	81
Figura 42. Incrementos de desmatamento no município de Paragominas, PA.....	82
Figura 43. Classe de mudança por resolução - P18.	85

Figura 44. Média da altura da vegetação por percentil para os transectos P13(a), P17(b), P18(c) e P23(d).	86
Figura 45. Perfil da vegetação em 2013 (a) e 2017 (b) para o todo o transecto P13.	87
Figura 46. Média da altura da vegetação para os transectos P02(a), P19(b), P12(c).	88
Figura 47. Média da altura da vegetação para os transectos P10(a), P08(b), P04(c) e P07(d).	89
Figura 48. Média da altura da vegetação por percentil P28(a), P16(b), P21(c), P03(d) e P24(e).....	90
Figura 49. Média da altura da vegetação por percentil P20(a), P15(b), P01(c), P26(d), P29(e) e P03(f).....	92
Figura 50. Média da altura da vegetação por percentil P11(a), P30(b) e P19(c).....	93
Figura 51. Distribuição da frequência de clareiras em 2013(a) e 2017(b) - P01.	96
Figura 52. Regeneração, transecto P01.....	97
Figura 53. Clareiras no dossel da floresta para o transecto P05.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características do Aerolevante Lidar.....	30
Tabela 2. Percentis de processamento.	34
Tabela 03. Funções do pacote ForestGapR.....	38
Tabela 4. Detalhamento da Interpretação do Coeficiente de Gini (CG).	40
Tabela 5. Imagem PlanetScope utilizada para o transecto P17.	44
Tabela 6. Soma da área de Supressão, Estabilidade e Regeneração para cada transecto na resolução espacial de 1m. Valores em hectares.	51
Tabela 7. Grupos com maiores valores em hectares de supressão, estabilidade e regeneração, em hectares (resolução espacial de 1m).....	53
Tabela 8. Estatísticas de clareiras no dossel da floresta para os 27 transectos em Paragominas – PA.	65
Tabela 9. Número de clareiras por resolução - P01.	69
Tabela 10. Área em hectares para cada resolução espacial (1, 3, 5, 10 e 20 metros).	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGB - *Above Ground Biomass*

ALS - *Airborne Laser Scanner*

CHM - *Canopy Height Model*

CG – *Coeficiente de Gini*

DEM – *Modelo Digital de Elevação*

DGPS - *Sistema de Posicionamento Global Diferencial*

DSM – *Modelo Digital de Superfície*

DTM – *Modelo Digital de Terreno*

EMBRAPA – *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

EUA – *Estados Unidos da América*

IBGE – *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

IMU - *Unidade de Medição Inercial*

LiDAR - *Light Detection and Ranging*

MCC - *Multiscale Curvature Classification*

nDSM - *Normalized Digital Surface Models*

PRODES - *Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite*

RADAR - *Radio Detection and Ranging*

SVLA - *Sistemas de Varredura a LASER Aerotransportado*

TIN - *Triangulação Irregular de Redes*

VANT - *Veículos Aéreos Não Tripulados*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	HIPÓTESE	3
3	OBJETIVO.....	5
	3.1 OBJETIVO GERAL	5
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
4	REVISÃO DE LITERATURA	7
	4.1 DETECÇÃO DE MUDANÇAS	7
	4.2 ARCO DO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA	9
	4.3 LIDAR	11
	4.3.1 Sistemas de Varredura a LASER Aerotransportado.....	13
	4.4. FILTROS MORFOLÓGICOS	14
	4.4.1. Multiscale Curvature Classification (MCC).....	15
	4.5. MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO.....	16
	4.5.1 Triangular Irregular Network (TIN).....	16
	4.6 MODELOS DIGITAIS.....	18
	4.6.1 Modelo Digital de Terreno	18
	4.6.2 Modelo Digital de Superfície (DSM).....	19
	4.6.3 Modelo Digital de Altura do Dossel (CHM)	21
5	METODOLOGIA.....	25
	5.1 ÁREA DE ESTUDO	25
	5.1.1 Clima.....	27
	5.1.2 Geomorfologia e Hidrografia	27
	5.1.3 Tipologia Florestal	28
	5.2 DADOS LIDAR	29
	5.2.1 Lidar	29

5.3	PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	31
5.3.1	Dados Lidar	31
5.3.2	Detecção de Clareiras	37
5.3.2.1	<i>Distribuição de Frequências das Clareiras</i>	39
5.3.2.2	<i>Padrões espaciais.....</i>	41
5.3.3	Dados PRODES.....	42
5.3.4	Dados PlanetScope	44
6	RESULTADOS.....	49
6.1.	MODELO DIGITAL DE ALTURA DE DOSSEL (CHM)	49
6.2.	INFLUÊNCIA DA RESOLUÇÃO ESPACIAL NA DETERMINAÇÃO DE MUDANÇAS NO CHM.....	53
6.3.	IMPACTO DA RESOLUÇÃO ESPACIAL NA GERAÇÃO DE PERCENTIS DE ALTURA.....	56
6.4.	RELAÇÃO ENTRE MÉTRICAS DE PERCENTIS GERADAS A PARTIR DE CHM (3M) E DADOS MULTIESPECTRAIS DO PLANETSCOPE	60
6.5.	DETECÇÃO DE CLAREIRAS.....	64
7	DISCUSSÃO	73
7.1.	DETECÇÃO DE MUDANÇAS	73
7.2.	DETECÇÃO DE CLAREIRAS.....	95
8	CONCLUSÃO.....	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

ADENIYI, O. D.; MAERKER, M. Explorative analysis of varying spatial resolutions on a soil type classification model and it's transferability in an agricultural lowland area of Lombardy, Italy. **Geoderma Regional**, v. 37, p. e00785, jun. 2024.

ADEDAPO, S. M.; ZURQANI, H. A. Evaluating the performance of various interpolation techniques on digital elevation models in highly dense forest vegetation environment. **Ecological Informatics**, v. 81, p. 102646, 1 jul. 2024.

ADININGRAT, D. P. et al. Investigating LiDAR Metrics for Old-Growth Beech- and Spruce-Dominated Forest Identification in Central Europe. **Remote Sensing**, v. 17, n. 2, p. 251, jan. 2025.

ALMEIDA, A. S.; SANTOS, R. L.; CHAVES, J. M. Mapeamento de uso e ocupação do solo no município de Jeremoabo-BA: uso do algoritmo Máxima Verossimilhança (Maxver). In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, 15., Curitiba, PR, 2011.

ALVES, P. H. C. D. S.; DE LIMA, E. S.; VELOSO, G. A. Dinâmica do desmatamento na Terra Indígena Apyterewa mediante a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 80, n. 1, 30 out. 2022.

ALSHEHRI, M.; OUADOU, A.; SCOTT, G. Deforestation Detection in the Brazilian Amazon Using Transformer-based Networks. **2023 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI)**. jun. 2023. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez74.periodicos.capes.gov.br/document/10194966>. Acesso em: 2 out. 2024.

ALI-SISTO, Daniela; PACKALEN, Petteri. Forest change detection by using point clouds from dense image matching together with a LiDAR-derived terrain model. **IEEE**

Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 10, n. 3, p. 1197-1206, 2017. DOI: 10.1109/JSTARS.2016.2615099.

AQUINO, C. et al. Detecting selective logging in tropical forests with optical satellite data: an experiment in Peru shows texture at 3 m gives the best results. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v. n/a, n. n/a, 2024.

ASSIS, Nathalia Ribeiro de; VALDAMBRINI, Bruno; SOUZA, Angelita Matos. Paragominas-PA e a crise ambiental na Amazônia: uma experiência bem-sucedida do planejamento municipal. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 46, v. 2 – Vol. Esp. “Congresso Internacional de Geocologia das Paisagens e Planejamento Ambiental-CIGEPPAM”, p. 204-223, jun. 2024. ISSN: 2176-5774.

B

BADIN, T. L. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**. 2018.

BALTA, H. et al. Fast Statistical Outlier Removal Based Method for Large 3D Point Clouds of Outdoor Environments. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 22, p. 348–353, 2018.

BALTSAVIAS, E. P. Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54, n. 2, p. 164-198, 1999.

BASE. O Sistema LiDAR Aerotransportado. Base Aerofotogrametria e Projetos, 4 maio 2021. Disponível em: <https://www.baseaerofoto.com.br/o-sistema-lidar-aerotransportado/>. Acesso em: 24 out. 2024.

BAGNATO, V. S. Os fundamentos da luz LASER. **Física na Escola**, São Carlos, v. 2, n. 2, p. 4-9, 2001.

BASHEER, S. et al. A comparative analysis of PlanetScope 4-band and 8-band imageries for land use land cover classification. **Geomatica**, v. 76, n. 2, p. 100023, dez. 2024.

C

CARDOSO, Denise Jeton; PARRON, Lucilia Maria; FRANCISCON, Luziane. Carbono de biomassa em floresta nativa e sistemas florestais como indicador de serviços ambientais. In: **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas**. Brasília: Embrapa, 2015.

CĂȚEANU, M.; CIUBOTARU, A. The Effect of LiDAR Sampling Density on DTM Accuracy for Areas with Heavy Forest Cover. **Forests**, v. 12, n. 3, p. 265, mar. 2021.

CARVALHO, Terciane Sabadini. Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Regional) – **Faculdade de Ciências Econômicas**, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

CHAPMAN, John; HUNG, I-Kuai; TIPPEN, Jeff. Evaluating TIFFs (Toolbox for Lidar Data Filtering and Forest Studies) in deriving forest measurements from Lidar data. **International Journal of Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences**, v. 2, n. 2, p. 145-152, 2010.

CHEN, C. et al. Filtering airborne LiDAR point clouds based on a scale-irrelevant and terrain-adaptive approach. **Measurement**, v. 171, p. 108756, 1 fev. 2021.

CHENG, G. et al. Change Detection Methods for Remote Sensing in the Last Decade: A Comprehensive Review. **Remote Sensing**, v. 16, n. 13, p. 2355, jul. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). Paragominas combate o desmatamento e vira exemplo na Amazônia. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/paragominas-combate-o-desmatamento-e-vira-exemplo-na-amazonia>. Acesso em: 17 jan. 2025.

D

DALAGNOL, Ricardo et al. Quantifying canopy tree loss and gap recovery in tropical forests under low-intensity logging using VHR satellite imagery and airborne LiDAR. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 817, 2019. DOI: 10.3390/rs11070817.

DE ALMEIDA, C. A. et al. Metodologia para monitoramento da floresta usada nos projetos PRODES e DETER. [s.d.].

DONG, P.; CHEN, Q. LiDAR remote sensing and applications. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2018. ISBN 9781482243017.

DONG, Pinliang; CHEN, Qi. LiDAR remote sensing and applications. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2018.

E

ESRI. ArcMap 10.8 [software]. Redlands, CA: **Environmental Systems Research Institute**, 2020.

EVANS, J. S.; HUDAK, A. T. A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 45, n. 4, p. 1029-1038, 24 mar. 2022.

F

FARIAS, Jéssica Adrian Lima; ALMEIDA, Arlete Silva de; BARBOSA JÚNIOR, João Silva; VIEIRA, Ima Célia Guimarães. Mudanças de usos da terra e fragmentação da paisagem em áreas associadas à expansão da palma de óleo no município de Bonito, Pará. In: *Amazônia em tempo: impactos do uso da terra em diferentes escalas*. Belém: Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; **Embrapa Amazônia Oriental**, 2017. p. 75.

FAREED, N.; FLORES, J. P.; DAS, A. K. Analysis of UAS-LiDAR Ground Points Classification in Agricultural Fields Using Traditional Algorithms and PointCNN. **Remote Sensing**, v. 15, n. 2, p. 483, jan. 2023.

FAVARIN, José Augusto Spiazzi. Dados de sensor lidar na identificação e caracterização de clareiras e estradas na floresta amazônica. Orientador: Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2019.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, 2005.