

Universidade Federal de Uberlândia  
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

**ANAIS**

**SiRAC**

# **II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia**

**"Ampliando os horizontes e discutindo  
o futuro da geoinformação e do  
cadastro territorial do Brasil"**

**22 a 24 de novembro de 2021  
evento online**



## APRESENTAÇÃO

A Agrimensura e a Cartografia são áreas voltadas a atender demandas da sociedade nos campos temáticos relacionados às Ciências e às técnicas de medições georreferenciadas, às geotecnologias de informação espacial e à gestão territorial. Nessa esfera, a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais, carece de eventos ligados às áreas supracitadas.

Em 2016, em sua primeira edição, o Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia (SiRAC), permitiu aos participantes a oportunidade de adquirir informações e se atualizarem, mediante as diversas atividades que ocorreram no decorrer dos 3 dias de evento.

Mas agora, em 2021, em um cenário mundial de insegurança sanitária devido à circulação do novo coronavírus causador da COVID-19, o Simpósio será realizado em modo remoto, como a maioria das atividades da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) neste momento.

Este formato revela alguns desafios, mas permite a troca contínua de saberes entre pesquisadores e profissionais de áreas afins e sem limitação geográfica. Conectado à sua essência e às características impostas pelo cenário atual, a segunda edição do SiRAC almeja impactar o público, direta e indiretamente. Na ocasião, serão promovidas palestras com profissionais e cientistas, minicursos e apresentação de trabalhos científicos.

Luziane Ribeiro Indjai  
Coordenadora do evento





## ORGANIZAÇÃO

### Realização

Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica (EAC/UFU)

### Endereço de contato

Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo Rod. LMG 746 – km 01 – Monte Carmelo-MG e-mail: [coeca@ig.ufu.br](mailto:coeca@ig.ufu.br)

### Coordenação Geral

Luziane Ribeiro Indjai (IG/UFU)

### Comissão de Gestão de Trabalhos Recebidos

Analis da Silva Soares (IG/UFU)

Augusto Pera (IG/UFU)

Ester Oliveira de Sá (IG/UFU)

Rafael Henrique Ferreira (IG/UFU)

Samuel Lacerda de Andrade (IG/UFU)

Valdiney José da Silva (IG/UFU)

### Comissão de Produção dos Anais

Ester Oliveira de Sá (IG/UFU)

José Luiz da Costa Moreira (IG/UFU)

Mariana Eiko Borba Inoue (IG/UFU)

Mirna Karla Amorim da Silva (IG/UFU)

### Comissão de Transmissão Online

Daniel Climaco Patêz (IG/UFU)

Jefferson dos Santos Santana (IG/UFU)

João Victor do Nascimento Lima (IG/UFU)

Matheus Martins Pereira (IG/UFU)

#### **Comissão de Inscrições e Certificados**

Ana Carla Ferreira Costa (IG/UFU)

Ana Laura Almeida Tizzo (IG/UFU)

Analís da Silva Soares (IG/UFU)

Claudionei Pereira da Cunha Filho (IG/UFU)

Isaac Luiz Nunes de Matos (IG/UFU)

Letícia Batista Cunha (IG/UFU)

#### **Comissão de Produção de Artes e Divulgação em Mídias Sociais**

Ana Laura Almeida Tizzo (IG/UFU)

Leandro Cortês Cardoso (IG/UFU)

Maria Cecília Lemes Santos (IG/UFU)

Pamylla Kelly Carvalho Lima (IG/UFU)

Rafaela de Oliveira Pena (IG/UFU)

Rafael Henrique Ferreira (IG/UFU)

Thaynara Francisca Vilela (IG/UFU)

#### **Comissão de Palestras, Minicursos, Mesas Redonda e Bolsistas**

Analís da Silva Soares (IG/UFU)

Claudionei Pereira da Cunha Filho (IG/UFU)

Maria Cecília Lemes Santos (IG/UFU)

Leandro Cortês Cardoso (IG/UFU)

Luciany Seabra (FECIV/UFU)

Rafael Henrique Ferreira (IG/UFU)

Tulio Alves Santana (IFMT-Cuiabá)



---

### **Bolsistas de Extensão**

Maria Cecília Lemes Santos (IG/UFU)

Leandro Cortês Cardoso (IG/UFU)

Rafael Henrique Ferreira (IG/UFU)

### **Apoio**

FAU – Fundação de Apoio Universitário da Universidade Federal de Uberlândia

PROEXC – Pró-reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal de Uberlândia



## INSTRUÇÃO AOS AUTORES

Preparem seus artigos seguindo rigorosamente o template que está de acordo com as normas exigidas para a publicação de artigos nos anais do II SiRAC, disponível em [www.doity.com.br/sirac2021/artigos](http://www.doity.com.br/sirac2021/artigos)

O tema do evento será: “Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil” e está sendo organizado pelo Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Campus Monte Carmelo/MG.

Mínimo, 05 (cinco) páginas, no máximo, 10 (dez) páginas. A estrutura do trabalho completo deve privilegiar:

- Introdução
- Material e Métodos
- Resultados e Discussão
- Conclusões e Referências

O texto deverá ser escrito em arquivo do formato .doc ou .docx. Não inserir numeração de páginas no artigo.

Informe todos os coautores no formulário de submissão de trabalho.

Não será permitida a inclusão de novos autores e mudanças de títulos.

Os artigos podem ter até, no máximo, 6 (seis) autor/coautor(es) e, ao menos, 1 (um) deles deve estar inscrito no evento.

As submissões serão analisadas por um Comitê Técnico-Científico, composto por profissionais das áreas de interesse.

Os principais critérios para a aceitação do artigo serão:

- Importância e originalidade do assunto;
- Pertinência aos eixos temáticos do evento;

- Rigor científico e qualidade dos dados;
- Qualidade do texto; e
- Formatação de acordo com regras do modelo de submissão.

Os artigos aprovados e selecionados serão apresentados em sessões de comunicação oral.

Todos os artigos aprovados serão publicados nos Anais do evento.

É de total responsabilidade dos autores a veracidade, originalidade e aspectos éticos do conteúdo apresentado.





## ÁREAS TEMÁTICAS

1. Astronomia, Geodésia e Topografia
2. Cadastro Territorial
3. Cartografia e Geovisualização
4. Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
5. Sistemas de Informação Geográfica
6. Planejamento Ambiental e Urbano



## COMITÊ CIENTÍFICO

Absalão Aranha Nascimento	Instituto Federal do Espírito Santo	Astronomia, Geodésia e Topografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Adriane Brill Thum	Unisinos	Astronomia, Geodésia e Topografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Andersonn Magalhães de Oliveira	UFPE	Cadastro Territorial, Planejamento Ambiental e Urbano
Caio Flávio Martinez Fontoura Júnior	Unesp - Presidente Prudente	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Carlos Aurélio Nadal	Universidade Federal do Paraná	Astronomia, Geodésia e Topografia, Planejamento Ambiental e Urbano
Christian Pilapanta	Universidade Federal do Paraná	Astronomia, Geodésia e Topografia
Claudia Pereira Krueger	UFPR	Astronomia, Geodésia e Topografia
Edson Antonio Mengatto Junior	UNICAMP	Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Elias Nasr Naim Elias	Universidade Federal do Paraná	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Ermerson de Vasconcelos Silva	UFPE	Astronomia, Geodésia e Topografia
Fabiano Peixoto Freiman	UFBA/UFPR	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica
Fabiola andrade souza	UFBA	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Fabricio Rosa Amorim	Universidade Federal do Paraná	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Fernanda Puga	UFBA	Cartografia e Geovisualização, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Fernando Luiz de Paula Santil	UFU - Instituto de Geografia	Cadastro Territorial, Cartografia e Geovisualização, Planejamento Ambiental e Urbano
Francisco de Sales Vieira de Carvalho	Faculdade de Engenharia e Agrimensura de São Paulo - FEASP	Astronomia, Geodésia e Topografia, Cadastro Territorial, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Henrique Candido de Oliveira	Universidade Estadual de Campinas	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Hostilio Maia de Paula Neto	IFG - Instituto Federal de Goiás	Cadastro Territorial, Planejamento Ambiental e Urbano
Ismarley Lage Horta Moraes	Universidade Federal de Uberlândia	Planejamento Ambiental e Urbano
Ivanildo Barbosa	IME	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia  
“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”  
22 a 24 de novembro de 2021



Jaime Carlos Macuácuá	UFPR	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
João Francisco Galera Monico	Unesp pp	Astronomia, Geodésia e Topografia
Jorge Felipe Euriques	Universidade Federal do Paraná	Astronomia, Geodésia e Topografia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Planejamento Ambiental e Urbano
Joselisa Maria Chaves	Universidade Estadual de Feira de Santana	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Kauê de Moraes Vestena	UFPR	Astronomia, Geodésia e Topografia, Cartografia e Geovisualização, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica
Larissa Messias de Souza	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Astronomia, Geodésia e Topografia
Leandro Ítalo Barbosa de Medeiros	Universidade Federal do Paraná	Astronomia, Geodésia e Topografia
Luciany Oliveira Seabra	Universidade Federal de Uberlândia	Planejamento Ambiental e Urbano
Marciano da Costa Lima	UFPR	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Marconi Martins Cunha	Universidade Federal de Viçosa	Astronomia, Geodésia e Topografia, Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Marlene Salete Uberti	UFRRJ	Cadastro Territorial
Mirely de Oliveira Farias	Universidade Federal de Pernambuco	Cadastro Territorial, Planejamento Ambiental e Urbano
Pedro Spanghero	UFU	Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Raphael Luiz França Greco	5º Centro de Geoinformação (5º CGEO)	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica
Renan Furlan de Oliveira	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Rodrigo Pinheiro Ribas	UDESC	Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Samir de Souza Oliveira Alves	Universidade Federal do Paraná	Astronomia, Geodésia e Topografia
Silvio Henrique Dellespote Andolfato	UTFPR	Cadastro Territorial, Planejamento Ambiental e Urbano
Simone Sayuri Sato	Universidade Federal de Pernambuco	Cartografia e Geovisualização, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
Suelem Farias Soares Martins	UFU	Astronomia, Geodésia e Topografia, Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica
Suzana Daniela Rocha Santos e Silva	Universidade Federal da Bahia	Cadastro Territorial
Vinícius Amadeu Stuari Pereira	UTFPR	Astronomia, Geodésia e Topografia



**II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia**  
"Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil"  
22 a 24 de novembro de 2021



Vitor Silva de Araujo	Universidade Federal do Paraná	Cartografia e Geovisualização, Sistemas de Informação Geográfica, Planejamento Ambiental e Urbano
Wagner Carrupt Machado	FECIV/UFU	Astronomia, Geodésia e Topografia
Youlia Kamei Saito	Universidade Federal de Viçosa	Astronomia, Geodésia e Topografia, Cartografia e Geovisualização, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica

# SiRAC



## SUMÁRIO

ELABORAÇÃO DE UMA BASE CARTOGRÁFICA DE MONTE CARMELO COM IMAGENS AÉREAS..	14
ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA PARA CONVERSÃO ENTRE SISTEMAS DE MARÉ .....	20
UMA ANÁLISE TEMPORAL DA ACURÁCIA DAS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E A CORREÇÃO PARA O OFFSET DO CENTRO DE FASE ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020 PARA O GNSS .....	28
CONVERSÃO DE DADOS EM FORMATO CAD PARA BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS CONFORME ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS DA SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO – ET-EDGV/SPU: COMPARAÇÃO DE PROCESSOS.....	38
ACESSIBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL ÀS ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO: ESTUDO DE CASO .....	49
ESTIMATIVA DA UMIDADE DO SOLO COM RECEPTOR E ANTENA GNSS DE BAIXO CUSTO: RESULTADOS PRELIMINARES .....	59
MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA GESTÃO DA INFRAESTRUTURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA .....	70
QUO VADIS SENSORIAMENTO REMOTO EM CAFEZEIROS.....	79
USO DO CADASTRO PARA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE POSTES E SEUS USOS POR EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES NO BAIRRO TREVO DE MONTE CARMELO (MG) .....	98
NEURION: SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE MAPAS DE VTEC REGIONAIS PREDITOS COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.....	108
HOW TO DESCRIBE THE TREND, ACCURACY AND UNCERTAINTY OF PREDICTIONS IN ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS? .....	118
ANÁLISE DE DIFERENTES IMPLEMENTAÇÕES DE UM PERFIL LADM: BANCO DE DADOS RELACIONAL, POO E BANCO DE DADOS NoSQL.....	127
USO DE SISTEMA WEBGIS PARA AMBIENTAÇÃO VIRTUAL DE CALOUROS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA.....	137
UM COMPÊNDIO DE PLATAFORMAS LIVRES E TÉCNICAS PARA O ESTUDO E MONITORAMENTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO BRASIL.....	150
CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E VARIÁVEIS RELACIONADAS À FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO CERRADO MINEIRO .....	160
MAPEAMENTO DO RISCO DE INCÊNDIO DO MUNICÍPIO DE CÁCERES–MT.....	170
AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA DOS BASEMAPS GOOGLE ROAD, ESRI STANDARD, BING MAP E OPENSTREETMAP .....	180
GEOESTATÍSTICA APLICADA NA ELABORAÇÃO DA PLANTA DE VALORES GENÉRICOS DE APARTAMENTOS NA ZONA SUL DO RIO DE JANEIRO – RJ .....	190





---

SENSORIAMENTO REMOTO: UMA PERSPECTIVA PARA DETECÇÃO DE DOENÇAS NA CAFEICULTURA .....	200
GERENCIAMENTO DA GEOINFORMAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NA DIRETORIA DE GEOPROCESSAMENTO E CADASTRO URBANO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA .....	209
DETECÇÃO DE PALMEIRAS EM IMAGENS AÉREAS COM YOLO E DARKNET .....	218

# SiRAC



## ELABORAÇÃO DE UMA BASE CARTOGRÁFICA DE MONTE CARMELO COM IMAGENS AÉREAS

RICARDO LUÍS BARBOSA<sup>1</sup>, ALAN KAZUO HIRAGA<sup>2</sup>, RODRIGO BEZERRA DE ARAÚJO GALLIS<sup>3</sup>, MÁRIO LUIZ LOPES REISS<sup>4</sup>

### RESUMO

A automação na captura de dados e de processos fotogramétricos possibilita a pequenos municípios acesso aos produtos derivados da fotogrametria, como uma ortofoto, que serve como base cartográfica para a criação de um Sistema de Informação Geográfica que possibilita aos gestores municipais a tomada de decisão usando as informações geoespaciais. Nesse trabalho, o objetivo foi adquirir imagens aéreas com uma Aeronave Remotamente Pilotada e produzir uma ortofoto com qualidade geométrica para que sirva aos fins cadastrais, ou seja, um tamanho de pixel menor do que 10 cm. O processamento fotogramétrico foi realizado com o software Agisoft Photoscan, usando 4 estações fotogramétricas em processamento paralelo, com placas de vídeo Nvidia Quadro 500 e processador i7-2820 de 3,6GHz com 64 GB de RAM. Após todo o processamento, foi alcançado um tamanho de pixel de 5,94 cm, o que habilita o seu uso para os fins cadastrais. Além disso, agora será possível integrar os dados de um levantamento terrestre com essa base, fazendo-se a vetorização dos lotes e os associando as fotos de fachadas.

**Palavras-chave:** Levantamento Fotogramétrico. Aeronave Remotamente Pilotada. Base Cartográfica.

### 1 INTRODUÇÃO

O mapeamento aéreo tem crescido muito nos últimos anos com o uso de equipamento autônomo (Aeronave Remotamente Pilotada-ARP), uma subcategoria do conhecido VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), que possibilitam uma agilidade na captura de imagens e softwares fotogramétricos mais intuitivos que popularizaram a Fotogrametria.

Esses equipamentos, além de um custo relativamente menor quando comparados com a Fotogrametria tradicional, realizada por aviões embarcando câmaras de alta resolução, integradas com sensores GNSS e INS (NEX & REMONDINO; 2014), (COLOMINA & MOLINA; 2014), (GONÇALVES & HENRIQUES; 2015), (CROMMELINCK et al.; 2020), possuem também a característica de poderem ser operados até mesmo com auxílio de smartphones.

Além disso, softwares para o planejamento de voo (cobertura fotogramétrica) e

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [rluisbarbosa@ufu.br](mailto:rluisbarbosa@ufu.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [integralsol@integralsol.com.br](mailto:integralsol@integralsol.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [rodrigogallis@ufu.br](mailto:rodrigogallis@ufu.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [mario.reiss@ufrgs.br](mailto:mario.reiss@ufrgs.br)

geração dos produtos cartográficos, como o MDS (Modelo Digital de Superfície) e a ortofoto, possuem interface intuitiva no fluxo lógico das operações, permitindo que usuários, com um mínimo de conhecimento e treinamento, possam realizar aquisições fotogramétricas com segurança e qualidade.

Como o Brasil é caracterizado por ter baixa cobertura de mapeamento cadastral, o uso de ARP vem contribuindo para o crescimento da produção de informações geoespaciais, principalmente nos pequenos municípios.

Esses pequenos municípios podem se beneficiar do mapeamento cadastral organizando as informações espaciais dos espaços e equipamentos públicos. Também podem fazer a regularização fundiária para fins de tomada de decisão e equidade fiscal na arrecadação e cobrança dos tributos que usam a propriedade territorial urbana como base de cálculo.

Nesse contexto, foi realizado um mapeamento fotogramétrico com uma ARP de toda a mancha urbana da cidade de Monte Carmelo, para gerar uma ortofoto a ser utilizada como material para a produção de dados e informações geoespaciais do município e a sua posterior disponibilização para a comunidade e gestores públicos que tiverem interesse.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

O levantamento fotogramétrico foi realizado com uma ARP eBee Classic (Figura 1):

Figura 1 – eBee Classic utilizado no levantamento



A ARP estava equipada com uma câmera Sony WX220, sensor CMOS Exmor R



de 1/2,3”, com 18,2 MP e resolução de 4896 x 3672, com focal de 4,45mm.

Foram planejados 15 blocos de cobertura fotogramétrica com o software e-Motion 3.0 do próprio fabricante do ARP eBee, que também foi utilizado na execução das aquisições das fotos, que foram realizadas nos dias 18, 19 e 20 de Agosto de 2019, com a utilização de 8 baterias. Quando a bateria ficava com 40% da carga total, a ARP retornava para a base de lançamento, se substituía a bateria por outra com carga de 100% e coloca-se a anterior para recarregar, após um tempo de espera de 40 minutos, para que esta tivesse tempo de resfriar e evitar danos a ela. A média da duração de cada voo foi de 30 minutos. A Figura 2 apresenta um dos planos de cobertura fotogramétrica que foram adquiridos no levantamento.

Figura 2 – Exemplo de um dos planos de cobertura fotogramétrica adquiridos



A distância câmara-objeto foi planejada com o objetivo de conseguir um tamanho de pixel no terreno entre 5 a 8 cm após o processamento fotogramétrico, o que possibilita a identificação de feições para fins cadastrais. A sobreposição lateral de 75% e longitudinal de 85% foram parametrizadas para garantir a reconstrução fotogramétrica adequada.

O eBee Classic é equipado com um sensor GNSS e sensor INS, que grava em cada foto as coordenadas do centro perspectivo e a orientação dela (ângulos de rotação nos três eixos). O processamento fotogramétrico foi realizado com o Agisoft Photoscan (posteriormente denominado de Metashape) usando 4 estações fotogramétricas em um processamento paralelo, equipadas com placas de vídeo Nvidia Quadro 5000, processador i7-3820 @ 3.60 GHz com 64 GB de memória RAM.

### 3 RESULTADOS

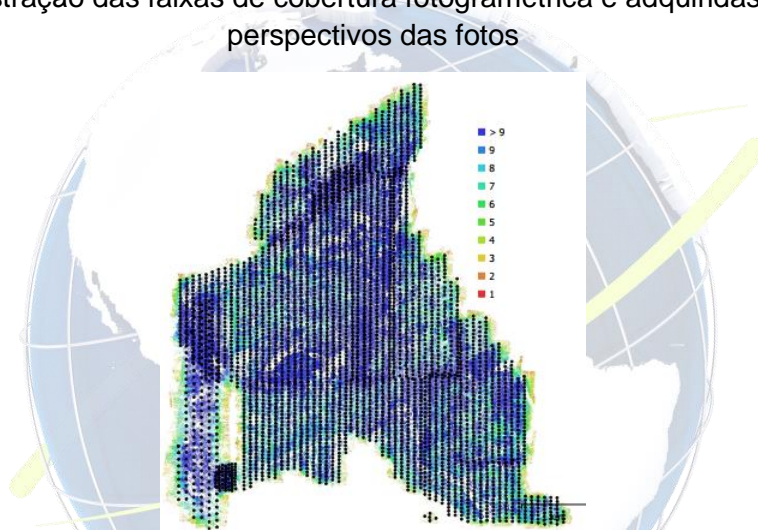
Foram adquiridas 4166 imagens e utilizadas 4129 para o processamento

fotogramétrico, ou seja, 37 imagens não foram utilizadas por problemas de falta de GNSS ou borramento (arrastamento).

Para o parâmetro de acurácia no alinhamento, foi utilizada a opção Hightest, com sistema de coordenadas WGS84 (EPSG:4326). A nuvem de pontos ficou com 3.234.898 pontos e RMS de reprojeção de 0,15m.

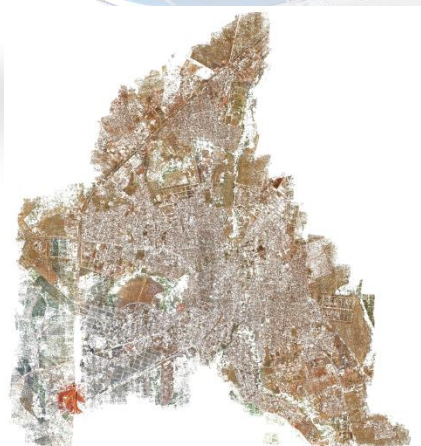
O tempo de processamento para a fototriangulação e geração da nuvem de pontos foi de aproximadamente 14 horas. Apesar do tempo elevado, dado o grande volume de imagens, o processamento só foi possível devido à utilização do recurso do software utilizado de processamento em rede com múltiplas estações de trabalho. A Figura 3 ilustra o posicionamento dos centros perspectivos das fotos e a densidade de sobreposição:

Figura 3 – Ilustração das faixas de cobertura fotogramétrica e adquiridas e os centros perspectivos das fotos



A figura 4 mostra o Modelo Digital de Superfície (MDS):

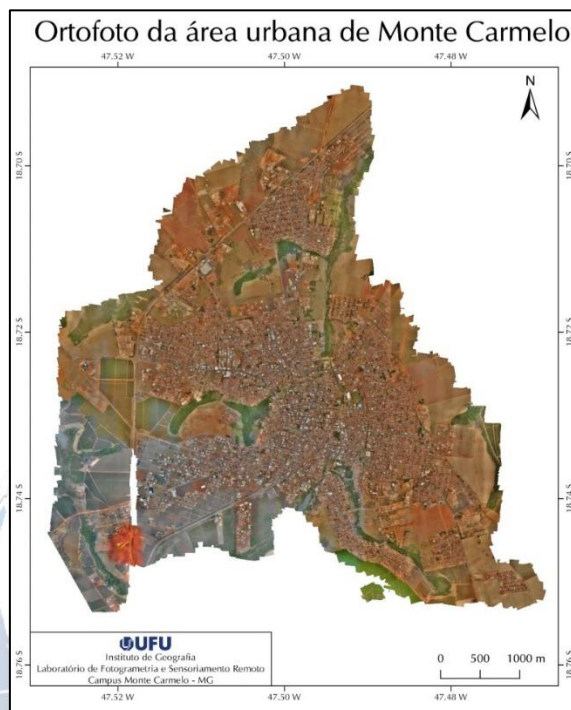
Figura 4 – Nuvem de pontos (MDS) gerada para o levantamento fotogramétrico





A ortofoto resultante (figura 5) cobriu uma área de 14,4km<sup>2</sup> e tem um tamanho de pixel final de 5,94cm, o que indica uma boa qualidade para fins de vetorização dos dados geoespaciais.

Figura 5: Ortofoto resultante



#### 4 CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi produzir uma ortofoto para que seja utilizada como base cadastral na cidade de Monte Carmelo e contribua com as atividades de pesquisa e extensão do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

A disponibilização dessa base possibilitará aos estudantes uma vivência com dados geoespaciais do meio em que vivem e abre as portas para a produção de informações que sirvam também para a comunidade, na disponibilização via internet.

Com os dados de levantamento terrestre realizado em 2016 (BARBOSA et al., 2016), onde foram georreferenciadas as árvores das vias, será possível integrar as fotos das fachadas aos respectivos lotes.

Outra possibilidade que esse trabalho abre é a análise temporal da mudança da ocupação da cidade nesse intervalo de tempo e criar a cultura do mapeamento sistemático da cidade. O trabalho ainda está em desenvolvimento, com isso existe ainda a necessidade de aquisição de pontos de apoio no terreno para orientar melhor os dados

do levantamento e processamentos adicionais.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. L.; HIRAGA, A. K.; GALLIS, R. B. A., SILVA, F. A. **Implementação e prova de conceito de um sistema de mapeamento móvel.** In: I Simpósio de Agrimensura e Cartografia, 2016, Monte Carmelo. **Anais [...].** Monte Carmelo: Universidade Federal de Uberlândia, 2016. p.174-181.

COLOMINA, P.M.; MOLINA, P. 2014. **Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review.** ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92:79-97.

GONÇALVES, A.; HENRIQUES, A. **UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas.** ISPRS Jour. of Phot. and Remote Sens. V. 104, June 2015, p. 101-111.

CROMME, S.; BENNETT, R; GERKE, M.; NEX, F.; YANG, Y. Y.; VOSSelman, G. **Review of Automatic Feature Extraction from High-Resolution Optical Sensor Data for UAV-Based Cadastral Mapping.** Remote Sens., 2016, 8(8), 689.



## ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA PARA CONVERSÃO ENTRE SISTEMAS DE MARÉ

MARIANA EIKO BORBA INOUE<sup>1</sup>; GABRIEL DO NASCIMENTO GUIMARÃES<sup>2</sup>,  
LETICIA BATISTA CUNHA<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo elaborar um programa para conversão entre sistemas de maré. Para tanto, foi utilizado o *software* Matlab. O programa funciona a partir de menu, onde o usuário faz a seleção entre os sistemas que deseja converter. Estações GNSS-SAT e RRNN pertencente ao Banco de Dados Geodésicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística foram utilizados para testar e validar o programa. Os resultados mostram que a latitude influencia nas diferenças entre os sistemas. A diferença entre os sistemas *zero tide* e *mean tide* apresentaram as maiores diferenças.

**Palavras-chave:** Gravimetria 1. Sistema de Maré 2. Altitudes 3.

### 1 INTRODUÇÃO

O fenômeno de maré pode ser entendido como um processo gravitacional interativo entre, principalmente, o Sol a Lua e a Terra. Gemael (1999), define força de maré em um ponto  $P$  como sendo a diferença entre a força de atração exercida pelo Sol e pela Lua sobre a unidade de massa colocada nesse ponto e no centro do modelo. O potencial gravitacional nas imediações da Terra é uma combinação do potencial gravitacional de marés de corpos externos e do próprio potencial da Terra. O potencial de maré possui uma parte permanente e outra periódica.

Comumente presente no dia a dia de pessoas que residem em área costeira, a maré oceânica é a alteração cíclica do nível da água dos mares causadas pelos efeitos combinados da rotação da Terra com as forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol e por outros astros (estes com menor intensidade, devido à distância) sobre o campo de gravidade da Terra. Por outro lado, a maré terrestre é um efeito causado pela força gravitacional em função da distância radial de massas de corpos de terceiros, Sol e Lua, em relação a Terra. Essa força gravitacional provoca um efeito de atração criando deformações sob a ação do potencial.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [marieiko.borba@ufu.br](mailto:marieiko.borba@ufu.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [gabriel@ufu.br](mailto:gabriel@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [leticia.cunha@ufu.br](mailto:leticia.cunha@ufu.br)

Quando se lida com marés terrestres, uma parte considerável de seus efeitos não varia periodicamente com o tempo, possuindo caráter permanente. A maré permanente, possui um menor valor em regiões polares e maior em regiões equatoriais, consequência da interação gravitacional da Terra com a Lua e o Sol produzindo deformações na crosta e variações no potencial da gravidade. Outro ponto importante das deformações resultantes da maré terrestre é o fato que este efeito está presente em todas as observações geofísicas e geodésicas, e devido ao fato de possuírem impacto significativo nos processos geológicos da Terra. Estudos apresentados por Kasahara (2002), Cochran et al. (2004), Chen et al. (2012) e Varga ; Grafarend (2017), demonstram que a maré terrestre pode contribuir para o desencadeamento de terremotos e vulcanismo.

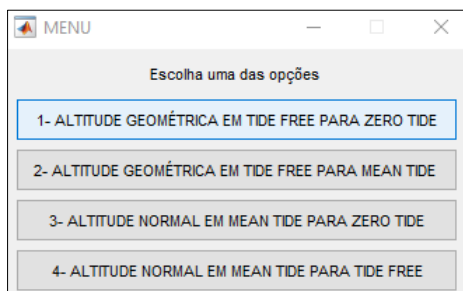
No que tange à Geodésia, existem 3 maneiras de lidar com os efeitos permanentes de maré (RAPP et al., 1991) e (BURŠA, 1995): 1) maré média (*mean-tide*) os efeitos permanentes e elásticos não são removidos; 2) livre de maré (*tide-free* ou *non-tidal*) são eliminados, tanto o efeito permanente, quanto o periódico (elástico); 3) maré-zero (*zero-tide*) somente o efeito permanente é eliminado, preservando a componente relacionada à deformação elástica da Terra. A expressão “maré-zero” é utilizada para se referir a uma maré de referência. A combinação entre grandezas vinculadas ao campo gravitacional (aceleração de gravidade, geopotencial e o geoide) e dados GNSS (altitude geométrica) torna necessária a conversão para um sistema de maré em comum, seja maré-zero ou maré média (ARANA, 2020). Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um programa capaz de converter altitudes geométricas e físicas nos diferentes sistemas de marés permanentes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O programa foi desenvolvido utilizando o *software* Matlab. O programa apresenta um menu ao usuário (Figura 1) para que possa ser escolhida qual das quatro conversões ele desejava realizar. Dependendo de qual for a escolha deve-se ingressar no programa um arquivo do tipo texto, contendo informações das coordenadas das estações de interesse (latitude e longitude), além da altitude de interesse, seja geométrica ou altitude física. Nesse trabalho foi utilizada a altitude do tipo normal.



Figura 1 – Menu do Usuário



Fonte: Os autores (2021).

A aparição do menu sugere quatro opções de conversão de altitude para que o usuário escolha em consideração aos dados de entrada já inseridos, sendo duas delas considerando a altitude geométrica e duas a altitude normal respectivamente, em consideração aos dados de entrada já inseridos. A apresentação do menu foi feita pela ferramenta “switch case” que é um teste para múltiplos casos em que somente a “case” selecionada será executada e a expressão “dwmwrite” faz com que retorne um arquivo texto com informações da latitude, longitude, altitude e o resultado da expressão do sistema selecionado.

A formulação matemática utilizada para a conversão entre altitudes pode ser encontrada em EKMAN (1989) e RAPP (1989). A conversão do sistema médio de maré a partir do sistema livre de maré é Equação em (1), enquanto a Equação (2) é para sistema zero de maré a partir do sistema livre de maré e por último a Equação (3) de sistema médio de maré a partir do sistema zero de maré.

$$H_{mean-tide} = H_{tide-free} - (1 + k - h) \frac{\Delta W_{zero-tide}}{g} \quad (1)$$

$$H_{zero-tide} = H_{tide-free} - (k - h) \frac{\Delta W_{zero-tide}}{g} \quad (2)$$

$$H_{mean-tide} = H_{zero-free} - \frac{\Delta W_{zero-tide}}{g} \quad (3)$$

onde  $h$  e  $k$  são os números de Love com valores 0,6 e 0,3 respectivamente. O termo  $\frac{\Delta W_{zero-tide}}{g}$  é obtido mediante a Equação (4).



$$\frac{\Delta W_{ZT}}{g} = 0,198 \left( \frac{3}{2} \sin^2 \bar{\varphi} - \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

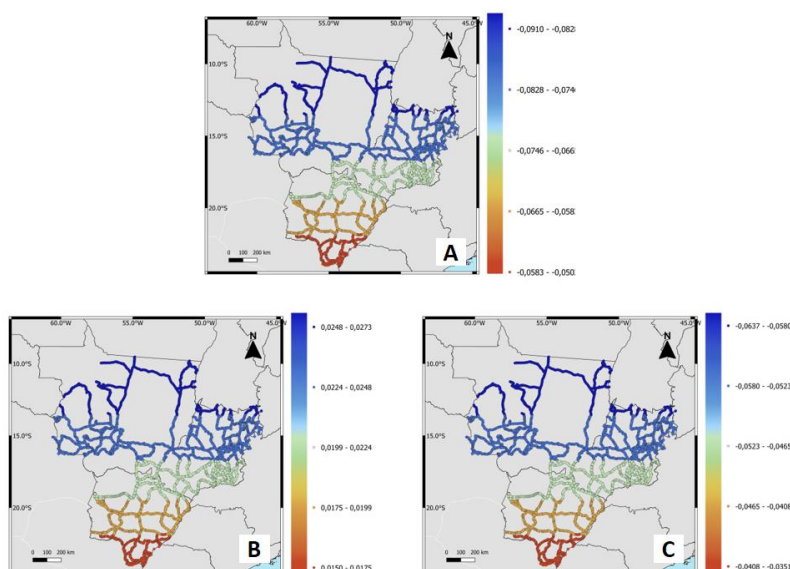
sendo  $\bar{\varphi}$  a latitude geocêntrica. Para o cálculo da  $\bar{\varphi}$  foram utilizados os parâmetros do elipsoide GRS-80 (MORITZ, 1980). Para que seja possível realizar os cálculos a latitude é transformada para radianos, e posteriormente utilizada para calcular a latitude geocêntrica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para testar e validar o programa, foram utilizados dados obtidos no Banco de Dados Geodésicos (BDG) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Para os dados referentes às altitudes geométricas foram selecionadas 912 estações SAT-GPS para os dados sobre altitude normal 10.469 estações do tipo RN localizadas na região Centro-Oeste do Brasil.

A altitude geométrica é dada no sistema *tide free*. Nesse caso, foram realizadas duas conversões, de *tide free* ( $h_{tf}$ ) para *zero tide* ( $h_{zt}$ ) e de *tide free* ( $h_{tf}$ ) para *mean tide* ( $h_{mt}$ ). A partir dos resultados obtidos, foram calculadas as diferenças entre  $h_{tf} - h_{zt}$  (Figura 2a),  $h_{zt} - h_{mt}$  (Figura 2b) e  $h_{tf} - h_{mt}$  (Figura 2c). A partir das diferenças apresentadas na Figura 2, pode ser verificado que a latitude é um fator que influencia nas diferenças entre os sistemas de maré. A Tabela 1 também apresenta a estatística envolvendo as diferenças.

Figura 2 – Diferença entre altitude geométrica



Fonte: Os autores (2021).

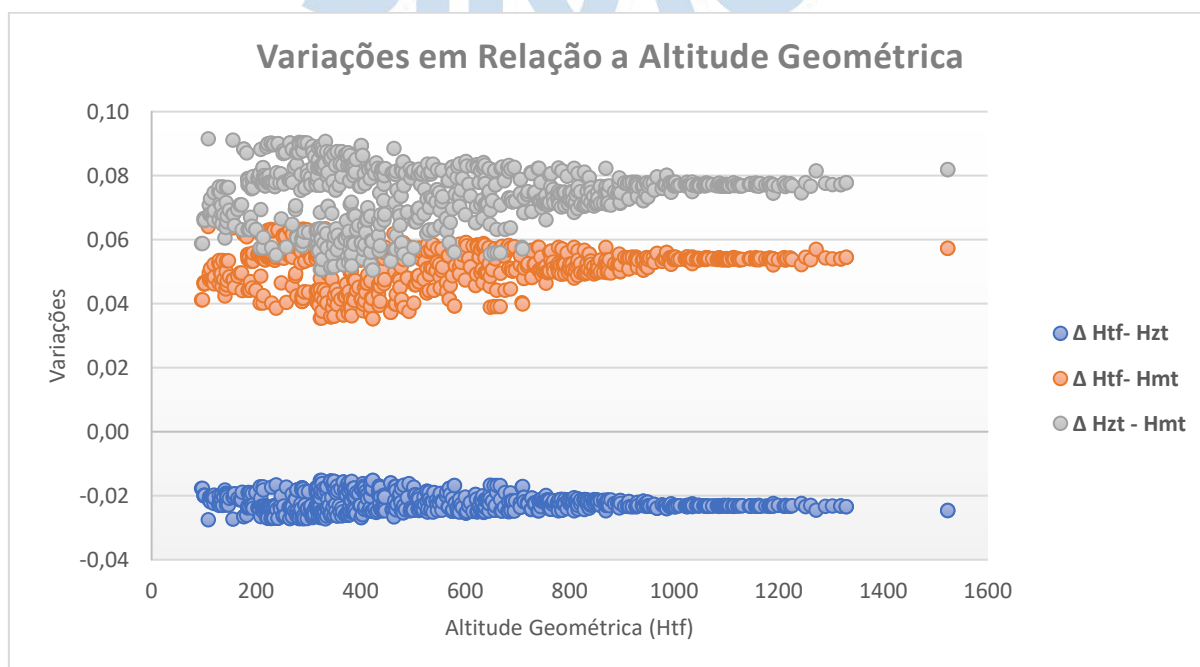
Tabela 1- Estatística Altitude Geométrica

	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	MÉDIA (m)	DESVIO PADRÃO (m)
hTF-hZT	-0,015	-0,027	-0,022	0,003
hTF-hZT	0,064	0,035	0,052	0,006
hZT-hMT	0,092	0,050	0,074	0,009

Fonte: Os autores (2021).

A Figura 3 ilustra a amplitude das diferenças entre os sistemas de maré função das altitudes das estações.

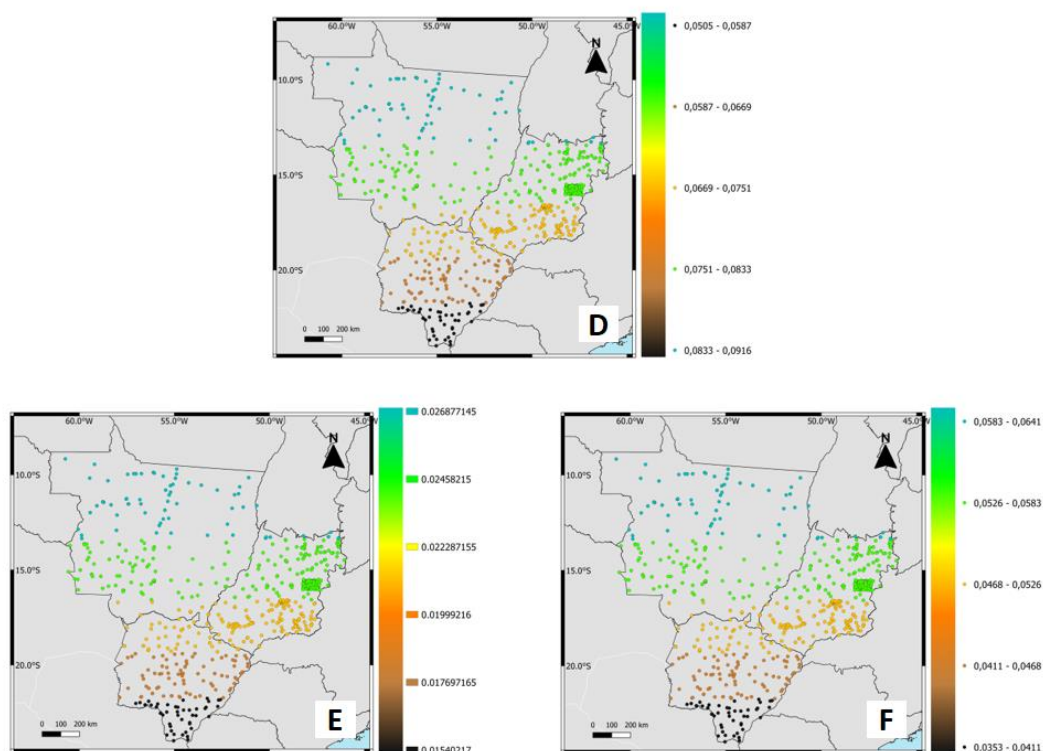
Figura 3 - Gráfico das Diferenças entre as Altitudes Geométricas



Fonte: Os autores (2021).

O processo foi refeito para a altitude normal que é expresso no sistema *mean tide*. Logo, foram realizadas as conversões de *mean tide* ( $H_{mt}$ ) para *zero tide* ( $H_{zt}$ ), e de *mean tide* ( $H_{mt}$ ) para *tide free* ( $H_{tf}$ ). Assim como para altitude geométrica as diferenças foram utilizados para elaborar um mapa pontual (Figura 4), representando as diferenças entre  $H_{mt} - H_{zt}$  (Figura 4d),  $H_{mt} - H_{tf}$  (Figura 4e) e  $H_{zt} - H_{tf}$  (Figura 4f). Na Tabela 2 podemos observar valores estatísticos envolvendo as diferenças da altitude normal.

Figura 4 – Diferença entre altitude normal



Fonte: Os autores (2021).

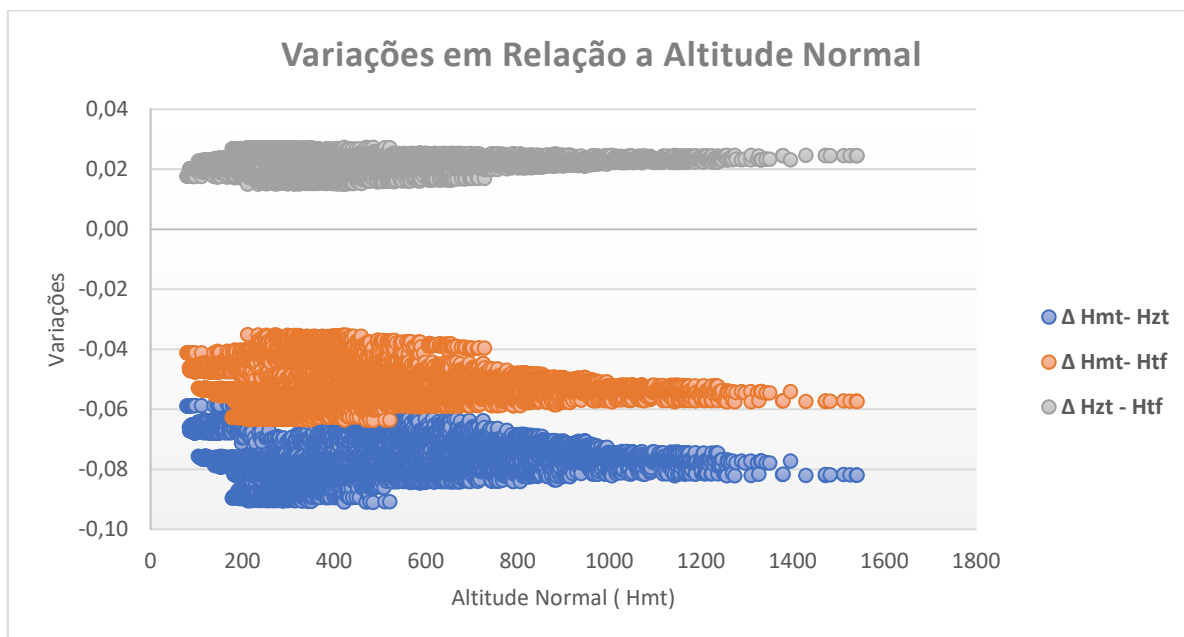
Tabela 2- Estatística Altitude Normal

	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)	MÉDIA (m)	DESVIO PADRÃO (m)
HZT - HTF	0,027	0,0150	0,022	0,003
HMT - HTF	-0,035	-0,064	-0,052	0,006
HMT - HZT	-0,050	-0,091	-0,075	0,009

Fonte: Os autores (2021).

A Figura 5 apresenta a amplitude das diferenças entre os sistemas de maré função das altitudes normais.

Figura 5 - Gráfico das Diferenças entre as Altitudes Normais



Fonte: Os autores (2021).

#### 4 CONCLUSÕES

A rotina elaborada com o auxílio do Matlab permitiu realizar a conversão entre sistemas de maré, função de altitudes geométricas e físicas, e será disponibilizada perante solicitação. A ferramenta foi testada e validada a partir de informações oficiais e demonstrou ser consistente.

Os resultados apresentados nas Figuras 3 e 5 mostraram as variações entre os sistemas de maré função da altitude da estação. Logo, uma atenção especial deve ser dada em trabalhos que envolvem o emprego de altitudes, além de atividades que empregam outras informações geodésicas e que devem ser observados o sistema de maré.



## REFERÊNCIAS

- ARANA, D. **A maré terrestre: aspectos teóricos e práticos**. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Presidente Prudente. 2020.
- BURŠA, M. Primary and derived parameters of common relevance of astronomy, geodesy and geodynamics. **Earth, Moon and Planets**, v. 69, n. 1, p. 51-63, 1995.
- CHEN L.; CHEN J.G.; XU Q.H. Correlations between solid tides and worldwide earthquakes  $M_S \geq 7.0$  since 1900. **Natural Hazards Earth System Science**, 12(3): 587-590. 2012. doi: 10.5194/nhess-12-587-2012.
- COCHRAN E.S., Vidale J.E., Tanaka S. 2004. Earth tides can trigger shallow thrust fault earthquakes. **Science**, 306(5699): 1164-1166. doi: 10.1126/science.1103961.
- EKMAN, M. IMPACTS OF GEODYNAMIC PHENOMENA. **Bulletin Géodésique**, v. 63, n. 1, p. 281–296, 1989.
- GEMAEL, C. **Introdução a Geodésia Física**. Curitiba: Editora UFPR, 1999.
- KASAHARA J. Geophysics: Tides, earthquakes, and volcanoes. *Science*, 297(5580): 348-349. 2002 doi: 10.1126/science.1074601.
- MORITZ, H. Geodetic reference system 1980. **Bulletin geodesique**, v. 54, n. 3, p. 395–405, 1980a. Springer.
- RAPP, R. The treatment of permanent tidal effects in the analysis of satellite altimetry data for sea surface topography. **Manuscripta geodaetica**, v. 14, p. 368–372, 1989.
- RAPP, R.H.; *et al.* Consideration of permanent tidal deformation in the orbit deformation and data analysis for the TOPEX/Poseidon mission, **NASA Technical Memo 100775**. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, USA, 1991.
- VARGA P., GRAFAREND E. Influence of tidal forces on the triggering of seismic events. *Pure and Applied Geophysics*, 175(5): 1649-1657. 2018 doi 10.1007/s00024-017-1563-5.

# UMA ANÁLISE TEMPORAL DA ACURÁCIA DAS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E A CORREÇÃO PARA O OFFSET DO CENTRO DE FASE ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020 PARA O GNSS

LORAM SIQUEIRA<sup>1</sup>; JOÃO FRANCISCO GALERA MONICO<sup>2</sup>

## RESUMO

A modernização do GNSS (Global Navigation Satellite System) com a inclusão de novas constelações e melhorias nos sistemas já disponíveis tem sido avaliada com grande interesse na última década. A combinação de diferentes constelações de satélites expande as aplicações possíveis, de modo que o termo multi-GNSS apareceu para designar o uso desses múltiplos sistemas de navegação. Nesse tópico, um elemento importante é a qualidade das mensagens de navegação disponibilizadas por cada sistema para determinar as coordenadas dos satélites que serão utilizadas para calcular a posição do usuário. Este artigo analisa a precisão das mensagens de navegação dos arquivos de transmissão mesclados dos três sistemas globais (GPS, Galileo e BeiDou) por seis anos (2015 a 2020) e a influência do deslocamento do centro da fase do satélite na acurácia das efemérides. Efeméride precisa foram utilizadas como referência após a aplicação da correção do centro de fase da antena. A comparação mostrou que para o conjunto de dados apresentado, GPS apresenta uma precisão de 1,86 m, Galileo de 2,12 m e BeiDou de 3,11. Ao aplicar as correções para o deslocamento do centro de fase para cada satélite, todos os sistemas melhoram a precisão das coordenadas obtidas pela mensagem de navegação de 0,13 m para GPS, 1,04 m para Galileo e 0,09 m para BeiDou. Galileo apresentou uma diminuição nos valores de RMSE com o passar dos anos analisados e atualmente tem uma melhor acurácia que o GPS, este resultado mostra as mudanças e melhorias que o sistema vem sofrendo nos últimos anos.

**Palavras-chave:** Efemérides 1. Acurácia 2. GNSS 3.

## 1 INTRODUÇÃO

Determinar a localização de um objeto na superfície terrestre ou próximo a ela é uma atividade fundamental em muitos campos da ciência. Os métodos clássicos para obter a posição eram realizados a partir de bússolas e sextantes entre outros métodos mecânicos auxiliados, sempre, de dados de astronomia de posição. Com o desenvolvimento do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) hoje, as atividades relacionadas ao posicionamento mudaram drasticamente (PLAG; PEARLMAN, 2006). Atualmente, existem quatro GNSSs em operação ou em fase de implementação: GPS (Global Positioning System) dos Estados Unidos da América (EUA); GLONASS (Sistema Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya) da Rússia; Galileo da União Europeia (UE) e BDS (BeiDou Navigation Satellite System) da China.

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), [loram.siqueira@unesp.br](mailto:loram.siqueira@unesp.br)

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), [galera.monico@unesp.br](mailto:galera.monico@unesp.br)

O Departamento de Defesa (DoD) desenvolveu o *Navigation Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR)* GPS para os EUA com o objetivo principal de atender às necessidades militares. Funciona 24 horas por dia em qualquer local e condições climáticas do mundo (LEICK; RAPOPORT; TATARMIKOV, 2014; MONICO, 2008). O GPS consiste em 24 satélites de órbita em média altitude (MEO) em 6 planos orbitais circulares, 4 satélites cada plano e sua orbita possui um raio médio de 20200 km. Os planos são inclinados 55 ° em relação ao equador. O projeto teve início em 1973 e foi declarado operacional com constelação completa em 1995 (SEEBER, 2003).

O Galileo é uma iniciativa da União Europeia, com uma constelação final de 24 satélites (mais 3 sobressalentes). O sistema é relativamente novo quando comparado com o GPS, que surgiu no início dos anos 70, sendo seus conceitos básicos desenvolvidos no final dos anos 90. O Galileo adotou o GST (*Galileo Time System*), a época inicial para o GST é 00:00 em 22 de agosto de 1999 UTC (meia-noite entre 21 e 22 de agosto de 1999). O GST tem um *offset* em relação ao de TAI (*International Atomic Time*) de 19 segundos. O Galileo estabelece sua própria referência terrestre (GTRF – *Galileo Terrestrial Reference Frame*) que está alinhado ao ITRF em relação à origem, escala, orientação e variação, de modo a permanecer dentro de 3 cm (2-sigma) do ITRF. Embora o GTRF seja diferente do referencial de coordenadas do GPS (WGS84), ambos diferem menos do que alguns centímetros em relação ao ITRF, garantindo interoperabilidade para a maioria das aplicações (BEARD; SENIOR, 2017) (BEARD; SENIOR, 2017).

O Sistema de Navegação por Satélite chinês BeiDou (BDS) teve seu desenvolvimento estruturado em uma estratégia de “três etapas”. O sistema de demonstração foi o primeiro passo (BDS-1), seguido pelo sistema regional (BDS-2) e o sistema global (BDS-3) (YANG; TANG; MONTENBRUCK, 2017). O desenvolvimento do BeiDou-1 começou em 1994 e a suas operações iniciaram em 2000, apresentando os três satélites GEO que compõem o sistema de navegação regional em 2003, sendo esses o resultado de pesquisas iniciadas em 1980. O sistema completo inclui 6 satélites geoestacionários, 10 geosíncronos e 27 MEO. A referência de tempo é o BeiDou Time (BDT). O BDT é uma escala de tempo de navegação contínua, é representado pelo número da semana BeiDou e segundos da semana (SoW), variando de 0 a 604.799. A origem do BDT é 1º de janeiro de 2006 (domingo) UTC e está alinhado ao TAI, exceto por um *offset* de 33 segundos (YANG; TANG; MONTENBRUCK, 2017). O sistema de referência do BeiDou está conectado ao Sistema de Coordenadas Geodésicas da China 2000 (CGCS2000), que está alinhado ao ITRS. CGCS2000 é realizado a partir do *China*



### *Terrestrial Reference Frame (CTRF).*

Um elemento importante para todo sistema de navegação são as efemérides transmitidas, que permitirão ao usuário calcular a posição e a velocidade dos satélites na constelação. A precisão das efemérides também influenciará a qualidade do processo de posicionamento do ponto, pois as coordenadas adquiridas dos elementos keplerianos ou cartesianos serão incluídas como informações durante o processo de ajustamento. Por exemplo, segundo o IGS, a precisão das coordenadas obtidas nas efemérides transmitidas por GPS é da ordem de 1 metro (LEICK; RAPOPORT; TATARMIKOV, 2014). Para o GNSS, a aplicabilidade efemérides transmitidas ganha um novo papel, pois os diferentes sistemas são desenvolvidos separadamente, conforme apresentado anteriormente, e possuem diferentes níveis de qualidade para seus dados de navegação. Os primeiros estudos mostraram que para efemérides Galileo, o RMSE (raiz do erro quadrático médio) obtido em comparação com os produtos precisos finais é de cerca de 4 metros (STEIGENBERGER *et al.*, 2015), valores esses, discrepante com a qualidade das coordenadas GPS. Para os outros dois sistemas (BeiDou e GLONASS) o número de estudos sobre a qualidade de suas efemérides é menor; Statella *et al.* (2013) mostraram que para GLONASS o RMSE tridimensional é de 6,53 m Montenbruck e Steigenberger (2013) apresentaram um RMSE 3D melhor que 3 m para os satélites MEO / IGSO BeiDou. Seguindo a ideia da importância das efemérides transmitidas, neste artigo, foram apresentadas as análises da influência da correção entre o centro de massa (CoM), aonde as coordenadas precisas são determinadas, e o centro de fase (CoP), local onde as efemérides transmitidas são referenciadas. Analisou-se também o estabelecimento dos novos sistemas e a melhoria temporal na qualidade de suas efemérides transmitidas entre os anos de 2015 a 2020. Foram analisados somente os sistemas que requerem essa correção (GPS, Galileo e BeiDou). O artigo é estruturado da seguinte forma: apresentação dos modelos de efemérides, elementos Keplerianos transmitidos, metodologia, resultados e conclusões.

## **2 MODELOS DE EFEMÉRIDES**

Os satélites GNSS transmitem as mensagens de navegação usadas para calcular as coordenadas do satélite. No caso dos satélites GPS, Galileo e BeiDou, as informações são transmitidas através dos elementos Keplerianos em primeira aproximação, e as perturbações são tratadas como variações temporais nos elementos orbitais (MONICO, 2008; SEEBER, 2003).

Para os elementos Keplerianos, a posição e a velocidade da espaçonave podem



ser calculadas a partir dos parâmetros orbitais dados em qualquer época desejada no intervalo em que a mensagem é válida. Para GPS, a mensagem de navegação é transmitida como LNAV (*Legacy Navigation Message*). Além do LNAV, quatro novas mensagens adicionais foram introduzidas pela modernização do GPS: L2-CNAV (Mensagem de Navegação Civil), CNAV-2, L5-CNAV e MNAV (Mensagem de Navegação Militar). O L2-CNAV, L5-CNAV e MNAV têm uma estrutura semelhante, porém permitem mais flexibilidade, melhor controle e conteúdo aprimorado. Além disso, o MNAV inclui novas melhorias para a segurança e robustez da mensagem militar. O CNAV-2 será modulado L1C, compartilhando a mesma banda da mensagem de navegação. Para alcançar uma maior precisão, os desvios do semieixo maior e o movimento médio são, ainda, considerados no CNAV. Além disso, o CNAV fornece o deslocamento do desvio nodal de um valor de referência em vez do valor total para obter maior precisão com um número menor de bits de dados. (HUGENTOBLE; MONTENBRUCK, 2017)

Os satélites Galileo podem transmitir duas mensagens de navegação diferentes: A Mensagem de Navegação de acesso Livre (FNAV) e a Mensagem de Navegação de Integridade (INAV). As mensagens INAV são em serviços SoL (*Safety-of-life*). As estruturas de mensagem INAV são transmitidas nas bandas de frequência E5b (1207,14 MHz) e E1 (1575,42 MHz). O FNAV é utilizada no serviço aberto (OS) e é transmitida na banda de frequência E5a (1176,45 MHz).

Todos os elementos orbitais e parâmetros em uma mensagem de navegação de transmissão referem-se a uma origem, chamada de tempo das efemérides ( $t_{oe}$ ). O intervalo de aplicabilidade para cada tipo de mensagem é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Intervalo de aplicabilidade de efemérides transmitidas

Constelação	Type	From	To
GPS	LNAV	$t_{oe} - 120min$	$t_{oe}$
	CNAV	$t_{oe} - 90min$	$t_{oe} + 30min$
Galileo	INAV/FNAV	$\approx t_{oe} + 10min$	$\approx t_{oe} + 180min$
BeiDou		$t_{oe} - 30min$	$t_{oe} + 30min$

Fonte: HUGENTOBLE; MONTENBRUCK (2017)

A lista dos parâmetros transmitidos, assim como sua posição dentro do bloco de mensagens podem ser encontrados em Monico (2008).

## 2.1 Offset entre o CoP e o CoM e sistema de referência do satélite

Para comparar as coordenadas finais do satélite com aquelas adquiridas das efemérides transmitidas, é necessário corrigir a separação entre o CoM, onde as coordenadas precisas são determinadas, e o CoP, onde as coordenadas obtidas a partir

das efemérides transmitidas estão. É necessário o vetor do centro de fase para monitorar a orientação do satélite enquanto ele percorre sua órbita a Terra. A correção será feita em um referencial corpo-fixo (KOUBA, 2009).

O referencial de corpo-fixo descreve a orientação do satélite no espaço ( $\mathcal{R}_{BF}$ ) e está vinculado à estrutura mecânica do satélite que permite a especificação da posição da antena em relação ao CoM. Os eixos do corpo da espaçonave fornecem a escolha natural para a definição da estrutura corpo-fixo. As convenções IGS para o eixo referencial foram apresentadas por Montenbruck et al. (2015). As convenções são baseadas na atribuição de quadros para o Bloco II / IIA do GPS (PENINA; LISA, 2003). Os valores do deslocamento podem ser obtidos no IGS Antenna Exchange Format (ANTEX) (MONTENBRUCK; STEIGENBERGER; HAUSCHILD, 2018).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo avaliar a acurácia das efemérides transmitidas e a influência das correções do offset do centro de fase (PCO) nas coordenadas calculadas. Foram analisados três sistemas (GPS, Galileo e BeiDou) por seis anos (2015, 2016, 2017, 2018 e 2020). Para processar os dados, scripts foram desenvolvidos em Python 3.8, os dados usados foram os arquivos de diários mesclados de efemérides transmitidas disponibilizados pelo *Crustal Dynamics Data Information System* (CDDIS).

A partir dos dados de navegação, um processo de filtragem foi realizado para excluir satélites considerados *unhealthy*. Com os satélites restantes, uma segunda filtragem foi realizada para excluir efemérides duplicadas para o mesmo tempo de origem. Foram adquiridos as coordenadas e velocidades. Para 2015, 2016, 2017 e 2018 as coordenadas foram obtidas a cada 15 minutos, para 2019 e 2020 a cada 5 minutos. Esses intervalos foram escolhidos para coincidir com os dados disponíveis de efemérides precisas.

As coordenadas e velocidades foram então transformadas para o sistema local (*radial*, *along-track* e *cross-track*) para calcular as diferenças entre as coordenadas precisas e as obtidas por efemérides transmitidas. Em seguida, as coordenadas finais foram transformadas no sistema de corpo fixo IGS (MONTENBRUCK, O et al., 2015) e as correções, do arquivo igs antex 2014, foram aplicadas para cada satélite para mover as coordenadas do CoM para o CoP. A partir desses resultados, calculamos a raiz do erro quadrático médio (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O}_i)^2} \quad (1)$$

Os valores  $O_i$  são as coordenadas de referência, obtidos das efemérides precisas, enquanto os valores  $\hat{O}_i$  são as coordenadas calculadas a partir das efemérides transmitidas. O GPS teve um RMSE 3D menor que 2 metros em todos os seis anos. A componente *along-track* apresentou valores maiores em relação as outras duas componentes. Os resultados de RMSE mostraram estabilidade ao longo dos anos, e a correção entre CoP e CoM teve maior impacto no componente radial. O RMSE com as correções de PCO foi menor em todos os seis anos

Já o Galileo apresentou variação ao longo dos anos, diminuindo seu RMSE em todos os componentes e apresentando uma diferença mais significativa quando o PCO foi aplicado. Em 2015, o RMSE 3D era de quase 8 metros sem e 5 metros com correções e 1,2 metros e 0,4 metros em 2020, respectivamente. A componente *along-track* apresentou os maiores erros até 2017, após, a componente radial passou a ser a maior fonte de erro nas coordenadas do satélite. Os resultados do Galileo mostram porque o componente temporal é importante nas análises da precisão da mensagem de navegação.

O BeiDou teve alguns resultados discrepantes para 2015 e 2020, quando corrigido o RMSE final foi maior do que sem correção. Para os outros anos, as correções PCO diminuíram os valores em alguns centímetros. No geral, as efemérides transmitidas para BeiDou tiveram um RMSE 3D da ordem de 3 metros.

Foi realizada uma análise satélite a satélite para verificar a qualidade individual. A Figura 2 mostra os resultados do RMSE 3D para cada satélite de cada sistema durante todos os seis anos. Para BeiDou, os satélites mostrados são aqueles disponíveis no arquivo de efemérides precisas (MEO). No geral, o BeiDou não apresentou discrepâncias entre os satélites e os resultados com e sem correção de PCO tiveram pequenas diferenças (alguns centímetros) para melhor (C06, C07, C09, C10, C11, C12, C13, C14 e C16) e pior (C08). Para todos os satélites, o Galileo melhorou seu RMSE ao aplicar a correção de deslocamento do centro de fase. E11, E12 e E19 tiveram o maior RMSE, porém também são os satélites mais antigos da constelação. Para os satélites GPS, os resultados foram consistentes, com exceção do G04. G04 foi analisado até 2019; depois dessa data ele foi substituído pelo primeiro satélite do bloco III e seus dados não foram considerados nessa pesquisa. Alguns satélites tiveram um RMSE pior ao aplicar as correções PCO (G02, G03, G05, G07, G12, G17, G19, G22, G23 e G31).

Figura 1 – RMSE por ano para cada sistema analisado no sistema de referência local do satélite (*along-track*, *cross-track* e radial)

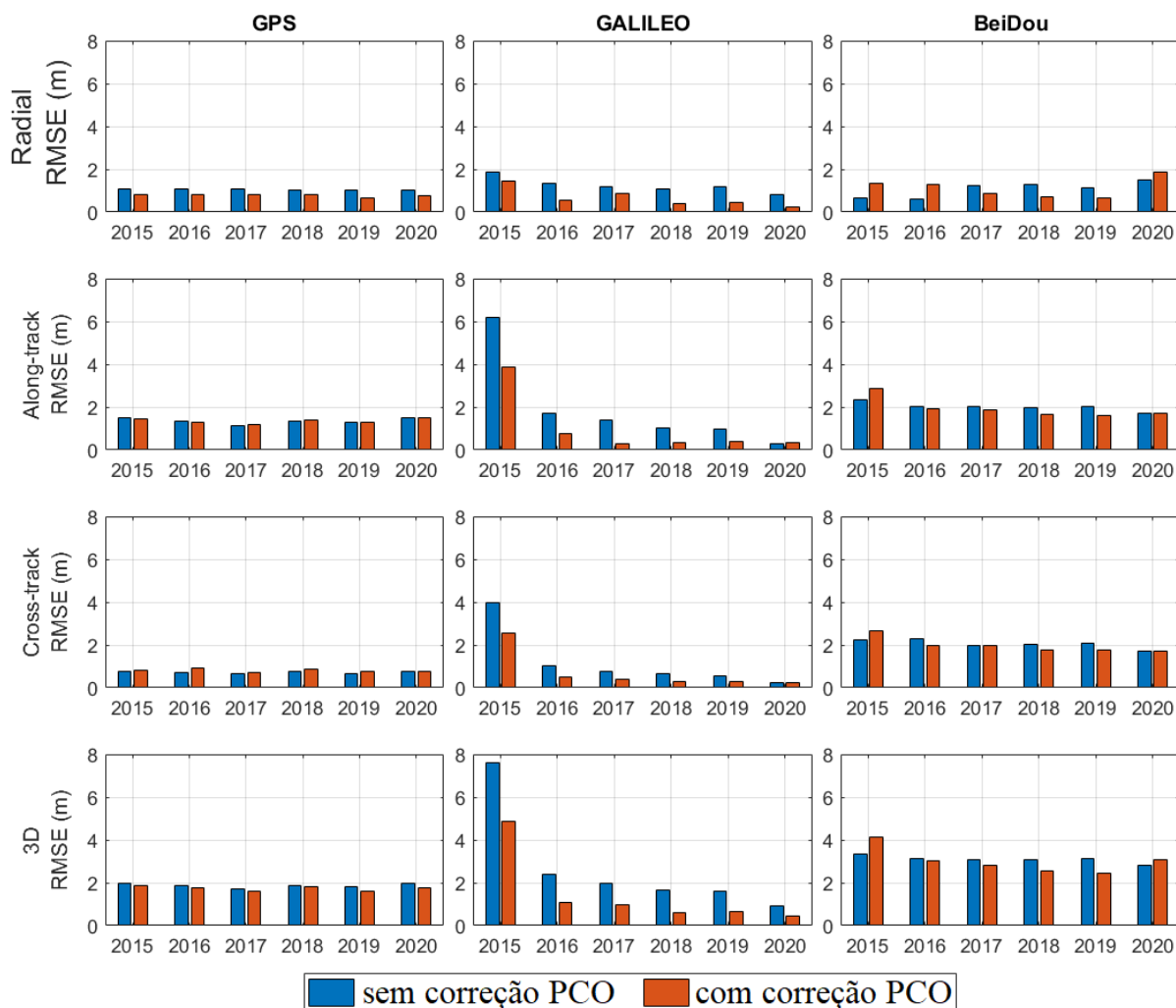
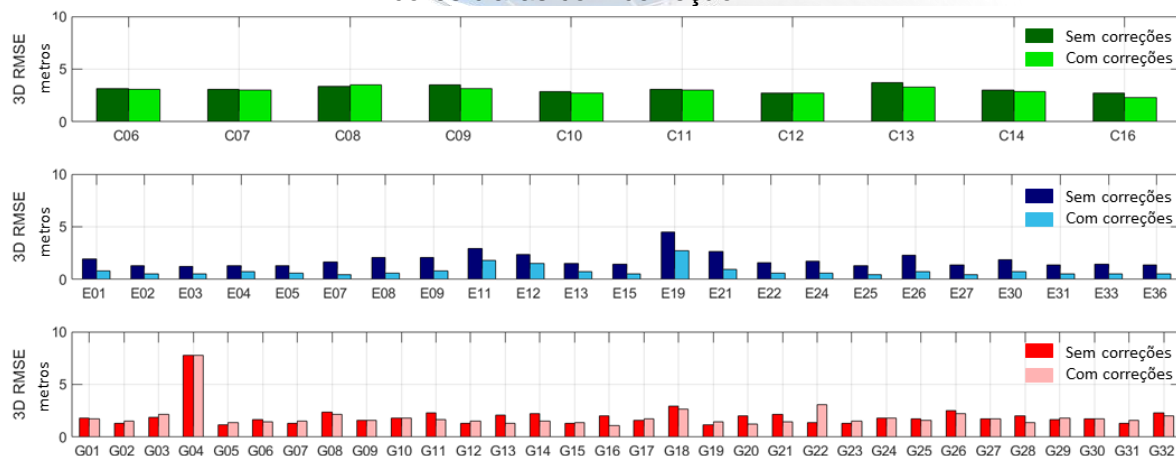


Figure 5 – RMSE por satélites utilizando todos os 6 anos de dados para cada satélite no sistema de referência local. Cores escuras indicam valores sem correção do PCO e cores claras com correção





A Tabela 1 mostra os resultados do RMSE para os seis anos. Comparou-se os resultados com e sem correção de PCO para BeiDou, Galileo e GPS. Para as análises de seis anos, a maioria dos componentes dos sistemas teve uma melhoria ao aplicar as correções, exceto o cross-track GPS.

Table 2 – Diferença entre o RMSE 3D sem correções PCO e com correções

System	Radial Difference (m)	Along-track Difference (m)	Cross-track Difference (m)	3D Difference (m)
GPS	0.29	0.02	-0.10	0.13
Galileo	0.63	0.75	0.42	1.04
BeiDou	0.06	0.08	0.08	0.09

#### 4 CONCLUSÕES

A modernização do GNSS com a inclusão do BDS e do Galileo na última década melhorou a qualidade e confiabilidade da aplicação nas atividades de navegação e cronometragem. O Galileo, especificamente, tem crescido rapidamente e está quase totalmente operacional. A integração entre os sistemas, entretanto, ainda precisa ser totalmente entendida. Cada GNSS tem sua realização, sistema de tempo, sistema de referência e uma estrutura diferente para seus satélites.

Estudos anteriores foram feitos sobre a precisão das efemérides transmitidas (Warren, 2002; Montenbruck et al., 2014; Maciuk, 2016). No entanto, um período de análise mais longo foi usado para acessar a variação temporal e avaliar sua mudança ao longo dos anos. As coordenadas do satélite foram determinadas usando os métodos indicados em cada ICD (*interface control document*), respectivamente.

Outros autores avaliaram a acurácia das efemérides, mas em sua maiorias, os estudos não mencionaram as correções necessária entre o centro de fase, onde são calculadas as coordenadas a partir das efemérides transmitidas, e o centro de massa, onde são determinadas as efemérides finais. Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar a influência da correção do PCO na precisão final ao usar um conjunto de dados de seis anos para cada sistema.

Os resultados gerais mostram que os sistemas não apresentam a mesma qualidade em sua mensagem de navegação. Durante os seis anos, o Galileo teve o menor RMSE (com correção) de 1,08 m, seguido pelo GPS (1,73 m) e depois pelo BeiDou (3,02 m). Alguns satélites tiveram um valor pior do RMSE 3D ao aplicar a correção, mas no geral, a qualidade dos sistemas melhorou. Algumas considerações

podem ser feitas: As variações do BeiDou em 2015 e 2020 podem ser devidas ao fato de que o sistema pode aceitar dois modelos de atitude (*yaw* e órbita-normal). O modelo de atitude usado dependerá do ângulo de elevação do sol. A atitude normal da órbita é usada quando o ângulo é menor que 4 °, mas não foi considerada nesta pesquisa. Para o GPS, os piores resultados no *cross-track* podem ser devido à transformação entre os sistemas de referência para aplicar as correções. Mais análises são necessárias para compreender completamente o processo de transformação para o sistema de corpo fixo e determinar sua qualidade e resíduos.

Embora não seja mencionado em vários estudos, a correção entre CoM e CoP na comparação e no uso das efemérides é altamente recomendada. Neste estudo, todos os sistemas tiveram uma melhoria quando tais correções foram aplicadas.

## REFERÊNCIAS

BEARD, R; SENIOR, K. Clocks. *In*: TEUNISSEN, Peter J.G.; MONTENBRUCK, Oliver (eds.). **Spring Handbook of Global Navigation Satellite System**. [S. l.]: Spring, 2017. p. 121–164.

HUGENTOBLE, Urs; MONTENBRUCK, Oliver. Satellite Orbits and Attitude. *In*: TEUNISSEN, Peter J.G.; MONTENBRUCK, Oliver (eds.). **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. 1st ed. [S. l.]: Springer, 2017. p. 59–90.

KOUBA, Jan. A GUIDE TO USING INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) PRODUCTS. 2009. Available at: <http://acc.igs.org/UsingIGSProductsVer21.pdf>. Accessed on: 6 Jun. 2018.

LEICK, Alfred; RAPOPORT, Lev; TATARMIKOV, Dmitry. **GPS SATELLITE SURVEYING**. 4th ed. [S. l.: s. n.], 2014.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS**. 2nd ed. São Paulo - SP: Editora Unesp, 2008.

MONTENBRUCK, Oliver; STEIGENBERGER, Peter. The BeiDou Navigation Message. **Journal of Global Positioning Systems**, vol. 12, no. 1, p. 1–12, 2013. <https://doi.org/10.5081/jgps.12.1.1>.

MONTENBRUCK, Oliver; STEIGENBERGER, Peter; HAUSCHILD, André. Multi-GNSS signal-in-space range error assessment – Methodology and results. **Advances in Space Research**, vol. in press, p. 20, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.03.041>.

PENINA, Axelrad; LISA, Reeh. GPS Modeling Summary and Analysis GPS Satellite Predictions Axial Ratio of Research : 2003. .

SEEBER, Günter. **Satellite geodesy : foundations, methods, and applications**. New York: Walter de Gruyter, 2003.

STATELLA, Thiago; AGUIAR, Claudinei R; MONICO, João F G; NOGUEIRA, José R. Cálculo dos vetores de posição e velocidade dos satélites GLONASS a partir das efemérides transmitidas e aspectos relacionados à sua integração com o GPS. vol. 40, no. 2, p. 1–7, 2013.

STEIGENBERGER, Peter; HUGENTOBLE, Urs; LOYER, Sylvain; PEROSANZ, Felix; PRANGE, Lars; DACH, Rolf; UHLEMANN, Maik; GENDT, Gerd; MONTENBRUCK, Oliver. Galileo orbit and clock quality of the IGS Multi-GNSS Experiment. **Advances in Space Research**, vol. 55, p. 269–281, 2015. DOI 10.1016/j.asr.2014.06.030. Available at: [https://ac.els-cdn.com/S0273117714004104/1-s2.0-S0273117714004104-main.pdf?\\_tid=509d6766-8e16-407a-84c7-b9d2d895e5bd&acdnat=1528224152\\_16958b6948ff03f078149be08bd9178d](https://ac.els-cdn.com/S0273117714004104/1-s2.0-S0273117714004104-main.pdf?_tid=509d6766-8e16-407a-84c7-b9d2d895e5bd&acdnat=1528224152_16958b6948ff03f078149be08bd9178d). Accessed on: 5 Jun. 2018.

YANG, Yuanxi; TANG, Jing; MONTENBRUCK, Oliver. Chinese Navigation Satellite Systems. **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 273–304. DOI 10.1007/978-3-319-42928-1\_10. Available at: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-42928-1\\_10](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-42928-1_10).



# CONVERSÃO DE DADOS EM FORMATO CAD PARA BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS CONFORME ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS DA SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO – ET-EDGV/SPU: COMPARAÇÃO DE PROCESSOS

ISMAEL FIUZA RAMOS<sup>1</sup>; FILIPE SOARES DA SILVA<sup>2</sup>; ELMO BISPO DE OLIVEIRA<sup>3</sup>;

FABÍOLA ANDRADE SOUZA<sup>4</sup>; FABIANO PEIXOTO FREIMAN<sup>5</sup>;  
JÉSSICA CARVALHO VIANNA CÓ<sup>6</sup>

## RESUMO

Este trabalho compara dois processos utilizados na definição da metodologia de conversão de dados vetoriais a partir de formato CAD para um banco de dados geográficos conforme a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais da Secretaria do Patrimônio da União (ET-EDGV/SPU). O primeiro processo considerado “manual” utiliza diferentes ferramentas de softwares CAD e SIG no processo de conversão, sendo dependente das ações executadas pelo técnico responsável. O segundo, utiliza uma ferramenta de *Extract-Transform-Load* (ETL) no intuito de automatizar a conversão e tratamento dos dados. A partir da aplicação de ambos na conversão completa da carta denominada Trecho Forte São Diogo/Farol da Barra, localizada no município de Salvador/Bahia, conclui-se que a utilização de uma ferramenta ETL é bastante útil ao processo, especialmente no controle do conjunto de dados e na redução do tempo, embora ainda haja necessidade de execução de tarefas “manuais” por parte do técnico.

**Palavras-chave:** ET-EDGV, CAD, Banco de dados Geográficos, ETL, Conversão vetorial.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o portfólio cartográfico da Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU) é armazenado em meios analógico (plantas, mapas e cartas cadastrais impressos) e digital (cartas em formato *Computer Aided Design* - CAD) de forma descentralizada em suas diversas superintendências estaduais, fator que limita a disseminação dos dados cartográficos à sociedade. Para solucionar esta

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, [ismael.ramos@economia.gov.br](mailto:ismael.ramos@economia.gov.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, [filipe.soares@economia.gov.br](mailto:filipe.soares@economia.gov.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia, [elmo.oliveira@economia.gov.br](mailto:elmo.oliveira@economia.gov.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal da Bahia, [fabiola.souza@economia.gov.br](mailto:fabiola.souza@economia.gov.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal da Bahia, [fabiano.freiman@economia.gov.br](mailto:fabiano.freiman@economia.gov.br)

<sup>6</sup> Universidade Federal da Bahia, [jessica.co@economia.gov.br](mailto:jessica.co@economia.gov.br)



limitação, a SPU criou a Infraestrutura de Dados Espaciais da SPU (IDE/SPU) de forma a aderir às normas e padrões estabelecidos pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), garantindo compartilhamento, interoperabilidade e disseminação de dados, conforme definido pela

Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais 3.0 (CONCAR, 2017).

Para adequação às normas estabelecidas pela INDE, a SPU desenvolveu Especificações Técnicas para Estruturação (ET-EDGV/SPU) e Aquisição (ET-ADGV/SPU) de Dados Geoespaciais Vetoriais, ambas na versão 3.0, que estabelecem o padrão das estruturas de dados vetoriais (pequenas e grandes escalas) e temáticos do patrimônio imobiliário público federal, e almeja futuramente viabilizar o compartilhamento e a interoperabilidade de dados, bem como a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de informações cartográficas (SPU, 2020).

Neste contexto, o primeiro desafio consiste na alimentação da IDE/SPU com dados derivados de produtos analógicos e digitais (em formato CAD), os quais não refletem adequadamente as normas e especificações técnicas para serem disponibilizados diretamente no Banco de Dados Geográficos (BDG) desenvolvido pela instituição, fator que insere a necessidade de convertê-los, padronizá-los e adequá-los ao Sistema de Informação Geográfica (SIG).

No que tange os dados digitais em formato CAD, um dos problemas é trabalhar com um sistema de coordenadas métricas, sendo limitado quando analisadas as necessidades de um SIG, como sistemas de referência, sejam eles projetados ou não, assegurando o posicionamento dos objetos geográficos em uma única base evitando problemas como os de diferença de fuso, quando utilizada projeção UTM. Além disso, um aspecto importante é a análise da consistência topológica (vizinhança, proximidade, pertinência) dos dados e integridade espacial das feições que compõem a base cartográfica conforme exigências da ET-EDGV/SPU, em que dados CAD não são prontamente utilizáveis e requer a sua conversão para posterior carregamento de dados no BDG. Sem o armazenamento da topologia possibilitado pelo SIG, não seria possível o desenvolvimento de consultas a um BDG (CÂMARA & ORTIZ, 1998).

Para convertê-los é necessário aplicar um conjunto de ações encadeadas, entretanto, as bases de dados geoespaciais são extensas e complexas e estão associadas a processos de conversão repetitivos e morosos que, quando manuais, são suscetíveis a erros grosseiros e, em consequência, inserem retrabalhos. O método ETL

(*Extract-Transform-Load*) foi a solução encontrada para auxiliar na conversão de dados CAD para SIG, de forma automatizada, minimizando tempo de trabalho, custos do processo e erros.

O ETL é um processo que extrai dados de um sistema de Bases de Dados para outro, depois de serem processados e modificados. Divide-se em três fases - extração, transformações e carga – as quais têm o objetivo de extrair, integrar e transformar os dados oriundos de várias fontes de informação de acordo com as restrições do BDG ao qual os dados serão enfim carregados (FERREIRA et.al., 2010; CORNEJO et. al., 2014).

Diante do exposto, objetiva-se analisar as funcionalidades de uma aplicação ETL no processo de conversão automática de dados CAD diretamente para BDG, comparando com o processo manualmente executado, considerando os aspectos da ET-EDGV/SPU.

## 2 METODOLOGIA

Para realizar a comparação de dois processos distintos visando determinar uma metodologia única de conversão para todas as bases em formato CAD disponíveis, foi utilizada a carta do Trecho Forte São Diogo/Farol da Barra, localizada no município de Salvador-Bahia, originalmente em formato CAD (.dgn), numa escala de 1:2.000 (Figura 1).

Em geral, tanto este documento cartográfico quanto inúmeros outros similares possuem erros topológicos sistemáticos e assistemáticos, além de não terem padronização na representação dos objetos. A causa disso pode ser explicada pela ausência de um instrumento de especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ADGV) que norteasse a forma de adquiri-los e organizá-los naquela época.

Para estabelecimento de uma metodologia de conversão dos dados em formato CAD para o modelo ET-EDGV/SPU em BDG, dois processos foram testados, um com procedimentos manuais em software SIG (QGIS) e outro com processos mais automatizados, utilizando o software de ETL: *Feature Manipulation Engine* (FME).

Figura 1 - Carta do Trecho Forte São Diogo/Farol da Barra – CAD sobre ortofoto.

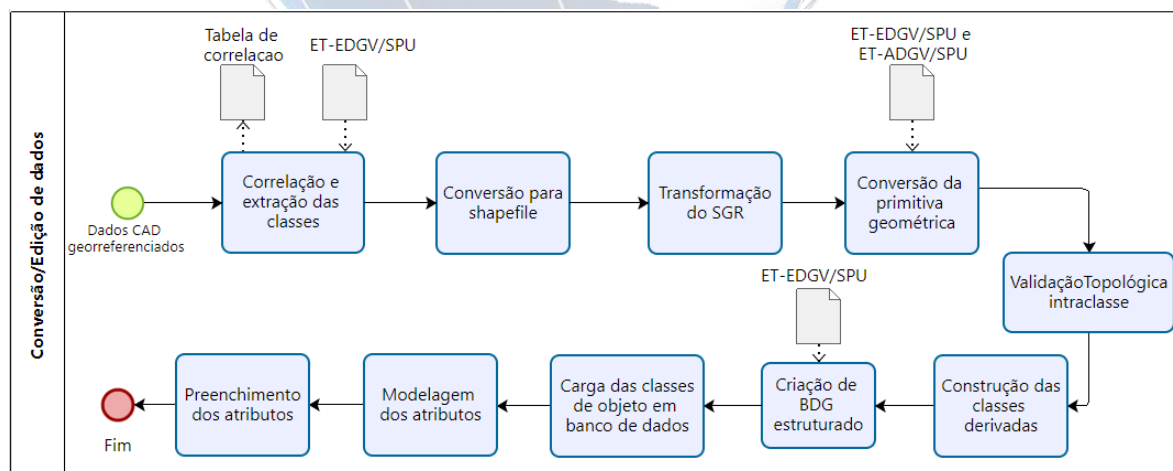


Fonte: Os autores (2021). Ortofoto PMS/SEFAZ 2017.

## 2.1 Processo manual de conversão de dados

O processo manual, primeiro procedimento adotado, foi executado seguindo a ordem das etapas do fluxo metodológico ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxo de conversão do Processo Manual



Fonte: Os Autores (2020)



A execução das etapas foi realizada em ambiente CAD (AUTOCAD 2020 versão estudantil), SIG (QGIS 3.16) e PostgreSQL 12/PostGIS 3.0. A primeira etapa consiste na “Extração das classes de objetos” do arquivo vetorial em formato CAD por meio da identificação dos objetos e a correlação das camadas às classes da ET-EDGV/SPU.

Os dados vetoriais em formato CAD são constituídos por camadas para organizar e agrupar diferentes tipos de informações da carta por função ou finalidade. Desta forma, é possível ocultar feições que não se deseja visualizar, reduzindo a complexidade visual e facilitando a identificação dos objetos presentes na carta (Autodesk Help, 2018).

Cada camada pode ser denominada por um nome ou número. Quando são nomeados, geralmente, relacionam-se ao tema que foi mapeado, como: poste, edificação, ruas, vegetação. Contudo, quando são numerados, necessita-se utilizar outros elementos da carta ou artifícios (legenda, interpretação visual do objeto, sobreposição da camada a uma imagem e análise dos relacionamentos topológicos entre as feições que compõem o conjunto de dados) para identificar qual classe de objeto é representada.

Porém, entender a semântica dos objetos na camada analisada não é suficiente. É necessário correlacioná-los à classe de objeto a qual pertence, de acordo com a conceituação apresentada pela ET-EDGV/SPU. Para facilitar a identificação das classes, foi elaborada planilha que liste o número da camada em CAD e o correlacione com a sua respectiva classe de objeto representada, conforme exemplo ilustrado na Tabela 1 (a numeração da camada no CAD e a sua correspondência às classes de objeto será variável de acordo com cada coleção de produtos cartográficos).

Depois de extraídas, as classes foram convertidas para o formato *shapefile*, transformadas do Sistema Geodésico de Referência (SGR) *South American Datum* (SAD 69) para o SGR para as Américas (SIRGAS 2000), e tiveram sua primitiva geométrica corrigida de acordo com a ET-EDGV/SPU por meio do QGIS - por exemplo, objetos na primitiva geométrica do tipo linha foram convertidos para polígono. É também nessa etapa que inconsistências que necessitam de edição foram corrigidas de forma manual da área dos terrenos cadastrais (originalmente como linhas parciais).

Após as correções, os dados passaram por Validações Topológicas Intraclasse e EntreClasses. Na primeira os dados são submetidos à verificação topológica entre eles mesmos, respeitando regras básicas como: não deve sobrepor, não deve ter duplicados, não deve ter geometrias inválidas, não devem ter lacunas, entre outros. Já



na segunda, a verificação é realizada entre diferentes classes, para que fiquem topologicamente consistidos, respeitando as regras de relacionamento entre os objetos e de ordenamento dos atributos estipuladas na ET-EDGV/SPU.

Tabela 1 – Exemplo de correlação das camadas CAD às classes de objeto ET-EDGV/SPU

CLASSE DE OBJETO	CAMADA NO CAD
Trecho_rodoviario_L	4
Estrut_apoio_transporte_L	7
Trecho_arruamento_L	8
Edificação_A	10
Trecho_Drenagem	21
Canal_vala_L	22
Massa D'água	23
Terreno_sujeito_inundação	24
Terreno_exposto	26
Linha_costa	27
Curva_nivel	33 (mestra) e 34 (intermediária)
Ponto cotado altimétrico	35
Trecho_Lpm	60
Trecho Ltm	62
Vegetação	25, 29, 30 e 31

Elaboração: Os autores (2020)

A ET-EDGV/SPU também prevê a criação de algumas classes temáticas que são derivadas de outras já mapeadas e topologicamente consistidas, como: Faixa\_dominio, Limite\_mar\_territorial, Trecho\_Terreno\_Acrescido\_Marinha, Trecho\_terreno\_marinha, Mar\_Territorial. Esta ação é executada na sequência após as validações topológicas dos dados de referência, para permitir criação das camadas derivadas sem erros.

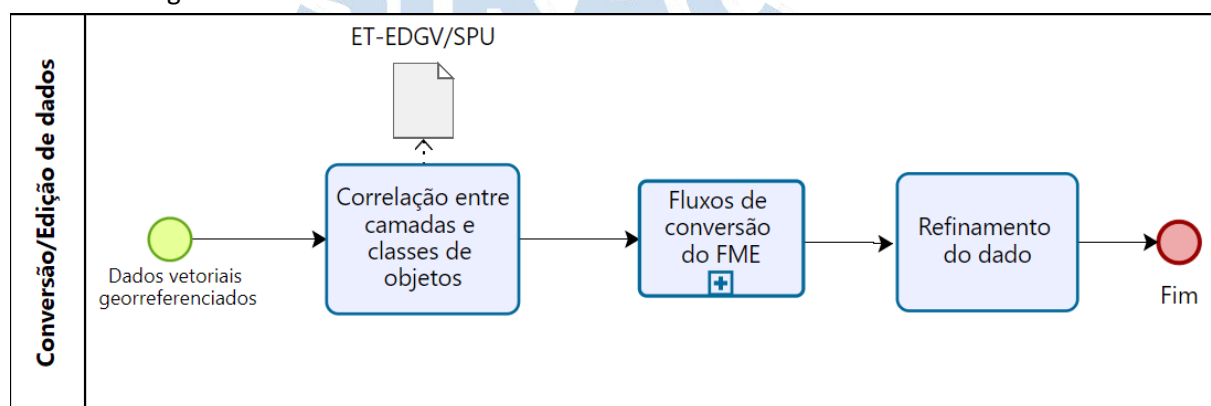
Após conversão, tratamento e criação de classes temáticas, foi criado BDG estruturado conforme ET-EDGV/SPU para carregamento dos dados em banco PostgreSQL/PostGIS, inicialmente em tabelas temporárias, para posterior preenchimento dos atributos através de conexão do banco com o QGIS. Depois de estruturados, os objetos das tabelas temporárias foram inseridos em tabelas definitivas do BDG.

Todas as etapas executadas neste processo de conversão foram consideradas “manuais”, uma vez que o responsável pela execução deveria acionar as ferramentas pertinentes a cada ação no *software*, muitas vezes com análise visual sobre os mesmos.

## 2.2 Processo automatizado de conversão de dados

O processo automatizado é composto pelas etapas apresentadas na Figura 2, entretanto inseridas no fluxo do FME, conforme Figura 3.

Figura 3: Fluxo de conversão do Processo automatizado de conversão



Elaboração: Os autores (2021)

Ao comparar o fluxo dos dois processos de conversão apresentados percebe-se que a principal diferença é a utilização de ferramenta baseada no método ETL - *software* FME, uma aplicação capaz de se comunicar com diversos formatos e bancos de dados.

Os dados são adquiridos por rotinas de extração, que oferecem informações referentes aos originais, para depois passarem para o processo de transformação, correspondente aos procedimentos de limpeza, filtragem, integração e redefinição. Estas ações não incidem sobre os dados originais, e sim, no que vai ser carregado no BDG. No momento da carga ocorrem os mapeamentos sintáticos e semânticos entre os diferentes esquemas, levando em conta as restrições de integridade com a finalidade de padronizar os dados das diferentes fontes (FERREIRA *et. al.*, 2010).

As ferramentas de transformação desta aplicação automatizaram o processo de conversão através de fluxos que foram criados previamente para o processamento de dados espaciais em cadeia. Nos fluxos elaborados, diversas etapas do processo de conversão manual foram executadas de forma automatizada e encadeada, como:

transformador de SGR, conversor de primitiva geométrica, validações topológicas pertinentes e edição dos dados. Outras ferramentas específicas do FME também foram utilizadas, como os filtros por tipo de geometria ou por atributo (para separar e selecionar as geometrias desejadas ou não previstas na ET-EDGV/SPU).

A escolha de quais ferramentas inserir nos fluxos variou conforme a necessidade de ajuste em cada dado, haja vista a ocorrência de erros assistemáticos nas cartas, e em virtude das diferentes primitivas geométricas. Por conta do tratamento diferenciado exigido por cada primitiva, foram criados quatro fluxos para conversão no intuito de recomendar as ferramentas para cada caso – ponto, linha, área e texto (convertido para primitiva do tipo ponto) - como no exemplo da Figura 4.

Como o processo de conversão é realizado por classe de objeto, primeiramente, correlacionou-se as camadas do CAD e as classes da ET-EDGV/SPU, materializada como uma planilha semelhante à da Tabela 1. Posteriormente, as camadas foram inseridas no fluxo de ferramentas por meio das rotinas de extração para serem filtradas, tratadas, editadas e convertidas. O próximo passo foi a carga em BDG já estruturado conforme classe de objetos, porém como uma tabela temporária (temp\_nome\_da\_classe\_de\_objeto).

Com os dados implementados em banco, as próximas etapas consistiram no refinamento dos mesmos, por meio de ferramentas do QGIS, com o objetivo de realizar as etapas que não foram possíveis de serem executadas de forma satisfatória nos fluxos do FME. Por isso, após o FME, as classes passaram por etapas semelhantes ao processo de conversão manual para, por fim, serem inseridas em tabelas definitivas do BDG.

Figura 4 - Exemplo de fluxo de conversão da primitiva ponto.



Fonte: Os Autores (2021)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de possibilitar a comparação entre os dois processos estabelecidos, a carta TrechoForte São Diogo/Farol da Barra passou por ambos para conversão. Com isso, foi possível perceber que, ao analisar estes processos, a principal característica que os diferencia é a utilização do método ETL para automatização de conversão.

Contudo, esta diferença altera todo o caminho de edição e tratamento dos dados. No processo manual, os dados são convertidos do formato CAD para *shapefile* e, posteriormente, inseridos em BDG. No processo automatizado, os dados são convertidos diretamente do CAD, passando pelo fluxo FME, para o BDG. Desta forma, evita-se perda de informações ao garantir maior controle do dado, por exemplo: quantificação do número de feições no fluxo, minimização de inconsistências, reconhecimento de diversos tipos de primitiva geométrica. Obtém-se, desta maneira, segurança e integridade pós conversão pelo FME ao tratá-lo por meio do QGIS conectado ao BDG ao invés da utilização de arquivo *shapefile*, que é mais vulnerável e limitado, conforme argumentação de Cepicky (2017).

Outra diferença notada foi a otimização do tempo necessário para a execução de toda a atividade ao utilizar o processo automatizado pelo método ETL. No primeiro processo, grande parte das tarefas são realizadas a partir de verificação visual e de forma manual, como: realocação de objetos na camada correspondente, retirada de objetos não previstos pela ET-EDGV/SPU, conversão da primitiva geométrica do tipo arco (reconhecida no QGIS como pequenos segmentos de reta) para linha, que delongam muito tempo, e muitas vezes retrabalho por conta de falhas humanas. Por meio do fluxo automatizado, utilizou-se filtros em atributos do próprio arquivo em CAD que permitem a seleção e execução destes objetos em lote.

Ademais, o processo com uso de uma ferramenta ETL facilita a sistematização das funções a serem utilizadas na conversão. Embora os fluxos elaborados no FME não sejam rígidos e não precisem ser seguidos fidedignamente por conta de erros assistemáticos, ao menos, a sequência das atividades pelas quais o dado passa no fluxo permitem padronizar o máximo possível a conversão das diferentes classes de objetos e suas respectivas primitivas geométricas. A sistematização das etapas pelo processo manual se torna uma tarefa mais difícil em virtude das constantes mudanças de versão do QGIS que alteram os algoritmos de plug-ins e ferramentas, ou por vezes, não habilitam mais a utilização destes.



#### 4 CONCLUSÃO

A atividade de conversão de cartas da SPU mostrou-se desafiadora. A grande quantidade de erros sistemáticos e assistemáticos encontrados e a falta de padronização dos produtos cartográficos trabalhados demonstram a importância da existência de um instrumento norteador que sistematize a produção cartográfica. O desconhecimento quanto à forma como os dados foram adquiridos nos mapeamentos originais (inexistência de metadados ou indisponibilidade de documentos técnicos que detalhassem o processo de produção) e a pouca experiência técnica da equipe em lidar com dados inconsistentes ocasionaram a execução de retrabalhos provocando grande tempo de execução na conversão dos produtos. Contudo, este retrabalho permitiu construir conhecimento empírico necessário para a consolidação de fluxos metodológicos mais assertivos que otimizassem o tempo de execução, especialmente de maneira automatizada.

O processo manual mostrou-se, na fase inicial da atividade, como uma solução viável para converter os dados, principalmente pela realização de testes com inúmeras ferramentas e plug-ins do QGIS, a fim de solucionar as inconsistências de maneira mais célere e evitar os trabalhos manuais. Contudo, embora ainda não solucionasse todos os problemas e executasse todos os processos necessários, a automatização da conversão através do método ETL para o processamento de dados espaciais em cadeia, conforme demonstrado no processo automatizado, mostrou-se eficiente como ferramenta de otimização do tempo de execução e controle da atividade de conversão dos produtos cartográficos em CAD para o BDG padronizado conforme ET-EDGV SPU.

Além disso, a automatização das tarefas implicou na redução e acúmulo de erros grosseiros, uma vez que o responsável pela conversão não executou manualmente a maioria das ferramentas, voltando-se apenas à definição das funções a serem utilizadas no fluxo.

Ressalta-se, ainda, que apesar de ter sido utilizado o software FME para execução do processo automatizado, esta não é a única ferramenta de ETL no mercado que permita a automatização de fluxos de trabalho, cabendo análises futuras de ferramentas similares.



## REFERÊNCIAS

- Autodesk Help; (2018). Sobre Camadas.  
<[https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/AutoCAD- Core/files/GUID-6B3E3B5D-3AE2-4162-A5FE-CFE42AB0743B-htm.html](https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/AutoCAD-Core/files/GUID-6B3E3B5D-3AE2-4162-A5FE-CFE42AB0743B-htm.html)>. Acesso em 20ago 2021
- Câmara, G., & Ortiz, M. J; (1998). Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (Vol. 27, pp. 59-82). Sn.
- CEPICKY, J.; (2018). Switch from Shapefile. Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 internacional License. <<http://switchfromshapefile.org/>>. Acesso em 20 ago 2021
- CONCAR. Comissão Nacional de Cartografia. Especificações Técnicas para Estruturação de dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0). Brasília: CONCAR, 2017.
- CORNEJO, R.; NAVARRETE, M.; VALDIVIA, R.; AROCA, P.; & ARACENA, S. (2014).  
Desarrollo de una base de datos integrada de Censo y encuesta mediante el uso de elementos de inteligencia de negocios y SIG. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 22(2), 205-217.
- FERREIRA, J.; MIRANDA, M.; ABELHA, A.; & MACHADO, J.; (2010). O processo ETL em sistemas data warehouse. In INForum (pp. 757-765).
- SPU. Secretaria do Patrimônio da União. Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Imobiliário Público Federal (ET-ADGV/PIPB 3.0). Brasília: SPU, 2021
- SPU. Secretaria do Patrimônio da União. Especificação Técnica para Estruturação de dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Imobiliário Público Federal (ET-EDGV/PIPB 3.0). Brasília: SPU, 2021

## ACESSIBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL ÀS ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO: ESTUDO DE CASO

RAFAEL HENRIQUE FERREIRA<sup>1</sup>; LUCIANY OLIVEIRA SEABRA<sup>2</sup>;  
ROSELI MENDONÇA DIAS<sup>3</sup>

### RESUMO

A acessibilidade urbana sustentável está relacionada à possibilidade de acessos aos destinos. Desse modo, o objetivo deste estudo foi apresentar uma análise exploratória sobre a acessibilidade às escolas de nível médio de um município de pequeno porte, visando à acessibilidade urbana sustentável para o município de Monte Carmelo – MG. O *software* QGIS 3.18.1 auxiliou na definição das distâncias médias entre as escolas mais próximas, por meio do *Polígono de Voronoi*, e foi realizada a análise da distância entre cada quadra e a escola com menor percurso, pela ferramenta *Hug Lines*. Identificou-se uma região da cidade com demanda de 38,02% das quadras do município para apenas uma escola pública de nível médio.

**Palavras-chave:** Acessibilidade urbana sustentável. Escolas. Distâncias percorridas.

### 1 INTRODUÇÃO

Para satisfazer às necessidades humanas as pessoas diariamente realizam deslocamentos nas cidades, e dependendo da sua localização, as viagens podem ter curtas, médias ou longas distâncias. Os atuais padrões de desenvolvimento das cidades, marcados pelo crescimento desordenado e espalhamento urbano, reflexos da especulação imobiliária e da falta de controle da expansão do território pelo poder público, tem provocado discussões e a revisão das formas de compreender e planejar o meio urbano (COSTA, 2008).

Esse espalhamento nas cidades implica em maiores distâncias a serem percorridas e na necessidade da provisão de infraestrutura de circulação. Assim, a forma como está estruturado o espaço urbano e o uso da terra refletem nas condições de mobilidade das pessoas. A escolha do modo de transportes para a realização dos deslocamentos diários depende também, entre outros fatores, da distância a ser

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [cartografo.rafael@gmail.com](mailto:cartografo.rafael@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [ucianyseabra@ufu.br](mailto:ucianyseabra@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [rmdias@ufu.br](mailto:rmdias@ufu.br)

percorrida.

A relação entre o uso da terra e o transporte é identificada nas propostas de planejamento das cidades. Entre as bases teóricas sobre o tema, é consensual que essa relação seja voltada para o desenvolvimento sustentável, considerado como um dos maiores desafios das últimas décadas para todas as nações (SEABRA, 2013).

Em geral, os instrumentos regulatórios preconizam a interrelação entre transporte e uso da terra e estabelecem diretrizes gerais da política urbana sustentável. No Brasil, em nível federal, a Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade) e a Lei nº 12.587/2012 (Lei da Mobilidade Urbana) definem diretrizes para o planejamento urbano (BRASIL, 2001b) e abordam questões referentes à mobilidade e acessibilidade (BRASIL, 2012) que visam melhorar a qualidade de vida da população. Em nível municipal, o Plano Diretor Municipal, entre outras diretrizes, cabe estabelecer a localização adequada das atividades urbanas para atender as necessidades da população.

Assim, no processo de planejamento urbano deve-se considerar os objetivos da política de mobilidade urbana sustentável e a estrutura espacial das cidades. No Brasil, o padrão de mobilidade vigente é predominantemente voltado para uso indiscriminado do automóvel e para interesses privados, no viés da infraestrutura, é caracterizado como excludente e insustentável, e devido a ocupação extensiva das periferias, cada vez mais distantes dos centros urbanos, é cativa do transporte público coletivo e restrita ao modo a pé (SEABRA, 2013).

Esse modelo de desenvolvimento ainda persiste e as cidades experimentam crescimento intenso, produzindo distâncias que não podem ser percorridas a pé ou por bicicleta. Nas cidades de pequeno porte, perante o crescimento urbano acelerado, existe uma oportunidade de, a partir do diagnóstico, se preparar ações para promover a sustentabilidade. Uma forma de avaliar a sustentabilidade nas cidades é por meio de indicadores de sustentabilidade urbana. Costa (2008) apresenta um inventário de indicadores de mobilidade urbana sustentável e entre eles, no planejamento integrado da infraestrutura urbana, destaca-se a acessibilidade ao equipamento urbano – escola.

Nas escolas brasileiras com ensino médio a idade recomendada é de 15 a 17 anos (BRASIL, 2001a). Essa faixa etária permite uma independência maior para o deslocamento desacompanhado até às escolas, podendo o estudante optar por percorrer a distância a pé ou por bicicleta.

Assim, este estudo teve o objetivo de apresentar uma análise exploratória sobre a acessibilidade às escolas de nível médio de um município de pequeno porte, o município de Monte Carmelo – MG.



## 2 INDICADORES DE MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A mobilidade urbana sustentável é definida como o resultado de políticas que proporcionam o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizam os modos coletivos e não motorizados de transporte, eliminam ou reduzem a segregação espacial, contribuem para a inclusão social e favorecem a sustentabilidade ambiental (BRASIL, 2007). A Lei da Mobilidade Urbana, determina aos municípios a tarefa de planejar e executar a política de mobilidade e acessibilidade urbana, e define a mobilidade urbana como a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano, já a acessibilidade, é definida como a facilidade disponibilizada às pessoas que possibilite a todos autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando-se a legislação em vigor (BRASIL, 2012).

Assim, a mobilidade está relacionada à condição dos deslocamentos e a acessibilidade à possibilidade de acessos. A acessibilidade envolve a localização de destinos, localização das residências, bem como a distribuição geográfica e a intensidade que as atividades diárias ocorrem. Cabe destacar que a separação física dos indivíduos no espaço urbano, distância entre eles, é apenas uma das dimensões de análise da acessibilidade.

Para avaliar a acessibilidade a um equipamento urbano - escola, tendo em vista os deslocamentos realizados a pé ou por bicicleta, ou seja, para pequenas distâncias, utiliza-se como base as distâncias em linha reta entre dois pontos, sendo um deles a escola. Dessa forma, será possível visualizar as oportunidades espaciais do referido equipamento urbano - escola.

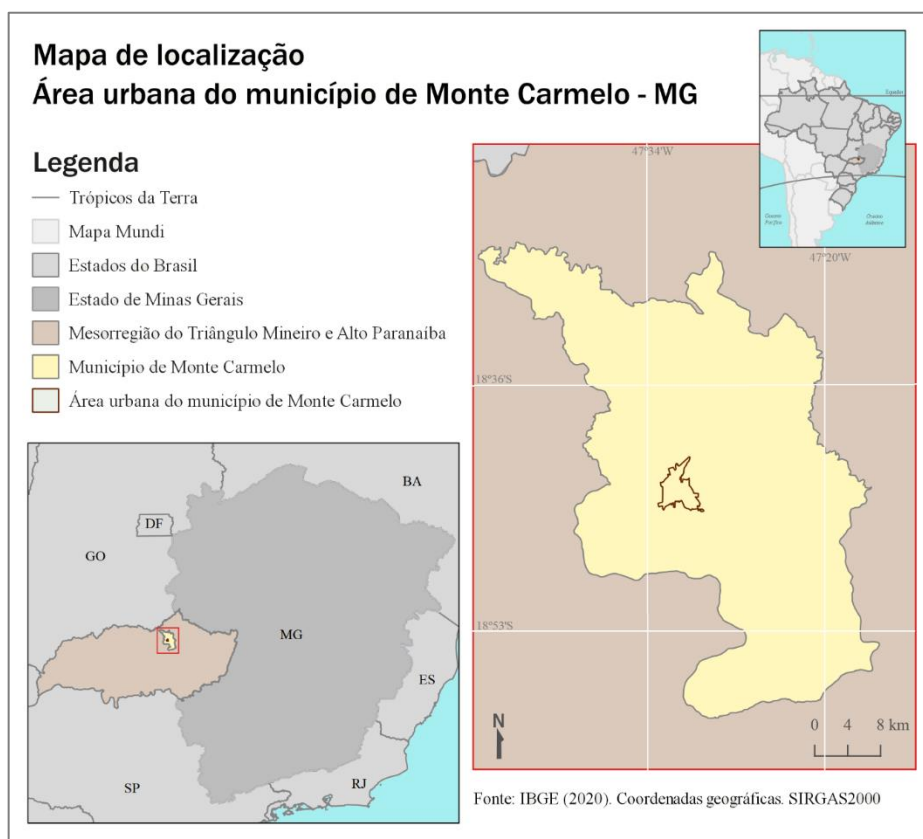
As distâncias ideais de deslocamentos realizados a pé ou por bicicleta, consideram vários fatores exógenos, que incluem a condição do percurso e restrições de mobilidade das pessoas. No estudo de Gehl (2013) uma das estratégias para uma cidade mais humanizada, se refere ao aspecto dimensional, indicando que boa parte das pessoas está disposta a percorrer cerca de 500 m. Quanto a praticabilidade da bicicleta em pequenos deslocamentos considera ser mais eficiente os deslocamentos em distâncias de até 5 km (BID e MDR, 2021).

## 3 ÁREA DE ESTUDO

O município de Monte Carmelo - MG foi escolhido como área de estudo para a análise exploratória da acessibilidade urbana sustentável às escolas de nível médio. O município localiza-se na região do Triângulo do Norte em Minas Gerais, Brasil (Figura 1), possuindo

uma área total de aproximadamente 1.343 km<sup>2</sup>, com população de 45.772 pessoas, de acordo com o Censo 2010 (IBGE, 2011), e uma estimativa para o ano de 2021 de 48.049 pessoas (IBGE, 2021).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Os autores

As escolas públicas de nível médio no município são três: Escola Estadual Gregoriano Canedo, Escola Estadual Professor Vicente Lopes Perez e Escola Estadual Clara Chaves. Além destas, também há uma escola de educação continuada (Cesec) que possui o ensino regular, profissional e a Educação de Jovens e Adultos (EJA), cujo nome é Cesec Zenith Campos (ESCOLAS.INF.BR., 2021).

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Como há uma carência de cartas topográficas para a área de estudo na escala necessária para a realização da análise exploratória de acessibilidade urbana no município, optou-se por elaborar uma base cartográfica a partir da plataforma do *Open Street Maps*, por meio do *software QGIS 3.18.1* para a identificação da localização das

escolas. Além disso, a base cartográfica que está disponibilizada no site da *Google Maps* e atende a necessidade de geoinformação deste estudo, foi utilizada para a obtenção da delimitação da área de estudo.

A partir do tratamento da imagem do *Open Street Maps* obteve-se a vetorização das quadras do município, o centroide de cada quadra e a localização das escolas públicas de Monte Carmelo – MG. Com a imagem vetorizada foi possível identificar o limite da mancha urbana do município, traçar manualmente as vias existentes por meio da criação e edição de um *shapefile* de linhas, e criar um centroide para cada quadra por meio das ferramentas *Vetor, Geometria e Centroides*.

Para a identificação dos pontos referentes à localização das escolas de nível médio foi utilizado o complemento *QuickOSM*, que possibilita uma consulta rápida trazendo as informações dos pontos de interesse para a base do *software*. Foram selecionados pela ferramenta *Tabela de atributos* apenas os pontos referentes às escolas de nível médio, usando a expressão *Campos e valores* para selecionar funções.

Em seguida, para criar as áreas de regiões próximas à escola, onde todos os centroides das quadras corresponderam à escola mais próxima, foi necessário definir as distâncias médias entre todos os pontos determinados como escola. Para essa finalidade, foi utilizado o *Polígono de Voronoi* acessando a *Caixa de ferramentas de processamento, opção GRASS, v.voronoi* e a seleção da área de interesse contendo os pontos correspondentes às escolas.

Posteriormente foi realizada a contagem do número de quadras dentro de cada *Polígono de Voronoi* por meio da ferramenta *Vetor, opção Analisar, a Contagem de pontos em polígono* que possibilitou a análise de quais quadras pertencem ao polígono com a distância da escola mais próxima.

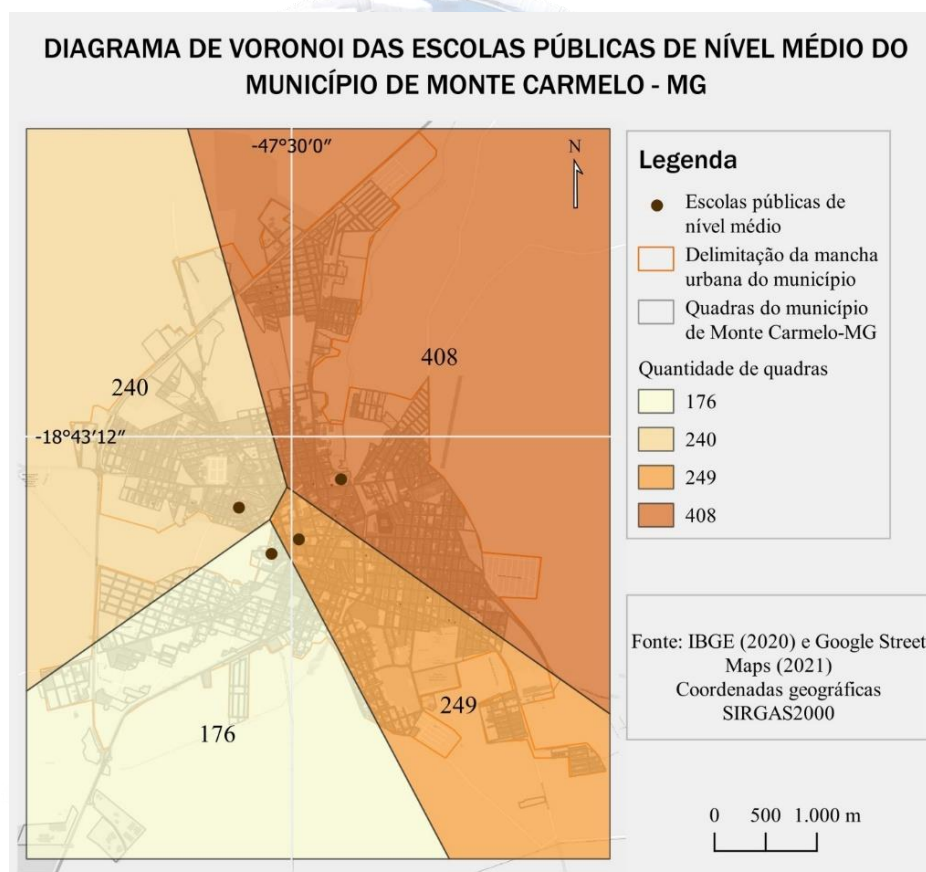
Realizou-se, também, uma análise vetorial de distâncias ponto a ponto, possibilitando a análise da distância entre cada quadra e a escola. A partir da localização de cada quadra do município de Monte Carmelo – MG, traçou-se uma linha com menor distância até o ponto de interesse mais próximo (escola). Para identificar o menor percurso entre cada quadra e a escola mais próxima, foi instalado o complemento *MMQGIS* e utilizada a ferramenta *Hug Lines*, gerando uma linha para cada centroide de quadra ligada a escola mais próxima.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de identificar áreas cuja aproximação tem menor distância até a escola mais próxima, aplicou-se o Diagrama de Voronoi, de modo que cada polígono contenha apenas um ponto gerador e cada ponto em um determinado polígono esteja mais próximo de seu ponto gerador do que outros pontos.

A partir da análise do Diagrama de Voronoi foi possível visualizar áreas que representam a demanda espacial mais próxima para cada escola de interesse. A demanda espacial pode ser utilizada para a definição de políticas de mobilidade e acessibilidade urbana específica para cada área (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama de Voronoi das escolas públicas de nível médio do município de Monte Carmelo – MG



Fonte: Os autores

Observa-se na Figura 2 a distribuição espacial em relação às quatro escolas de nível médio do município de Monte Carmelo - MG. As quatro áreas apresentam demandas espaciais proporcionalmente diferentes. As localizações das quatro escolas indicam a dependência de viagens para a área central da cidade. O município possui



um total de 1073 quadras e, de acordo com a escala de distribuição espacial, as cores mais fortes apontam um número maior de quadras relacionadas ao ponto de interesse, a escola mais próxima.

A região que possui 408 quadras é marcada pela maior densidade das ocupações urbanas, isso implica em maior demanda e necessidade de provisão de infraestrutura de circulação. Essa área possui uma demanda de 38,02% das quadras do município para apenas uma escola pública de nível médio. Quanto maior a demanda espacial em relação a escola mais próxima, maiores são as distâncias das viagens para uma determinada população, principalmente a concentrada nas periferias. Com distâncias maiores a serem percorridas em direção a área central, a mobilidade a pé ou por bicicleta dessa população é cada vez mais reduzida.

Na análise vetorial, o ponto de origem representa a quadra e o ponto de destino representa a escola pública de nível médio mais próxima. Com base no aspecto dimensional do planejamento urbano, e visando a identificação das demandas por deslocamentos para pequenas distâncias, o mapa da Figura 3 apresenta as distâncias entre quadra e escola com percursos de até 500 m. As distâncias de até 500 m é uma indicação da distância que várias pessoas estão dispostas a percorrer a pé (GEHL, 2013).

A quantidade de quadras, com distâncias de 0 m a 500 m, mais próximas das escolas de nível médio tem um total de 199 quadras, essas oportunidades espaciais representam 18,55% de acessibilidade às escolas de nível médio para deslocamentos a pé. Além disso, como as escolas estão localizadas na região central da cidade, isso implica em maiores distâncias nos trajetos fora da área de interesse das pessoas que residem em regiões diferentes, dificultando a acessibilidade pelo modo a pé.

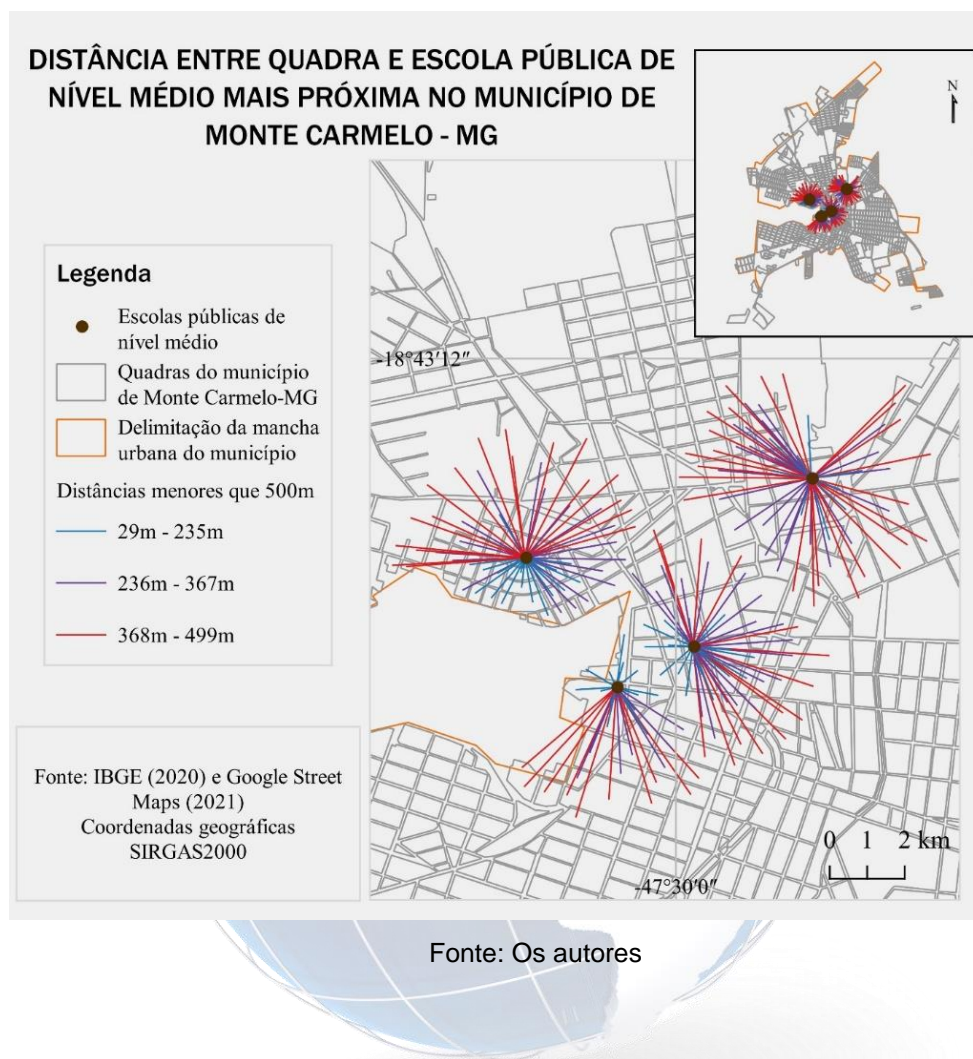
De forma semelhante, buscou-se analisar as oportunidades de acesso para os deslocamentos por bicicletas (Figura 4), visto os deslocamentos por bicicleta serem mais eficientes em distâncias de até 5000 m (BID e MDR, 2021).

O total de quadras com potencial para acesso de bicicletas representam 874 quadras. O mapa foi desenvolvido com seis classes para melhor visualização das quadras. Sendo assim, por representar 81,45% das quadras do município, recomenda-se o estudo da viabilidade de um sistema ciclável para que essa demanda seja atendida. Vale destacar que a maior distância encontrada na análise para a escola pública mais próxima foi de 3881 m.

Ao considerar a literatura sobre o tema, no que se refere às distâncias que podem ser percorridas a pé ou por bicicleta, verifica-se que a localização das escolas possibilita

os deslocamentos por modos não motorizados, com distância inferior a 5000 m.

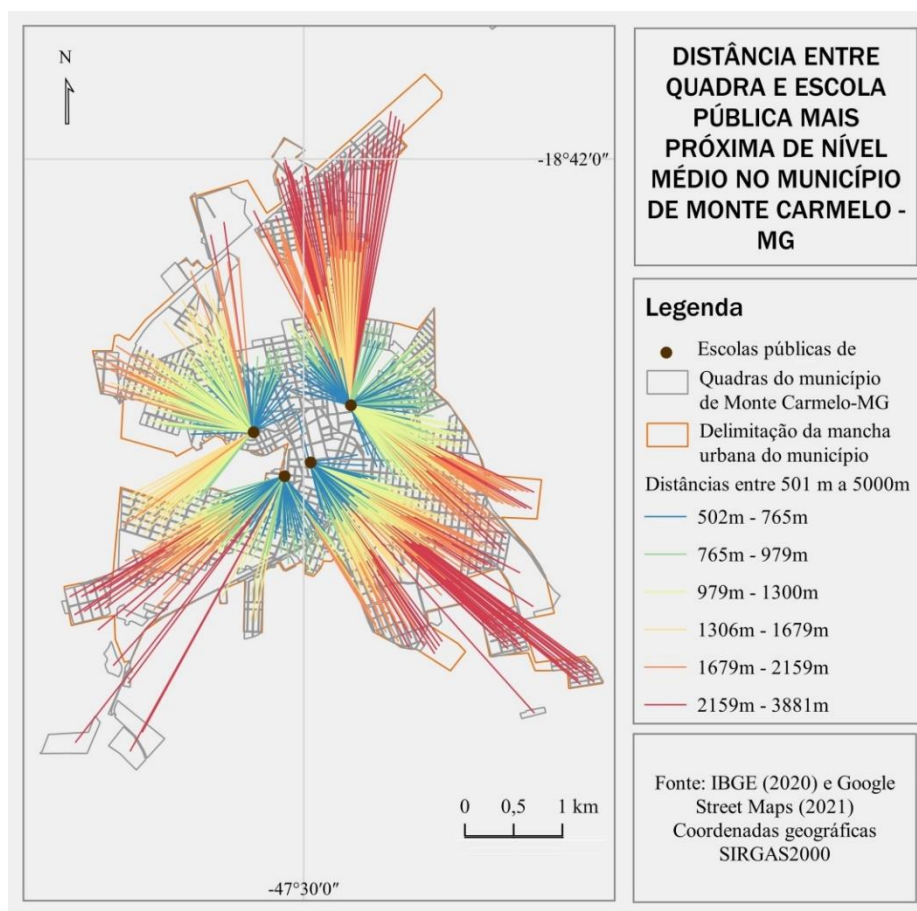
Figura 3 – Distância entre quadra e escola com menor percurso - quadras com até 500 m



## 5 CONCLUSÕES

O estudo possibilitou uma análise espacial da acessibilidade e mobilidade sustentável dos usuários das escolas públicas de nível médio em Monte Carmelo - MG. Foi possível identificar uma região da cidade com demanda de 38,02% das quadras do município para apenas uma escola pública de nível médio. Na comparação das quatro regiões obtidas pelo Diagrama de Voronoi essa área é a mais crítica. Quando analisada a configuração espacial da cidade e as oportunidades de acesso, observa-se que uma parcela da população residente nessa área pode enfrentar problemas de mobilidade.

Figura 4 – Distância entre quadra e escola com menor percurso - quadras de 501 m a 5000 m



Fonte: Os autores

Este estudo vem contribuir com o planejamento urbano e de transportes, pois foi capaz de apresentar um diagnóstico das oportunidades espaciais e analisar a localização das escolas no município em função da quantidade total de quadras do município. O uso do *software* QGIS 3.18.1 possibilitou uma análise exploratória com base na identificação das demandas por modos de transportes não motorizados, a pé ou por bicicleta. Assim, o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) é útil no planejamento de políticas em prol da sustentabilidade e da mobilidade urbana nos municípios de pequeno porte.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. LEI Nº 10.172, DE 9 DE JANEIRO DE 2001a. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/10172.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10172.htm). Acesso





em: 01 set. 2021.

BRASIL. LEI Nº 10.257, DE 10 DE JULHO DE 2001b. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm). Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **PlanMob: Construindo a cidade sustentável**. Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

BRASIL. LEI Nº 12.587, DE 03 DE JANEIRO DE 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 jan. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm). Acesso em 01 set. 2021.

COSTA, M. C. **Índice de Mobilidade Urbana Sustentável para Cidades Brasileiras**. 2008.

Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2008.

ESCOLAS.INF.BR. **Escolas públicas e particulares de Monte Carmelo/MG**. Disponível em: <https://www.escolas.inf.br/mg/monte-carmelo>. Acesso em: 20 set. 2021.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama Cidades: Monte Carmelo, MG**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>. Acesso em: 30 ago. 2021.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO – BID e MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. **Mobilidade por Bicicleta**. Brasília: Editora IABS, 2021.

SEABRA, L. O. **Índice para gestão estratégica da mobilidade urbana sustentável**. 2013. Tese (Doutorado em Transportes) - Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 2013.



## ESTIMATIVA DA UMIDADE DO SOLO COM RECEPTOR E ANTENA GNSS DE BAIXO CUSTO: RESULTADOS PRELIMINARES

WAGNER CARRUPT MACHADO<sup>1</sup>; VALDINEY JOSÉ DA SILVA<sup>2</sup>; FELIPE GEREMIA NIEVINSKI<sup>3</sup>; JORGE FELIPE EURIQUES<sup>4</sup>; LEANDRO CORTÊS CARDOSO<sup>5</sup>; CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER<sup>6</sup>

### RESUMO

As ondas de rádio transmitidas por satélites GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) geralmente refletem na Terra e, assim, podem ser usadas para estimar propriedades das superfícies refletoras. Esta técnica se denomina Refletometria GNSS (GNSS-R), a qual vem recebendo atenção de pesquisadores estrangeiros e nacionais. Receptores desenvolvidos para o posicionamento GNSS preciso podem ter custo elevado, além de possuírem antenas desenvolvidas para mitigar a recepção de sinais refletidos. Neste contexto, a avaliação do desempenho de equipamentos de baixo custo para tal fim é necessária. Esta pesquisa visa apresentar os primeiros resultados da avaliação do desempenho de um receptor e antena GNSS de baixo custo na estimativa da umidade superficial do solo com GNSS-R.

**Palavras-chave:** GNSS-R. SNR. Fase inicial.

### 1 INTRODUÇÃO

A umidade do solo pode ser definida como sendo o conteúdo de água presente na região insaturada do solo. Sua distribuição não é homogênea sobre a superfície do solo nem com a variação da profundidade. Ela está relacionada a ciclos biogeoquímicos, como o da água, e influencia os fluxos de troca de energia entre a superfície física da Terra e a atmosfera, portanto é relevante no sistema climático (SENEVIRATNE et al., 2010).

A quantificação da umidade do solo permite alimentar modelos hidrológicos e meteorológicos para delimitar áreas de recarga de águas subterrâneas e áreas suscetíveis a inundações, contribuindo para a prevenção de desastres naturais. Ela também deve ser considerada na agricultura, visto estar relacionada ao metabolismo, transporte de nutrientes, geração de energia, manutenção da temperatura e pressão de turgor de plantas. Por esse motivo, sistemas de irrigação são empregados para garantir a uniformidade do teor de umidade do solo visando maximizar a produção agrícola.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [wagnercarrupt@ufu.br](mailto:wagnercarrupt@ufu.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [valdiney@ufu.br](mailto:valdiney@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [felipe.nievinski@ufrgs.br](mailto:felipe.nievinski@ufrgs.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná, [jorge.euriques@ufpr.br](mailto:jorge.euriques@ufpr.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [leandro.cortes@ufu.br](mailto:leandro.cortes@ufu.br)

<sup>6</sup> Universidade Federal do Paraná, [cpkrueger64@gmail.com](mailto:cpkrueger64@gmail.com)

Portanto, o monitoramento da umidade do solo é necessário para a gestão e uso eficiente dos recursos hídricos e energéticos, preservando o meio ambiente (PEREIRA et al. 2006; EURIQUES et al., 2021).

Existem diversas técnicas para quantificar a umidade do solo, as quais podem ser classificadas como direta ou indireta. Na forma direta, a umidade do solo é estimada pela razão entre o peso do solo seco e o peso do solo úmido. Essa técnica, conhecida como gravimétrica ou da estufa, é indicada para calibrar as demais técnicas devido à sua precisão. A indireta relaciona a umidade do solo às suas propriedades físicas por meio de modelos matemáticos. As mais comuns exploram a permissividade do solo, a moderação de nêutrons e a medida de radiação na banda L por missões satelitais tais como *SkyLab*, *Soil Moisture and Ocean Salinity* (SMOS) e *Soil Moisture Active Passive* (SMAP) (SOUZA et al., 2013; ROSSATO e ANGELIS, 2013; BURGIN et al., 2018).

Atualmente, pesquisadores têm explorado a interação das ondas de rádio transmitidas por satélites GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) refletidas para estimar propriedades físicas das superfícies refletoras. Esta técnica é denominada de Refletometria GNSS (GNSS-R). Dentre as propriedades físicas que se pode estimar com esta técnica, encontra-se a umidade do solo (LARSON et al., 2010; RODRIGUEZ-ALVAREZ et al., 2011; TABIBI et al., 2015; ZHANG et al., 2017; EURIQUES et al., 2021).

Embora seja possível utilizar receptores e antenas desenvolvidos para o posicionamento geodésico no GNSS-R, tais equipamentos possuem custo elevado, além de serem projetados para evitar o rastreamento de sinais refletidos. Pesquisadores têm mostrado a eficácia da estimativa da umidade do solo com receptores GNSS de simples frequência (VEY et al., 2016; EURIQUES, 2019). O objetivo desta pesquisa é apresentar os primeiros resultados da avaliação do desempenho de um receptor e antena de baixo custo na estimativa da umidade superficial do solo com GNSS-R.

## 2 FUNDAMENTOS DA REFLETOMETRIA GNSS

A estimativa de propriedades físicas de superfícies com GNSS-R se baseia no pressuposto de que as ondas de rádio emitidas pelos satélites sofrem reflexões ao incidirem sobre as superfícies das imediações da antena, tais como solo, edificações, estruturas metálicas e espelhos d'água, sendo recebido de forma indireta pela antena do receptor. Ao interagirem com essas superfícies, a amplitude, a fase e a frequência das ondas de rádio GNSS sofrem alterações, ponderadas por suas características, tais como composição, rugosidade e propriedade dielétrica. Esta situação permite estimar

atributos relacionados a tais superfícies, como por exemplo a umidade do solo (LARSON et al., 2010).

Embora a técnica GNSS-R possa ser realizada por meio de todas as observáveis GNSS, visto que são afetadas pelo multicaminho, a razão sinal ruído (*signal-to-noise ratio*, SNR) é a mais indicada, pois não é afetada por efeitos externos como erro da órbita dos satélites, erro provocado pela atmosfera, erro de relógios e ambiguidade da fase portadora (LARSON et al., 2010). A SNR consiste na razão da potência do sinal pela potência do ruído, expressa em decibéis, sendo muito utilizada como indicador de qualidade da recepção (LARSON et al., 2010; JOSEPH, 2010).

A geometria da reflexão se altera à medida que os satélites se movimentam em suas órbitas, criando um padrão de interferência oscilante, ora construtivo e ora destrutivo, na potência registrada conforme as recepções direta e refletida entram e saem de fase (TABIBI et al., 2015). Portanto, a potência registrada é composta pelas duas potências contribuintes (a do sinal direto e a do sinal refletido) acrescidas de um termo trigonométrico ditado pela diferença de fase entre as duas (NIEVINSKI e LARSON, 2014a).

Os dados SNR podem ser acessados por meio dos arquivos de observação em formato RINEX (*Receiver Independent Exchange*) ou no formato NMEA 0183 (*National Marine Electronics Association*), por meio da mensagem \$GPGSV (MONTENBRUCK e MacLEOD, 2017).

## 2.1 Estimativa da umidade do solo com GNSS-R

A estimativa da umidade do solo por GNSS-R envolve a aquisição dos dados GNSS, respeitando os pressupostos da técnica; processamento e modelagem dos dados, que pode ser efetuada mediante um software refletométrico; e, finalmente, conversão das estimativas de fase resultantes em umidade do solo.

Na coleta de dados GNSS, deve-se considerar que o entorno da estação seja, predominantemente, de solo exposto ou vegetação baixa, além de ter visibilidade desobstruída entre os pontos de reflexão dos sinais no solo e a antena GNSS (NIEVINSKI e HOBIGER, 2019).

A modelagem dos dados envolve a simulação, inversão, pós-processamento e o controle de qualidade. A simulação consiste de um modelo físico direto que tem a função de prever observações SNR com base nas características do equipamento e do ambiente (NIEVINSKI e LARSON, 2014a). A modelagem inversa é composta de um modelo estatístico que visa estimar os parâmetros (amplitude, fase e frequência) a partir



das observações GNSS. Nesta etapa, parâmetros fase inicial e altura da antena recebem valores nominais e então estimam-se correções associadas a eles por meio de um ajustamento ou regressão não-linear (NIEVINSKI e LARSON, 2014b). Após a inversão, os parâmetros resultantes passam por controle de qualidade visando a eliminação de valores anômalos (*outliers*) e o refinamento dos resultados. Nesta etapa, não se trabalha mais com observações SNR, mas sim com os parâmetros obtidos pela modelagem inversa.

Por fim, emprega-se uma curva de calibração, baseada em uma regressão linear polinomial, para relacionar os parâmetros da fase estimados e valores da umidade do solo (CHEW et al., 2014; VEY et al., 2016). Vey et al., (2016) formulam a umidade volumétrica do solo ( $m^3/m^3$ ) a partir da fase inicial ( $\Delta\Phi$ ) conforme a seguinte expressão:

$$\theta_{GNSS-R} = a\Delta\Phi + b \quad (1)$$

onde  $a = 65,1 (m^3/m^3)/^\circ$  e  $b = 0,05 m^3/m^3$ .

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em 4 etapas: instalação dos equipamentos, coleta de dados, processamento dos dados e análise dos resultados.

#### 3.1 Dados

Os dados SNR foram coletados com um receptor e antena GNSS de baixo custo desenvolvido na UFRGS, o qual se constitui de uma placa controladora arduino *Adafruit Feather 32u4 Adalogger* e um receptor GPS *Adafruit Ultimate GPS Feather Wing* com antena externa (FAGUNDES et al., 2021). Este receptor grava os dados SNR da portadora L1 dos satélites do sistema GPS (*Global Positioning System*) no formato NMEA 0183. O potencial desse dispositivo para recuperar a umidade do solo está na possibilidade de registrar o maior número de observações possível, pois sua antena não foi projetada para reduzir o rastreamento de sinais refletidos. Além disso, a SNR é gravada como um número real com uma casa decimal, o que representa precisão adequada para a sua aplicação na técnica GNSS-R.

A umidade do solo calculada com a técnica GNSS-R foi comparada à média obtida por duas sondas que exploram a refletimetria no domínio do tempo (TDR – *Time Domain Reflectometry*), modelo SDI-12 da fabricante Acclima. Tais sondas foram posicionadas a 10 cm de profundidade e na posição horizontal, o que é adequado com a profundidade de referência das estimativas por GNSS-R (VEY et al., 2016). Os



resultados também foram comparados com dados de precipitação registrados pelo pluviômetro *Ville de Paris*, instalado na estação meteorológica localizada na área de estudo.

A área experimental está situada na unidade Araras do Campus Monte Carmelo da Universidade Federal de Uberlândia, MG (UFU-MC). A figura 1 mostra uma vista oblíqua da disposição dos sensores instalados na área do experimento.

Figura 1 – Vista oblíqua da disposição dos sensores



Fonte: os autores

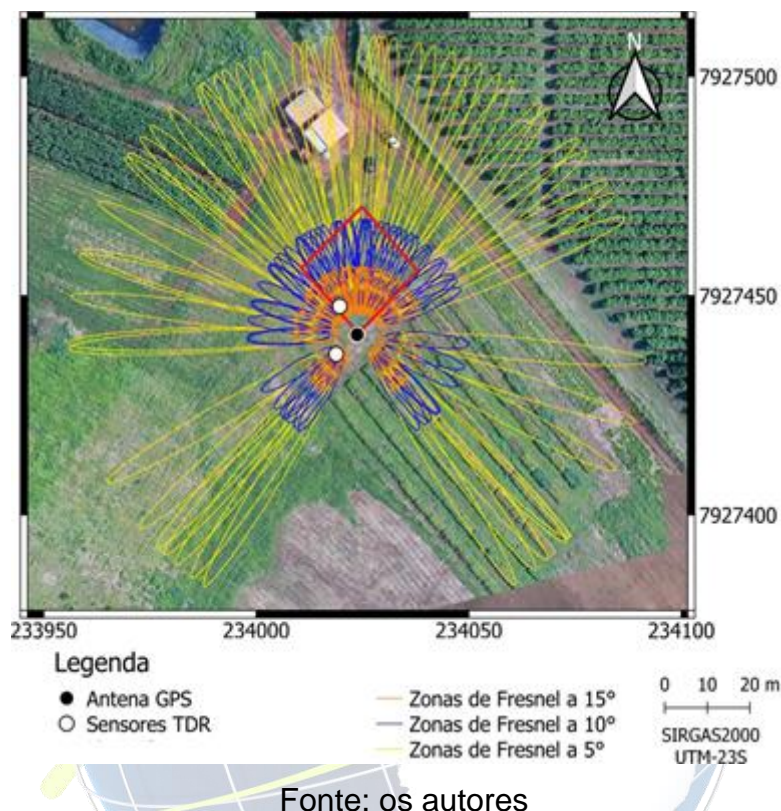
Os dados utilizados foram coletados durante o mês de setembro de 2020. Enquanto os dados de SNR do receptor GPS foram registrados com um intervalo de registro de 1 s, a umidade do solo pelas sondas TDR foi gravada com intervalo de dois minutos. Entretanto, ambos os dados foram computados para representar a média em intervalos de duas em duas horas. O volume de precipitação foi registrado diariamente às 7 h (Horário Local).

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho, de textura argilosa, sendo composta por 54% de argila, 26% de areia e 20% de silte, conforme análise feita pela equipe do Laboratório de Ciência do Solo da UFU-MC.

A antena do receptor foi posicionada a 2,34 m de altura do solo. A partir desta informação e da posição dos satélites foi possível determinar a área de abrangência da técnica GNSS-R, aproximada por um conjunto de primeiras zonas de Fresnel. Cada primeira zona de Fresnel é formada por uma elipse definida em termos da altura da

antena GNSS, bem como do azimute e da elevação de um dado satélite (LARSON e NIEVINSKI, 2013). A Figura 2 mostra a posição dos equipamentos no campo e a representação do conjunto de primeiras zonas de Fresnel considerando os azimutes dos satélites rastreados pelo receptor a ângulos de elevação de 5°, 10° e 15°.

Figura 2 – equipamentos instalados e área de atuação da técnica GNSS-R



### 3.2 Processamento dos dados

Estudos mostraram que o parâmetro mais adequado para estimar a umidade do solo a partir da técnica GNSS-R é a fase inicial, devido à alta correlação existente entre tais grandezas. A determinação da fase inicial foi feita a partir do software refletométrico desenvolvido por Nievinski e Larson (2014 a, b, c, d) e adaptado para estimativa da umidade do solo por Tabibi et al. (2015).

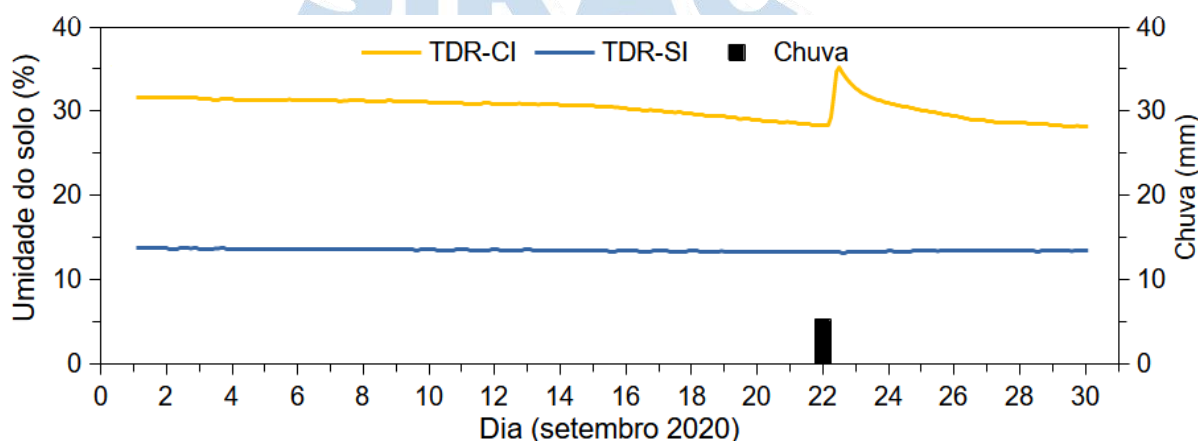
Na etapa do processo de inversão, é realizado um pré-processamento dos dados visando identificar direções onde o sinal refletido é influenciado por outros fatores além da umidade do solo, como por exemplo, a presença de objetos que possam obstruir ou refletir o sinal. Esta resposta é obtida pelo comportamento do parâmetro viés da altura da antena, onde os valores muito afastados de zero indicam possíveis direções que devem ser evitadas. Após essas análises, estabeleceu-se uma máscara de elevação

com a finalidade de serem usados apenas dados observados entre 5° a 30° e uma máscara de azimute no intervalo de 15° a 350°. Por fim, a estimativa da umidade do solo com GNSS-R foi obtida conforme a calibração proposta por Vey et al. (2016) (equação 1).

#### 4 RESULTADOS PRELIMINARES

A Figura 3 mostra o comportamento da umidade do solo obtida com as sondas TDR e o volume de chuva medido no pluviômetro durante o período considerado.

Figura 3 - Chuva e umidade do solo na área irrigada (TDR-CI) e não irrigada (TDR-SI)



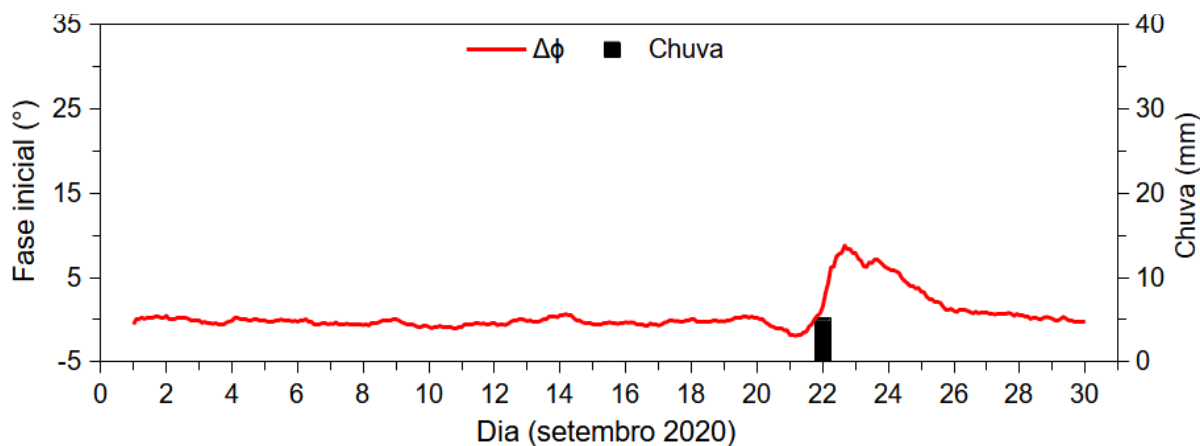
Fonte: os autores

É possível observar que ocorreu um único evento de chuva, entre os dias 21 e 22 de setembro, com apenas 5 mm. Este evento de chuva ocorreu depois de aproximadamente quatro meses de estiagem e o solo na área externa da estação meteorológica deveria estar com umidade próxima ao ponto de murcha, no qual há necessidade de maiores volumes de chuva para aumentar o teor de umidade do solo a maiores profundidades. A umidade provocada pela chuva foi detectada pela sonda TDR instalada dentro da área irrigada (TDR-CI), o qual apresentou valores acima de 28% durante todo o período. Além disso, constata-se que ocorreu uma diminuição na umidade do solo registrada por esta sonda antes da chuva, a qual ocorre de forma mais acentuada próximo ao evento de precipitação. Após a chuva, esta sonda registra o valor máximo de umidade do solo, de cerca de 36%, e, em seguida, o valor da umidade do solo começa a reduzir gradativamente até atingir valores próximos aos observados antes da chuva. Já a sonda TDR instalada fora da área irrigada (TDR-SI) registrou

umidade média de cerca de 14%, apresentando pequenas variações que devem estar ligadas à precisão do equipamento.

A figura 4 mostra o comportamento da fase inicial da SNR durante o período do experimento, bem como o registro do volume de chuva.

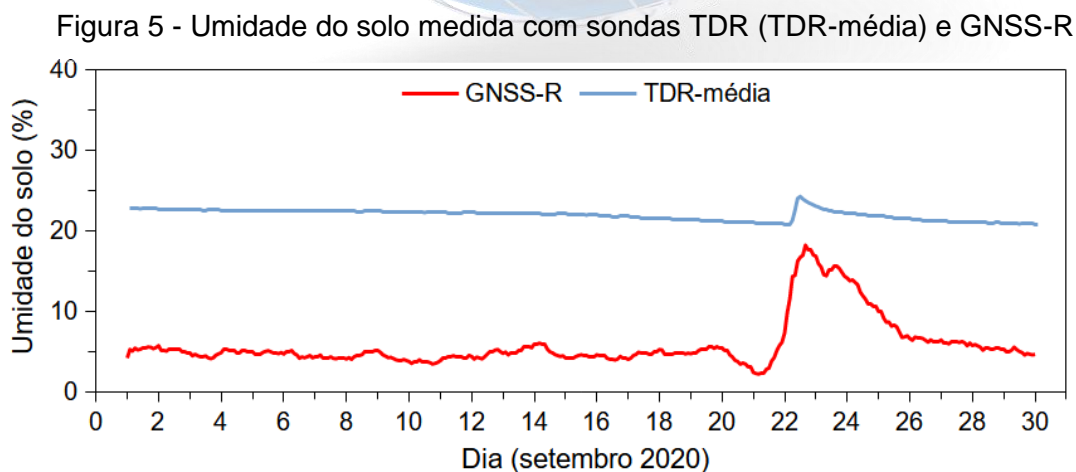
Figura 4 - Chuva e fase inicial ( $\Delta\Phi$ ).



Fonte: os autores

Destaca-se que o valor da fase inicial, neste caso, foi estimado a partir dos dados de todos os satélites rastreados, sendo possível observar comportamento similar ao da sonda TDR-CI, mostrando que a técnica GNSS-R foi sensível à ocorrência do pequeno volume de chuva registrado nesse período.

A figura 5 mostra o comportamento da umidade do solo calculada com a técnica GNSS-R usando a equação 1 (em vermelho) e a umidade do solo média das sondas TDR (em azul).



Fonte: os autores



Observa-se que, enquanto a umidade do solo calculada pela equação (1) apresenta valores médio e máximo de aproximadamente 6% e 18%, respectivamente, os valores médio e máximo da TDR-média são de cerca de 22% e 24%, respectivamente. Esta diferença pode estar relacionada ao fato das sondas TDR não terem sido calibradas com a técnica gravimétrica. Além disso, os coeficientes da equação (1) podem não estar adequados para a conversão da fase inicial em umidade para o solo, utilizando a antena GNSS envolvida nesta pesquisa. Estes coeficientes apresentados são teóricos e foram estabelecidos considerando um modelo de antena geodésica e tipo de solo específico, portanto, são valores nominais. Novos coeficientes podem ser propostos mediante uma regressão linear empregando simulações ou séries temporais de umidade do solo por GNSS-R e por sondas convencionais, como as TDR.

Ao se analisar as variações de umidade do solo obtidas por essas duas técnicas, verifica-se que, embora a estimativa com GNSS-R seja menor do que a determinada com as sondas TDR, a amplitude da primeira é maior. Assim, parte da diferença observada pode ser devido ao fato da técnica GNSS-R ser sensível à presença de vegetação e relacionar-se mais à umidade superficial do solo (CHEW et al., 2014), enquanto a TDR mede a umidade na subsuperfície.

## 5 CONCLUSÃO

Neste artigo apresentaram-se os resultados preliminares da pesquisa que visa avaliar o desempenho de equipamentos GPS de baixo custo na estimativa da umidade do solo no campus da UFU de Monte Carmelo.

Os resultados preliminares mostram que a sonda TDR instalada na área externa da estação meteorológica (sem irrigação) não é sensível em um cenário de baixa umidade do solo. Além disso, verificou-se que há correspondência entre o comportamento da umidade do solo medida pela sonda TDR instalada na área interna da estação meteorológica (com irrigação) e a fase inicial estimada pelo software refletométrico.

O modelo matemático para a conversão da fase inicial em umidade do solo adotado por Vey et al. (2016) não se mostrou adequado para o caso desta pesquisa. Isto pode estar relacionado com a diferença no tipo de solo e ao padrão de ganho e características geométricas da antena dos receptores GNSS.

Por fim, salienta-se que os resultados obtidos até o momento são promissores, mostrando que a técnica GNSS-R com equipamento de baixo custo é sensível a

variações na umidade superficial do solo, mesmo em um cenário partindo do solo com umidade próxima ao ponto de murcha e a ocorrência de pouco volume de chuva.

Trabalhos futuros envolvem a determinação de um modelo matemático adequado para converter a fase inicial em umidade do solo. Também se vislumbra a necessidade de se desenvolver uma análise complementar com a técnica gravimétrica, visando calibrar as sondas TDR e proporcionar melhores resultados para avaliação da GNSS-R.

## REFERÊNCIAS

BURGIN, M. S., COLLIANDER, A., NJOKU, E. G., CHAN, S. K., CABOT, F., KERR, Y. H., BINDLISH, R.; JACKSON, T. J. ENTHEKABI, D.; YUEH, S. H. A Comparative Study of the SMAP Passive Soil Moisture product with existing satellite-based soil moisture products. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 55, n. 5, p. 2959-2971., 2018.

CHEW, C. C., SMALL, E. E., LARSON, K. M., ZAVOROTNY, V. U. Effects of near-surface soil moisture on GPS SRN data: development of a retrieval algorithm for soil moisture. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 53, n. 1, p. 537-543, 2014.

EURIQUES, J. F. **Determinação da umidade do solo por meio da técnica de refletometria GNSS – primeiros resultados no Brasil**. (Dissertação – Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – UFPR), 2019. 112 p.

EURIQUES, J. F.; KRUEGER, C. P.; MACHADO, W. C.; SAPUCCI, L. F.; NIEVINSKI, F. G. Soil Moisture Estimation with GNSS Reflectometry: A Conceptual Review. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 413-434, 2021.

FAGUNDES, M. A. R.; TINTI, I. M.; IESCHECK, A.; AKOS, D.; NIEVINSKI, F. G. An open-source low-cost sensor for SNR-based GNSS reflectometry: design and long-term validation towards sea-level altimetry. **GPS Solutions**, v. 25, p. 73, 2021.

JOSEPH, A. Measuring GNSS signal strength: What's the difference between SNR and C/N<sub>0</sub>. **Inside GNSS**, novembro/dezembro, p. 20 -25, 2010.

LARSON, K.; BRAUN, J.; SMALL, ZAVOROTNY, E.; V.; GUTMANN, E.; BILICH, A. GPS multipath and its relation to near-surface soil moisture content. **IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.** v. 3, n. 1, p. 91-99, 2010.

LARSON, K. M.; NIEVINSKI, F. G. GPS Snow Sensing: Results from the EarthScope Plate Boundary Observatory. **GPS Solutions**, v. 17, n. 1, 2013.

MONTENBRUCK, O.; MacLEOD, K. Annex A: Data formats. In: TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. Ed. Springer. 2017.

NIEVINSKI, F. G.; HOBIGER, T. **Site guidelines for multi-purpose GNSS reflectometry stations**. 2019.

NIEVINSKI, F. G.; LARSON, K. M. Forward modeling of GPS multipath for near-surface reflectometry and positioning applications. **GPS Solutions**. v.18, n. 2, p. 309-322, 2014a.

NIEVINSKI, F. G.; LARSON, K. M. Inverse modeling of GPS multipath for snow depth estimation - Part I: Formulation and simulations. **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.** v. 52, n. 10, p. 6555-6563, 2014b.

NIEVINSKI, F. G.; LARSON, K. M. An open source GPS multipath simulator in Matlab/Octave. **GPS Solutions**, v. 18, n. 3, p. 473–481, 2014c.

NIEVINSKI, F. G.; LARSON, K. M. Inverse modeling of GPS multipath for snow depth estimation - Part II: Application and validation. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 52, n. 10, p. 6564–6573, 2014d.

PEREIRA, S.; OLIVEIRA FILHO, D.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; MARTINS, J. H. Reflectometria no domínio do tempo na determinação do conteúdo de água no solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.** v. 10, n. 2, p. 306-314, 2006.

RODRIGUEZ-ALVAREZ, N.; CAMPS, A.; VALL-ILOSSERA, M.; BOSCH-LLUIS, X.; MONERRIS, A.; RAMOS-PEREZ, I.; VALENCIA, E.; MARCHAN-HERNANDEZ, J. F.; MARTINEZ-FERNANDEZ, J.; BARONCINI-TURRICCHIA, G.; PÉREZ-GUTIÉRREZ, C.; SÁNCHEZ, N. Land geophysical parameters retrieval using the interference pattern GNSS-R technique. **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.**, v. 49, n. 1, p. 71-84, 2011.

ROSSATO, L.; ANGELIS, C. F. Avaliação da umidade do solo em áreas densamente vegetadas sobre o Brasil, utilizando observações do sensor MIRAS/SMOS. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 9248-9255.

SENEVIRATNE, S. I.; CORTI, T.; DAVIN, E. L.; HIRSHI, M.; JAEGER, E. R.; LEHNER, I. Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. **Earth-science Reviews**, v. 99, n. 4, p. 125-161, 2010.

SOUZA, C. F.; PIRES, R. C. M.; De MIRANDA, D. B.E; VARALLO, A.C.T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013.

TABIBI, S.; NIEVINSKI, F. G.; VAN DAM, T.; MONICO, J. F. G. Assessment of modernized GPS L5 SNR for ground-based multipath reflectometry applications. **Adv. Space Res.** v. 55, n. 4, p. 1104-1116, 2015

VEY, S.; GÜNTNER, A.; WICKERT, J.; BLUME, T.; RAMATSCHI, M. Long-term soil moisture dynamics derived from GNSS interferometric reflectometry: a case study for Sutherland, South Africa. **GPS Solutions**, v. 20, n. 4, p. 641–654, 2016.

ZHANG, S.; ROUSEL, N.; BONIFACE, K.; HA, M. C.; FRAPPART, F.; DARROZES, J.; BAUP, F.; CALVET J. Use of reflected GNSS SNR data to retrieve either soil moisture or vegetation height from a wheat crop. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s.l.], v. 21, n. 9, p. 4767-4784, 2017.



## MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA GESTÃO DA INFRAESTRUTURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

DANILO SILVEIRA SANTOS DA SILVA<sup>1</sup>; FABIOLA ANDRADE SOUZA<sup>2</sup>

### RESUMO

Diante da recente expansão das universidades e, considerando os sistemáticos cortes de verba nos últimos anos, tem-se observado a importância dos processos de gestão destes espaços serem cada vez mais eficientes e otimizados. Neste sentido, observa-se que a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apoiados em bancos de dados geográficos bem estruturados, pode contribuir sobremaneira com as necessidades do gestor. Portanto, este trabalho propõe um modelo conceitual para banco de dados geográficos com foco na gestão da infraestrutura física da Universidade Federal da Bahia - UFBA, com base nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) desenvolvidas para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e para a Secretaria do Patrimônio da União (SPU).

**Palavras-chave:** Banco de dados geográficos, ET-EDGV, Universidade Federal da Bahia.

### 1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal da Bahia – UFBA é uma das maiores universidades públicas do Brasil, oferecendo diversos cursos de graduação, pós-graduação e extensão, incluindo o primeiro curso de graduação do país - uma vez que sua institucionalização incorporou a Escola de Cirurgia da Bahia, posterior Faculdade de Medicina, criada em 1808. Sua comunidade contabiliza mais de quarenta mil discentes, cerca de dois mil e quinhentos docentes, mais de três mil técnicos administrativos e quase dois mil e quinhentos funcionários terceirizados (UFBA, 2019). Para comportar esse público, a UFBA possui 164 prédios que somam 350 mil metros quadrados de área construída, numa área total de 1.140 hectares, em sua maior parte no município de Salvador-Bahia (UFBA, 2018).

Para a gestão da universidade, a quantidade de informações envolvidas apresenta certo grau de complexidade, especialmente quando relacionadas à localização das unidades de ensino e administrativa e as estruturas que compõem o campus. Com os sistemáticos cortes de verbas que têm ocorrido nas universidades nos últimos anos, contrários à expansão ocorrida no mesmo período em relação ao número de cursos oferecidos e ao número de docentes e discentes, as universidades têm se desdobrado

1 Universidade Federal da Bahia, [fabiola.andrade@ufba.br](mailto:fabiola.andrade@ufba.br)

2 Universidade Federal da Bahia, [daad56@hotmail.com](mailto:daad56@hotmail.com)



para aplicar o orçamento de modo a manter as contas organizadas.

Neste contexto, a utilização de tecnologias como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Bancos de Dados Geográficos (BDG) podem contribuir para a organização, otimização e acesso a dados de gestão do espaço da universidade, auxiliando nas decisões que podem desonerar o seu planejamento orçamentário. Segundo Longley et al (2013), o SIG é uma classe especial de sistemas de informação que controla não apenas eventos e atividades, mas também onde esses eventos e atividades acontecem, permitindo adquirir e manipular dados e informações geográficas.

Os BDG se diferenciam dos bancos de dados tradicionais por dar suporte aos tipos de objeto espacial em sua modelagem, possibilitando armazenar as representações de fenômenos geográficos do mundo real que serão utilizados por sistemas de informação geográfica (GUTING, 1994, *apud* MOTA, 2016). Neste sentido, o conceito de modelagem para banco de dados está relacionado à determinação de formas de representação dos objetos e fenômenos do mundo real de maneira simplificada nas estruturas computacionais, buscando resumir o entendimento a respeito destes objetos e fenômenos a serem representados (BORGES, 2002).

Com base na técnica orientada a objetos voltada para modelagem de aplicações geográficas denominada *Object Modeling Technique for Geographic Applications* - OMT-G, desenvolvida por Borges (2002), a Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR estabeleceu a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais - ET-EDGV. Seu objetivo é padronizar as estruturas de dados geoespaciais vetoriais oficiais de referência produzidos para comporem bases cartográficas no Brasil no contexto da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE (CONCAR, 2017).

O foco desta especificação é a cartografia de referência e sua estrutura conceitual tem servido de base para construção de modelos temáticos, a exemplo da Secretaria de Patrimônio da União – SPU, vinculada ao Ministério da Economia, que elaborou a ET-EDGV/SPU, integrando elementos específicos do Patrimônio Público da União ao modelo, cujos dados geoespaciais temáticos são necessários às operações de planejamento e gestão do patrimônio imobiliário da União, incluindo campi universitários (SPU, 2017).

Assim, este artigo apresenta uma proposta de modelo conceitual de banco de dados geográficos para gestão espacial da infraestrutura da Universidade Federal da

Bahia, com base na ET-EDGV e na ET-EDGV/SPU.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

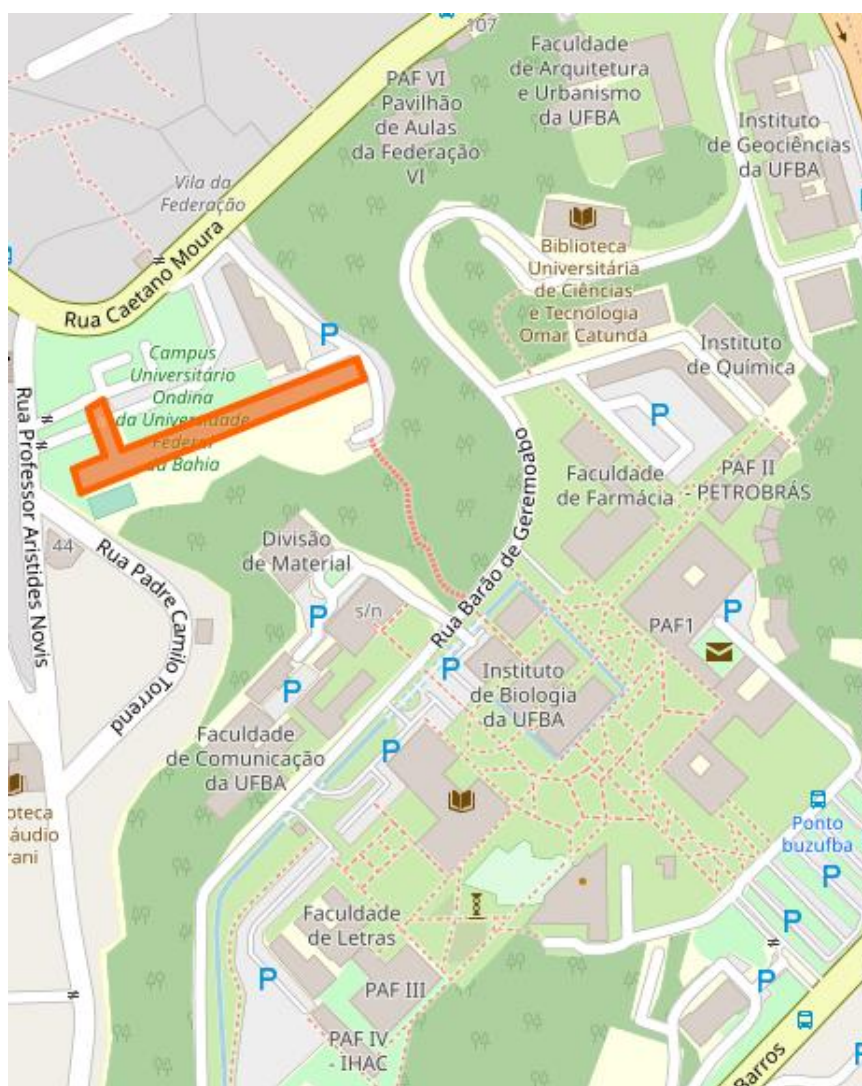
Este artigo resulta de parte do trabalho de conclusão de curso de graduação em engenharia de agrimensura e cartográfica apresentado por Silva (2021). O modelo conceitual proposto considerou a ET-EDGV versão 3.0 e a ET-EDGV/SPU versão 1.5.2, além de informações contidas na dissertação de Magalhães (2020). Utilizou-se o software StarUML 5.0.2.1570 + extensão OMTG para construção do modelo.

Embora o ideal seja a proposição de um modelo que atenda toda a UFBA, esta proposta inicial apresenta recorte espacial no campus Ondina/Federação (área externa) e em uma unidade de ensino da UFBA - Escola Politécnica (área interna), localizados no município de Salvador-Bahia, conforme observado na Figura 1. A construção de um modelo parcial foi definida devido à limitação de tempo para o trabalho e à necessidade de validação do modelo antes da sua expansão para todas as unidades da Universidade; além da disponibilidade de material para o estudo ser correspondente à área escolhida.

Na primeira etapa do trabalho, foram coletados documentos (relatórios e dissertações), imagens (ortofotos e fotografias panorâmicas), dados geográficos (CAD e *shapefile*) e outras informações da UFBA, tanto em relação ao campus Ondina/Federação quanto à Politécnica. Este material foi analisado e dele foram identificadas informações para a realização da modelagem conceitual. Destaca-se a importância da dissertação de Magalhães (2020) que apresentava levantamento dos espaços físicos da Escola Politécnica (traçado correspondente a cada pavimento do prédio em formatos CAD ou *shapefile*) e informações básicas destes espaços (área, quantidade de cadeiras, computadores, projetores, entre outros).

Na etapa seguinte, de modelagem, tomando como referência as informações identificadas, foi possível estabelecer as classes de objetos e seus relacionamentos existentes em conformidade com os modelos propostos para a ET-EDGV e a ET-EDGV/SPU. Por exemplo, na área externa do campus escolhido, através das imagens, foi identificada a existência de sistema viário, edificações, área verde, escadarias, dentre outros, que permitiram associar com as classes correspondentes dos modelos de referência e selecionar as respectivas classes para o modelo da UFBA.

Figura 1 – Visualização do campus Ondina/Federação (parcial) e da Escola Politécnica (destacada em laranja)



Fonte: Google Earth (2021).

A terceira e última etapa efetuou a proposição do modelo conceitual para a Universidade, considerando a utilização de classes existentes nos modelos de referência (selecionadas na etapa anterior) e a adaptação destas ou proposição de novas classes, quando coubesse. Por exemplo, os modelos de referência não tratam de área *in door*, então o modelo proposto previu classes para inclusão das estruturas do prédio da Escola Politécnica, por outro lado, categorias como Hidrografia, foram simplificadas, por haver poucos elementos contidos no campus.

Em relação à proposição de um modelo para a área interna do prédio da Politécnica, além da avaliação dos dados de Magalhães (2020), também foram efetuadas algumas visitas *in loco*, em número reduzido, devido à indisponibilidade de



acesso a alguns espaços por conta do fechamento da universidade diante da pandemia de COVID-19.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo proposto divide a UFBA em duas categorias: Área Externa, baseada nos elementos contidos dentro do campus Ondina/Federação; e Área Interna, que representa os elementos contidos na edificação de ensino (Escola Politécnica). Em geral, as subcategorias e classes contidas na área externa já eram previstas nos modelos de referência (Figura 2), sendo selecionadas para uso aquelas contempladas no campus e que fazem sentido a um espaço universitário.

A categoria Área Interna (Figura 3) inicia da classe Edif\_ensino, que é uma especialização da classe Edificação da Área Externa. Esta classe é vista como uma agregação de Pavimentos, que por sua vez é uma classe genérica, implementada a partir da agregação de Áreas. A classe Área representa espacialmente as diversas ocupações que podem ocorrer em um pavimento, sendo especializada em Salas, Laboratórios, Auditório, Biblioteca, Sanitário, Depósito, Copa, Circulação e Acesso.

As classes Acesso, Sala e Laboratório também se especializam, de acordo com as ocupações possíveis e aos atributos específicos relacionados. Acesso pode ser elevador, rampa ou escadaria (classes também previstas na área externa); Sala pode ser de docentes, discentes, comercial, de aula ou administrativa; e Laboratório pode ser de informática ou de formação específica. Todas as classes da área interna são implementadas com a primitiva geométrica polígono.

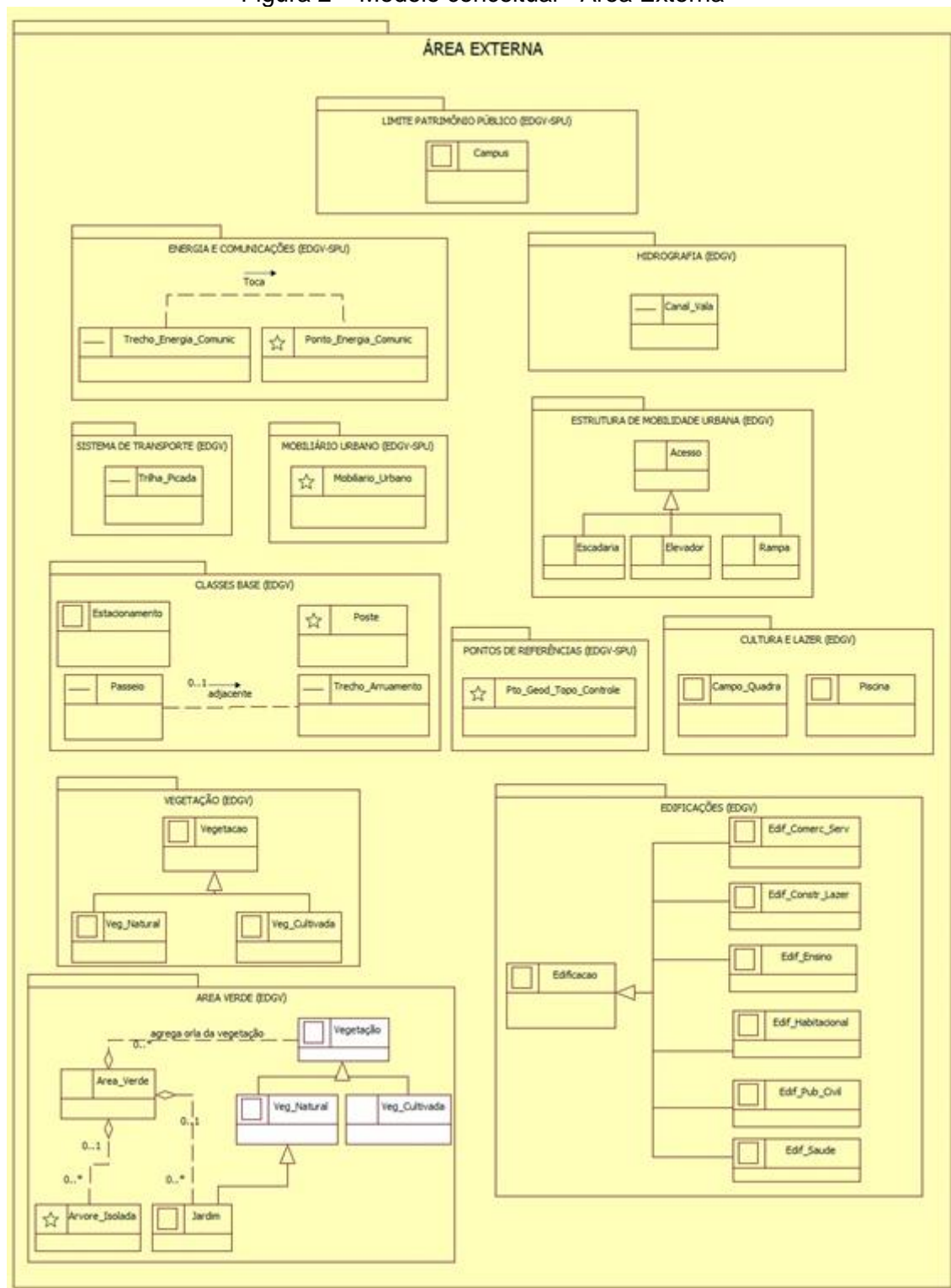
Em relação aos atributos associados a cada classe, na categoria área externa, foram extraídos os mesmos previstos na ET-EDGV e ET-EDGV/SPU, uma vez que satisfaziam as necessidades de identificação dos espaços. Na categoria área interna, os atributos levaram em consideração os indicadores do INEP/MEC presentes na dissertação de Magalhães (2020) e alguns dados levantados na documentação utilizada, que são úteis à gestão da unidade avaliada, a exemplo de capacidade de ocupação, disponibilidade de computador, projetor, ar-condicionado nas Salas e Laboratórios ou área ocupada do acervo e de computadores para Biblioteca.

Como as especificações tomadas como referência não tratam de dados em três dimensões, este modelo também apresenta limitações neste sentido, portanto, para separar e identificar em qual pavimento está localizada cada área cadastrada, na classe Área foi inserido um atributo “pavimento”, para permitir sua seleção e posterior utilização na implementação do banco de dados. Também destaca-se a criação de um atributo



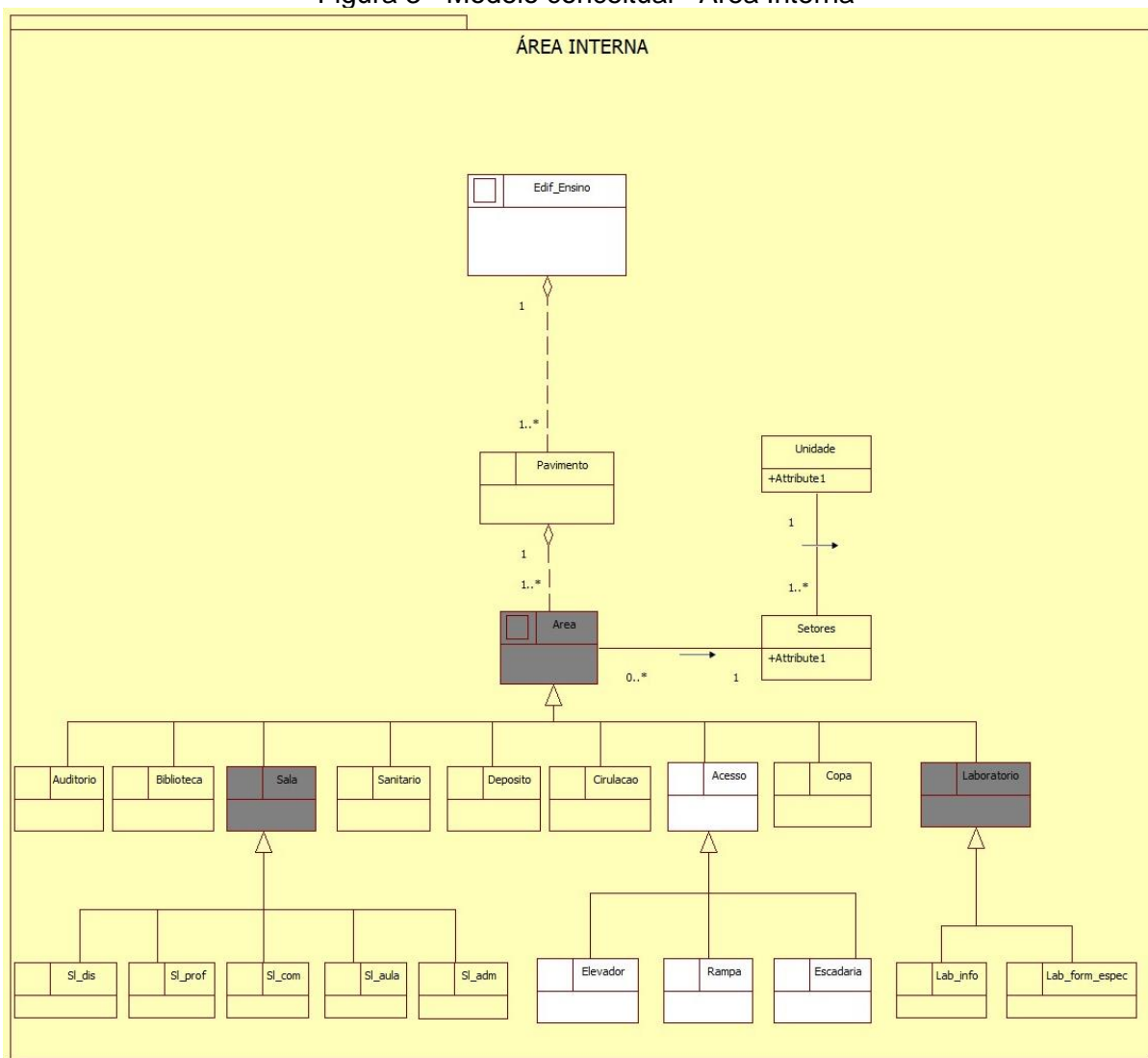
“imagem”, para inserção de fotografia que permite visualizar a área em questão.

Figura 2 – Modelo conceitual - Área Externa



Fonte: Silva (2021).

Figura 3 - Modelo conceitual - Área Interna



Fonte: Silva (2021).

Com relação à área externa, não houve dificuldades na identificação dos elementos nela contidos, utilizados para proposição das classes, apesar da análise ter sido realizada através de imagens. Entretanto, para a área interna, a documentação e os dados geográficos utilizados como referência estavam parcialmente desatualizados e incompletos, cabendo uma revisão do modelo em momento posterior, onde seja viável a realização de avaliação presencial em cada um dos espaços.

A Universidade é dinâmica e, ao longo do tempo, mudanças, reformas, expansões, demolições podem definir uma nova disposição da ocupação dos espaços. Portanto, o modelo deve sofrer revisões constantes, com envolvimento da equipe de gestão, a fim de manter o modelo e o banco de dados sempre atualizados.

Embora o modelo proposto tenha tentado abranger o máximo de elementos da

Universidade considerando o campus Ondina/Federação e a edificação da Escola Politécnica, existem variações nas estruturas dos demais espaços universitários, que devem ser identificados para complementação posterior ao modelo. Em relação às áreas internas, outras edificações da UFBA podem conter elementos não previstos no modelo, como um teatro (Escola de Teatro) ou centro cirúrgico (Hospital Edgard Santos). Da mesma maneira, a área externa pode incluir elementos complementares, não apenas de campus localizados em áreas urbanas, mas também em áreas rurais, como as fazendas experimentais da UFBA.

#### 4 CONCLUSÕES

O modelo conceitual mostrou-se consistente com a proposta. Utilizando os conceitos das ET-EDGV e o padrão OMT-G, foi possível desenvolver um modelo que representasse, em sua maioria, os elementos contidos em uma área delimitada da UFBA.

Para melhor gestão da Universidade, é interessante a ampliação do modelo para representar as outras unidades, campus e áreas de responsabilidade da UFBA. Uma vez que o modelo conceitual apresentado reflete a realidade de parte da infraestrutura em questão, não levando em consideração as particularidades encontradas em outras áreas que devem ser modeladas.

Para verificar o desempenho do modelo em banco de dados, é necessário efetuar testes com dados reais e acessos simultâneos, a fim de simular seu uso efetivo. Dessa forma, sugere-se que a equipe de atuação desenvolva etapas de teste do modelo, a fim de avaliar o desempenho em banco e identificar possíveis melhorias a serem implementadas.

Por fim, o modelo não contempla a representação tridimensional, que seria interessante para as classes da categoria área interna. Uma possível alternativa futura seria a utilização do padrão internacional CityGML, um modelo que prevê a representação em 3D de geometrias, não avaliado neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

BORGES, Karla A. V. **Modelagem de Dados Geográficos**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. 2002. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Modelagem%20de%20dados%20geografico.PDF>. Acesso em: 09 set. 2020.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA - CONCAR. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Versão 3.0.



Brasília-DF. 2017. Disponível em:  
[http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-EDGV-3\\_0\\_210518.pdf](http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-EDGV-3_0_210518.pdf). Acesso em: 17 jul. 2020.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Bookman, 2013.

MAGALHÃES, Iara A. **Organização dos Dados Geoespaciais de Edificações Universitárias para Ambiente Sigweb**: Estudo de Caso Cursos Politécnica/UFBA e Avaliação do Mec. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

MOTA, Evandro R. **Bancos de Dados Geográficos: Uma Abordagem Orientada a Grafos**. 2016. Monografia (Curso de Licenciatura Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/14107>. Acesso em: 09 nov. 2020.

SECRETARIA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO - SPU. Ministério da Economia. **Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Público Federal**. Brasília-DF. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento/patrimonio-da-uniao/programa-de-modernizacao/linha-do-tempo/4-et-edgv-patrimonio-imobiliario-publico-federal-1-5-2.pdf/view> Acesso em: 18 out. 2020.

SILVA, Danilo S. S. da. **Banco de Dados Geográficos para Gerenciamento da Infraestrutura da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA. **Segurança da UFBA tem como prioridade proteger as pessoas**. 2018. Disponível em: [https://www.ufba.br/ufba\\_em\\_pauta/seguran%C3%A7a-da-ufba-tem-como-prioridade-protoger-pessoas](https://www.ufba.br/ufba_em_pauta/seguran%C3%A7a-da-ufba-tem-como-prioridade-protoger-pessoas). Acesso em 05 set, 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA. **UFBA em Síntese 2019**. 2019. Disponível em: [https://proplan.ufba.br/sites/proplan.ufba.br/files/ufba\\_em sintese.pdf](https://proplan.ufba.br/sites/proplan.ufba.br/files/ufba_em sintese.pdf). Acesso em: 05 set, 2020.



## A NEURAL-NETWORK-BASED CRITICAL VALUES FOR THE CASE OF MULTIPLE HYPOTHESIS TESTING

Maria Luísa Silva Bonimani <sup>1</sup>; Caique Eduardo de Jesus Nascimento Simionato <sup>2</sup>;  
Caio Cesar de Campos<sup>3</sup>; Vinicius Francisco Rofatto<sup>4</sup>;  
Ivandro Klein<sup>5</sup>; Marcelo Tomio Matsuoka<sup>6</sup>

### ABSTRACT

Outlier is an observation that has moved away from most likely value to the point of not belonging to the mathematical model (functional and stochastic) stipulated. Failure to identify an outlier can jeopardise the reliability level of a system. Outliers must be appropriately treated to ensure the quality of data analysis. Data snooping outlier statistical testing procedure has been applied in Geodesy. The test procedure is liable to decision errors, such as Type I error (saying that a measure is an outlier when in fact it is not). It has been demonstrated that to effectively user-control the type I error rate, critical values must be computed numerically by means of Monte Carlo. We provide a model based on an artificial neural network. The results prove that the proposed model can be used to compute the critical values and, therefore, it is no longer necessary to run the Monte Carlo-based critical value every time the quality control is performed by means of data snooping. Details of that work can be found in Rofatto et al. (2021).

**Keywords:** Neural Network. Reliability. Monte Carlo. Quality Control. Hypothesis Testing.

### 1 INTRODUCTION

Data Snooping is one of the most best-established methods for processing observations contaminated by outliers. It has also become very popular and is routinely used in adjustment computations (GHILANI, 2017). This testing procedure consists of screening each individual observation for the presence of an outlier. The test statistic employed in the data snooping is given by a normalised least-squares residual, and it is well-known as *w-test* (BAARDA, 1968). The *w-test*, which is based on a linear mean-shift model, can also be derived as a particular case of the generalised likelihood ratio test (TEUNISSEN, 2006).

In principle, *w-test* only makes a decision between the null, denoted by  $\mathcal{H}_0$ , and a single alternative hypothesis, say  $\mathcal{H}_a$ . The model under the null hypothesis is often

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [malubonimani@hotmail.com](mailto:malubonimani@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [caiquesimionato@hotmail.com](mailto:caiquesimionato@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [caio.campos@ufu.br](mailto:caio.campos@ufu.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [vfroffatto@gmail.com](mailto:vfroffatto@gmail.com)

<sup>5</sup> Instituto Federal de Santa Catarina, [ivandroklein@gmail.com](mailto:ivandroklein@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [tomiomatsuoka@gmail.com](mailto:tomiomatsuoka@gmail.com)

formulated under the condition of absence of outliers, whereas the alternative model is proposed when there is an outlier in the dataset. In order to verify whether the alternative hypothesis is significant or not (i.e., whether we accept or reject the null hypothesis), the *w-test* statistic is compared with its critical values (i.e., the percentile of its probability distribution), which can be taken from well-known standard normal distribution. In that case, rejection of null hypothesis  $\mathcal{H}_0$  automatically implies acceptance of the alternative hypothesis  $\mathcal{H}_a$ , and vice versa (IMPARATO; TEUNISSEN; TIBERIUS, 2019).

In that case, the probability level associated with data snooping is restrict to Type I error (rejection of a true null hypothesis) and Type II error (acceptance of a false null hypothesis). The probability of committing the type I error is well-known significance level or type I error rate (denoted by  $\alpha_0$ ), which is controlled by the user. However, data snooping is by nature a procedure that involves multiple hypothesis testing (TEUNISSEN; IMPARATO; TIBERIUS, 2017; ZAMINPARDAZ; TEUNISSEN, 2019). The multiple hypothesis testing problem occurs when a number of individual hypothesis tests are considered simultaneously. This means testing  $\mathcal{H}_0$  against  $\mathcal{H}_a^{(1)}, \mathcal{H}_a^{(2)}, \dots, \mathcal{H}_a^{(n)}$  (LEHMANN, 2012).

To make it clearer, let's start by assuming that the individual tests are independent and the significance level for each test ( $\alpha_i$ ) be  $\alpha_0$ ; then the probability that one of the tests is rejecting the null hypothesis is given by (LEHMANN; LÖSLER, 2016):

$$\alpha' = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \alpha_i) = 1 - (1 - \alpha_0)^n \quad (1)$$

which  $\alpha'$  is the the probability of making one or more false positives, or type I errors, when performing multiple hypotheses tests. It is known as family-wise error rate (FWER).

In this case, the significance level or the type I error rate of individual tests ( $\alpha_0$ ) no longer represents the error rate of the combined set of tests (denoted by  $\alpha'$ ). Therefore, we are interested in controlling  $\alpha'$ . In this context, methods that deal with multiple alternative hypotheses are referred to as multiple comparison methods. Investigations on such methods are rare in geodetic applications, which, in a way, opens the way for research and applications. More details can be seen, for example, in (MILLER, 1981; SIMES, 1986; WRIGHT, 1992; SARKAR; CHANG, 1997; LEHMANN; ROMANO, 2005; ROM, 2013).

One of the simplest methods employed to control the FWER is known as Šidák correction Šidák (1967). The Šidák correction is derived by assuming that the individual tests are independent, as follows:

$$\alpha_0 = 1 - (1 - \alpha')^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

The goal of the Šidák correction in Equation (2) is to adjust  $\alpha_0$  so that the significance level for the entire series of tests  $\alpha'$  is warranted. Šidák correction produces a family-wise error rate of exactly  $\alpha'$  when the tests are independent from each other and all null hypotheses are true. In that case, the critical values for *w-test* statistic can be computed as follows:

$$k_{sid} = \Phi_N^{-1} \left[ \left( 1 - \frac{\alpha'}{2} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad (3)$$

with  $\Phi_N^{-1}$  being the inverse of the standard normal cumulative distribution. The number two in the denominator is because the *w-test* is two-sided test.

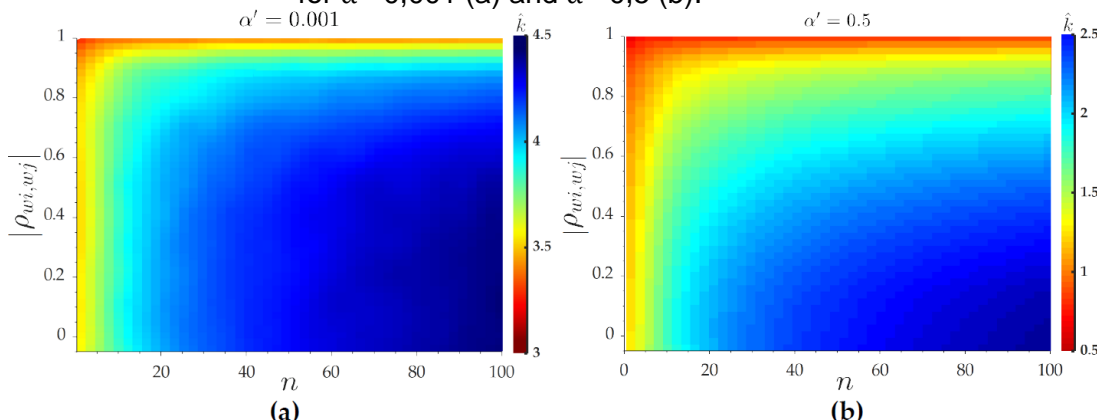
In fact, however, the mathematical model promotes correlation between *w-test* test statistics. This means that we will always have some degree of correlation between the tests. If we neglect the correlation between the tests, we overestimate the critical values computed from Šidák correction in Equation (3) (LEHMANN, 2013).

In this contribution, we apply a procedure based on Monte Carlo simulation in order to obtain the critical values that considers the correlation between the *w-test* statistics. The drawback is that every time data snooping is run, Monte Carlo method is used to compute the critical values (ROFATTO et al., 2020b). To overcome this issue, here, on the other hand, we first compute a series of critical values for a fixed number of observations with pre-fixed correlation between the *w-test* statistics by using Monte Carlo. Then, a Supervised Back Propagation Neural Network (SBPNN) architecture was trained and tested using such critical values databases. The purpose of the SBPNN model is to suppress the use of Monte Carlo method when the data snooping is in play. Furthermore, we provide a MATLAB's flexible network object type (called SBPNN.mat) which allows anyone to obtain the critical values quickly and easily, in addition to ensuring good control of the type I error rate when applying Data Snooping.

## 2 MATERIAL AND METHODS

In total 1.200 critical values for Data Snooping test were computed and stored. For instance, Figure (1) shows an example of the behavior of the critical values for the extreme cases of having  $\alpha'=0,001$  and  $\alpha'=0,5$  in function of the number of observations  $n$  and  $\rho_{wi,wj}$ .

Figure 1 – Critical values for Data Snooping computed by Monte Carlo method for  $\alpha'=0,001$  (a) and  $\alpha'=0,5$  (b).



Fonte: Rofatto et al. (2021).

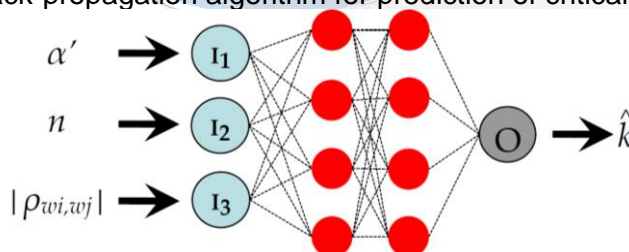
In general, we can observe the following relationship Equation (4) e (5) ( $\uparrow$  means increase and  $\downarrow$  decrease):

$$\uparrow \rho_{wi,wj} \rightarrow \downarrow \hat{k} \text{ and } \uparrow n \rightarrow \uparrow \hat{k} \text{ or } \downarrow \rho_{wi,wj} \rightarrow \uparrow \hat{k} \text{ and } \downarrow n \rightarrow \downarrow \hat{k} \quad (4)$$

$$\downarrow \rho_{wi,wj} \text{ and } \uparrow n \rightarrow \uparrow \hat{k} \text{ or } \uparrow \rho_{wi,wj} \text{ and } \downarrow n \rightarrow \downarrow \hat{k} \quad (5)$$

From Figure (1), we also observe that the critical values do not depend on of the size of samples  $n$  when  $\rho_{wi,wj} > 0,99$ . This fact was also presented by (YANG et al., 2013). We also note that for  $n > 30$  and for a given  $\rho_{wi,wj}$ , the critical values are virtually constant. These datasets were used to build a neural network for computation the critical values for any correlation matrix  $R_w$  (Figure 2). Details of the neural network can be found in Rofatto et al. (2021).

Figure 2 – Topology of the feed-forward neural network with Levenberg-Marquardt back-propagation algorithm for prediction of critical values.



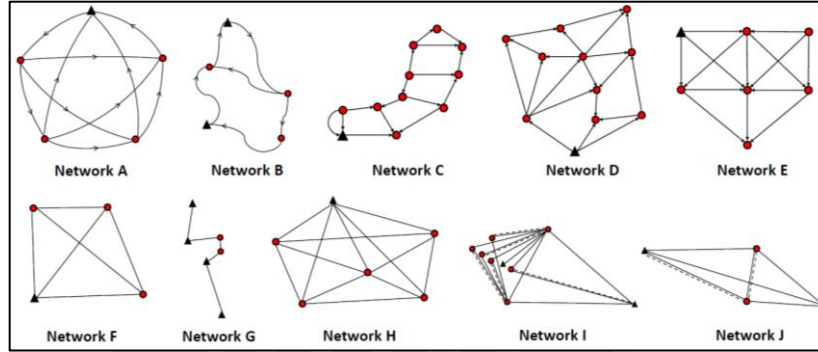
Fonte: Rofatto et al. (2021).

We considered ten geodetic networks for the experiments Figure (3), namely: five levelling networks (A, B, C, D and E), two horizontal networks (F and G) and three GNSS (Global Navigation Satellite System) baseline networks by static relative positioning



method (H, I and J).

Figure 3 - Geodetic Networks: observations are displayed in solid black line; repeated observations in dash line; the black triangles represent the control points, whereas the circles filled in red color are points of unknown coordinates.



Fonte: Rofatto et al. (2021).

The SBPNN-based critical values were obtained according to the following Equations (6) (7) (8) (9) (10):

$$k_{SBPNN (mean)} = k_{SBPNN (mean|\rho_{wi,wj}|)} \quad (6)$$

$$k_{SBPNN (max/mean)} = \frac{k_{SBPNN (max|\rho_{wi,wj}|)} + k_{SBPNN (mean|\rho_{wi,wj}|)}}{2} \quad (7)$$

$$k_{SBPNN (max/min)} = \frac{k_{SBPNN (max|\rho_{wi,wj}|)} + k_{SBPNN (min|\rho_{wi,wj}|)}}{2} \quad (8)$$

$$k_{SBPNN(max_{eig})} = k_{SBPNN (pc)} \quad (9)$$

$$pc = \sqrt{\frac{max_{eig}(R_w)}{n}} \quad (10)$$

where  $K_{SBPNN(.)}$  is the overall neural-network-based critical value. The subscript within the parenthesis corresponds to each criterion, as follows: (max/mean) corresponds to the mean of the critical values computed by the SBPNN-based critical value for the maximum  $max|\rho_{wi,wj}|$  and mean  $mean|\rho_{wi,wj}|$  absolute values of the correlation between the  $w$ -test statistics; (max/min) the mean from the maximum  $max|\rho_{wi,wj}|$  and minimum  $min|\rho_{wi,wj}|$ ; (mean) corresponds to the the SBPNN-based critical value for the mean  $mean|\rho_{wi,wj}|$ ; ( $max_{eig}$ ) the SBPNN-based critical value obtained from the square root of the ration between the largest eigenvalue of the correlation matrix  $R_w$  (signs of correlations are considered) and number of observations  $n$ . The largest eigenvalue

represents the maximum amount of information of the  $R_w$  and it can be easily obtained using Matlab's “eigs” command. In the context of principal component analysis (PCA), the maximum eigenvalue represents the largest possible variance.

Obviously, the expressions above are computed for a given significance level ( $\alpha'$ ) and number of observations ( $n$ ), as can be seen in Figure (2). In the next section, we evaluate each of these criteria. The goal is to investigate the extent to which the critical values computed by the Supervised Back-Propagation Neural Network ( $k_{SBPNN}$ ) deviate from the critical values computed by Monte Carlo method.

### 3 RESULTS AND DISCUSSION

Figure (4) shows that the higher the significance level ( $\alpha'$ ), the larger the error when applying the Šidák correction  $k_{sid}$ . This is due to the fact that the correlation between the  $w$ -test statistics is neglected by the Šidák correction and, therefore, it serves as an upper bound for analyzing the error of the SBPNN method.

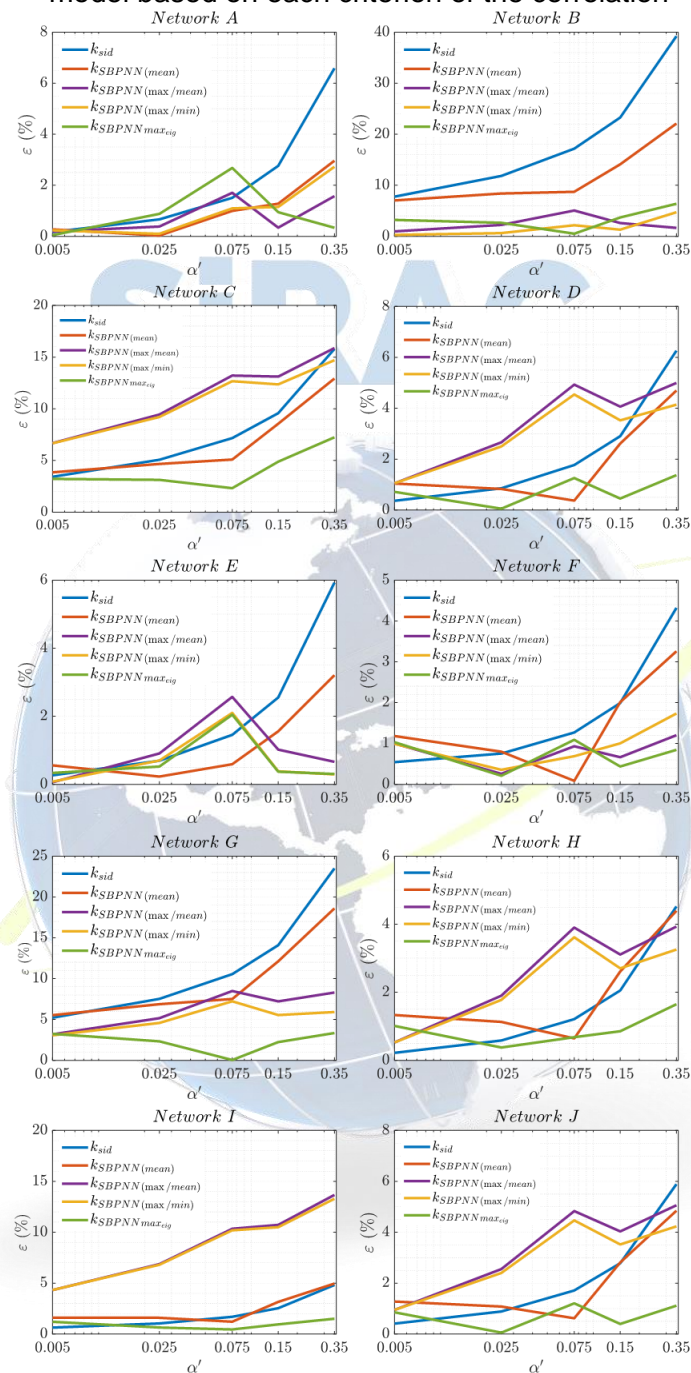
In the case of the Network (A) and for significance levels lower than 10% ( $\alpha' < 0.1$ ), ( $k_{SBPNN}$ ) for all criteria and Šidák correction ( $k_{sid}$ ) provided critical values practically equal to those obtained by the Monte Carlo method, with error less than 3% (Figure 9). However, the increase in the significance level ( $\alpha'$ ) has enlarged the error in the case of Šidák correction, while the error for all criteria in the SPBNN method remained less than 3%. Similar results can be found for networks (E) and (F).

For the case of Network (B), the errors related to the SBPNN-based critical values for all criteria were less than Šidák correction ( $k_{sid}$ ). In that case, SBPNN for  $k_{SBPNN(max/mean)}$ ,  $k_{SBPNN(max/minn)}$  and  $k_{SBPNN(max_{eig})}$  had errors less than 6,5%, while  $k_{sid}$  reached 39% ( $\alpha' = 0,35$ ). Among the criteria considered, the one based on the mean value  $k_{SBPNN(mean)}$  presented the highest error (22% for  $\alpha' = 0,35$ ). Similar results can be found for network (G).

For the case of Network (C), SBPNN for  $k_{SBPNN(max/mean)}$  and  $k_{SBPNN(max/minn)}$  and for  $\alpha' < 0.15$  had larger errors than Šidák correction ( $k_{sid}$ ), with maximum error of the order of ~16% ( $\alpha' = 0,35$ ) and ~14% ( $\alpha' = 0,35$ ), respectively. On the other hand,  $k_{SBPNN(max_{eig})}$  had error less than 7,5%. A similar relationship can be found for network (I), but both  $k_{SBPNN(max/mean)}$  and  $k_{SBPNN(max/minn)}$  with errors larger than the  $k_{sid}$  for all significance levels  $\alpha'$ . In latter case,  $k_{SBPNN(max_{eig})}$  had error less than 1,5%. Actually, there is the same behavior for networks (D), (H) and (J), but the magnitude of the errors for both  $k_{SBPNN(max/mean)}$  and  $k_{SBPNN(max/minn)}$  are much smaller, with the

maximum of the order of ~5%.

Figure 4 – Relative error ( $\epsilon$ ) of the critical values for Šidák correction (sid) and SBPNN model based on each criterion of the correlation



Fonte: Rofatto et al. (2021).

In general, therefore, the criterion “ $max_{eig}$ ” based on the expression in Equation (10) provides a better balance between the correlation and the number of observations for the computation of the critical values.

## 4 CONCLUSIONS

Considering the critical values obtained by Monte Carlo as references, SBPNN method presented a mean relative error of  $\sim 2\%$  ( $\pm 2\%$ ) and a maximum of 7%, whereas the Šidák correction about  $\sim 9\%$  ( $\pm 9\%$ ) and maximum of 54%. Therefore, we observe that SBPNN is able to capture the dependence of the test statistics, and therefore it can be considered as good approximations for the control of the false positive rates ( $\alpha'$ ). Since Šidák correction does not take into account the correlation between the test statistics, we reinforce that its use for controlling the type I error rate should only be used for systems with high redundancy ( $r_i > 0.5$ ), low correlation between *w-test* statistics ( $|\rho_{w_i, w_j}| \leq 0,05$ ) and for low rates of individual false positives  $\alpha_0 < 0,01$  (1%).

Finally, we provide a MATLAB's flexible network object type (called SBPNN.mat) that allows anyone to obtain the desired critical value with good control of type I error for the case where the random errors follow the normal distribution. We also provide a MATLAB's function (called “kNN.m”) which uses {SBPNN.mat} and the criterion  $max_{eig}$  to compute a desired critical value for the case where Gauss-Markov model is in play. Those interested in dataset of this work, {SBPNN.mat and “kNN.m”} please send their request to the authors by e-mail or access <https://data.mendeley.com/datasets/77sfpx9b74/3>.

## REFERENCES

- ANDERSON, T. An introduction to multivariate statistical analysis. 2<sup>nd</sup> ed. **Wiley, New York**, 1984.
- BAARDA, W. A. Testing Procedure for Use in Geodetic Networks. **Publications on Geodesy**, v. 2, n.5, 97 p., 1968.
- GHILANI, C.D. Adjustment computations: Spatial data analysis. 6 ed. **John Wiley Sons, Ltd**, 2017.
- IMPARATO, D., TEUNISSEN, P., TIBERIUS, C. Minimal detectable and identifiable biases for quality control. **Survey Review**, v. 51, n. 367, p. 289–299. 2019. DOI: [10.1080/00396265.2018.1437947](https://doi.org/10.1080/00396265.2018.1437947).
- LEHMANN, E.L., ROMANO, J.P. Testing statistical hypotheses. 3 ed. **Springer-Verlag New York**, 2005.
- LEHMANN, R. Improved critical values for extreme normalized and studentized residuals in Gauss–Markov models. **Journal of Geodetic Science**, v. 86, n. 12, p. 1137–1146, 2012. DOI. [10.1007/s00190-012-0569-0](https://doi.org/10.1007/s00190-012-0569-0).
- LEHMANN, R. On the formulation of the alternative hypothesis for geodetic outlier detection. **Journal of geodesy**, v. 87, n. 4, p. 373–386, 2013.



- LEHMANN, R., LÖSLER, M. Multiple outlier detection: Hypothesis tests versus model selection by information criteria. **Journal of surveying engineering**, v. 42, n. 4, 2016. DOI: [10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000189](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000189).
- MILLER, R.G.J. Simultaneous statistical inference. 2 ed. **Springer-Verlag New York**, 1981.
- MITTELHAMMER, R.C., JUDGE, G.G., MILLER, D.J. Econometric foundations. 1st ed. **Cambridge University Press**, 2000.
- ROFATTO, V., MATSUOKA, M., KLEIN, I. Design of geodetic networks based on outlier identification criteria: An example applied to the leveling network. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, n. 2, p. 152–170, 2018. DOI: [10.1590/s1982-21702018000200011](https://doi.org/10.1590/s1982-21702018000200011).
- ROFATTO, V. F.; MATSUOKA, M. T.; KLEIN, I.; VERONEZ, M. R., DA SILVEIRA, L. G. A Monte Carlo Based outlier diagnosis method for sensitivity analysis. **Remote Sensing**, v. 12, n. 5, p. 1-41, 2020. DOI: [10.3390/rs12050860](https://doi.org/10.3390/rs12050860).
- ROFATTO, V. F.; MATSUOKA, M. T., KLEIN, I., BONIMANI, M. L. S., RODRIGUES, B. P., CAMPOS, C. C., VERONEZ, M. R., SILVEIRA JR, L. G. An Artificial Neural Network-based Critical Values for Multiple Hypothesis Testing: Data Snooping case. **Survey Review**, v. 53, p. 1-16, 2021. DOI: [10.1080/00396265.2021.1968176](https://doi.org/10.1080/00396265.2021.1968176)
- ROM, D.M. An Improved Hochberg Procedure for Multiple Tests of Significance. **The british journal of mathematical and statistical psychology**, v. 66, n. 1, p. 189-196, 2013. DOI: [10.1111/j.2044-8317.2012.02042.x](https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.2012.02042.x).
- SARKAR, S.K., CHANG, C.K. The Simes Method for Multiple Hypothesis Testing with Positively Dependent Test Statistics. **Journal of the american statistical association**, v. 92 n. 440, p.1601–1608, 1997.
- ŠIDÁK, Z. Rectangular confidence regions for the means of multivariate normal distributions. **Journal of the american statistical association**, v. 62, n. 318, p. 626–633, 1967.
- SIMES, R.J. An Improved Bonferroni Procedure for Multiple Tests of Significance. **Biometrika**, v. 73, n. 3, p. 751–754, 1986. DOI: [10.1093/biomet/73.3.751](https://doi.org/10.1093/biomet/73.3.751)
- TEUNISSEN, P. Testing Theory: an introduction. 2º ed. **Delft University Press**, 2006.
- TEUNISSEN, P.J.G., IMPARATO, D., TIBERIUS, C.C.J.M. Does RAIM with correct exclusion produce unbiased positions?. **Sensors**, v.17, n. 7, 2017. DOI: [10.3390/s17071508](https://doi.org/10.3390/s17071508)
- WRIGHT, S.P. Adjusted p-values for simultaneous inference. **Biometrics**, v. 48, n. 4, p. 1005– 1013, 1992. DOI: <http://www.jstor.org/stable/2532694>.
- YANG, L.; WANG, J.; KNIGHT, N. L.; SHEN, Y. Outlier separability analysis with a multiple alternative hypotheses test. **Journal of Geodesy Science**, v. 87, n. 6, p. 591–604, 2013. DOI: [10.1007/s00190-013-0629-0](https://doi.org/10.1007/s00190-013-0629-0).
- ZAMINPARDAZ, S., TEUNISSEN, P. DIA-datasnooping and identifiability. **Journal of Geodesy**, v. 93, n. 1, p. 85–101, 2019. DOI: [10.1007/s00190-018-1141-3](https://doi.org/10.1007/s00190-018-1141-3)

## QUO VADIS SENSORIAMENTO REMOTO EM CAFEEIROS

VINICIUS SILVA WERNECK ORLANDO<sup>1</sup>; GLECIA JÚNIA DOS SANTOS CARMO<sup>2</sup>,  
THAMIRES GIL GODOY<sup>3</sup>, DANIEL JOSÉ PADOVANI EDERLI<sup>4</sup>, LETICIA BATISTA  
CUNHA<sup>5</sup>, FERNANDO VASCONCELOS PEREIRA<sup>6</sup>

### RESUMO

O café é uma das commodities mais consumidas do mundo, mas fatores bióticos e abióticos podem prejudicar sua produção. Como solução, o sensoriamento remoto tem sido utilizado nas avaliações de parâmetros vegetativos da cultura. Com o avanço tecnológico, acredita-se que detectar e quantificar os problemas do cafeeiro por meio de sensores e algoritmos baseados em aprendizado de máquina seja mais preciso, uma vez que tal abordagem proporciona a automação e reprodutibilidade de avaliações de campo. O presente estudo tem o objetivo de reunir e analisar trabalhos dos últimos cinco anos que investiguem o potencial dos dados adquiridos por sensoriamento remoto no monitoramento do cafeeiro e que utilizem aprendizado de máquina. Os resultados apontam um aumento destes algoritmos nos últimos anos. Estudos relacionados a produtividade também foram crescentes. Além disto, a quantidade de pesquisas nacionais tem se equiparado ao de estudos no exterior. Minas Gerais é o estado com mais publicações.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto. Cafeicultura. Aprendizado de máquina. Agricultura. Monitoramento de safra.

### 1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das principais atividades econômicas nacionais com efetiva participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Neste cenário, o Brasil é o segundo maior consumidor de café e ocupa o primeiro lugar como maior produtor e exportador a nível mundial do produto cultivado (ABIC, 2021). Em 2020 o país produziu 63,08 milhões de sacas de café e tem estimativa de 49 milhões de sacas para 2021 (CONAB, 2021).

Contudo, alguns fatores podem limitar o desenvolvimento dos cafeeiros e o sensoriamento remoto tem sido utilizado como instrumento para identificar e reduzir tais efeitos (DHANDE; MALIK, 2021; CHEMURA et al., 2018a; VIEIRA; MARCATTI, 2019). Os sensores remotos são capazes de captar a luz refletida pelos dosséis, que por meio

<sup>1</sup>Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, [vinicius.werneck@unesp.br](mailto:vinicius.werneck@unesp.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, [gleciajscarso@hotmail.com](mailto:gleciajscarso@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, [thamires.godoy@unesp.br](mailto:thamires.godoy@unesp.br)

<sup>4</sup>Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, [daniel.ederli@unesp.br](mailto:daniel.ederli@unesp.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Uberlândia, [leticia.cunha@ufu.br](mailto:leticia.cunha@ufu.br)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Uberlândia, [nandovasconcelosp@gmail.com](mailto:nandovasconcelosp@gmail.com)

de processos digitais permitem a identificação de variabilidades ou feições heterogêneas na lavoura. Tais produtos servem de base para tecnificar e determinar o manejo do cafeeiro (SILVA; ALVES, 2013).

Dentre estes fatores, a produtividade é um aspecto sedutor nas pesquisas que envolvem sensoriamento remoto e agricultura porque as informações sobre a produção das safras antes da colheita são importantes para o planejamento de políticas nacionais (SHANMUGAPRIYA et al., 2019). Em paralelo, as pesquisas também buscam compreender os desequilíbrios nutricionais das plantas (CHEMURA et al., 2018b), as doenças que atuam em todos os estágios fenológicos abordadas pela fitopatologia (VELÁSQUEZ et al., 2020), a indisponibilidade de recursos hídricos (QUEMADA et al., 2021), a sustentabilidade dos sistemas de produção (PONS, 2017) e a classificação sobre o uso e cobertura dos solos que viabilizam a análise e quantificação de áreas cultivadas (CHAVES; FERREIRA; DANTAS, 2019).

Além dos interesses inerentes a cultura do café, os recentes avanços tecnológicos nesta esfera propiciaram diversas pesquisas em torno de metodologias que utilizam os algoritmos baseados em aprendizado de máquina (CHEMURA et al., 2018a, 2018b; VELÁSQUEZ et al., 2020). Estes algoritmos utilizam-se da capacidade de aprenderem sem serem estritamente programadas, isto é, por meio dos dados de entrada (MCQUEEN et al., 1995).

Ocorre que a falta de um direcionamento das pesquisas em mapeamentos do café impede um entendimento completo do rumo das investigações no setor. Para orientar futuras pesquisas, este estudo realiza uma revisão sistemática sobre a evolução dos estudos do sensoriamento remoto em cafeeiros por meio do mecanismo de pesquisa Google Acadêmico, para avaliar qual o direcionamento das pesquisas, as regiões em que mais se publicam e se abordam o aprendizado de máquina, nos últimos cinco anos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material de análise foi composto por estudos publicados em periódicos, disponíveis online pelo mecanismo de pesquisa Google Acadêmico, no período de 2016 a 2021. No mecanismo de pesquisa, foi fixado os termos “remote sensing” e “coffee”. Para cada ano avaliado, foram utilizados os periódicos classificados como mais relevantes e em qualquer idioma e em seguida foi obtido o valor médio para cada classe.

As seis classes gerais em que os estudos foram classificados, com base nas perspectivas dos artigos de revisão, foram: (1) Fitopatologia: estudos relacionados aos

insetos, patógenos e doenças na planta; (2) Produtividade: estudos relacionados ao monitoramento de safra, as avaliações e o desenvolvimento de parâmetros fisiológicos; (3) Nutricional: estudos abrangendo as avaliações de nutrientes do solo e da planta. (4) Relações hídricas: estudos contemplando as necessidades hídricas do cafeeiro. (5) Sustentabilidade: estudos relacionados aos sistemas agroflorestais e de adequações para alterações climáticas. (6) Uso e cobertura da terra: estudos de tendência espaço-temporal da área de cultivo.

Os estudos também foram classificados em relação a localização das áreas de investigação, sendo elas: (1) Exterior; (2) Território nacional com exceção de Minas Gerais; (3) Minas Gerais com exceção do Cerrado mineiro e (4) Cerrado mineiro. Além destas classes, foi observado se os estudos continham ou não algoritmos baseados em aprendizado de máquina. Em todas as etapas, não houve a sobreposição de classes.

Com o objetivo de normalizar as classes em função dos anos, as categorias foram calculadas em porcentagens.

### 3 RESULTADOS

A busca bibliográfica pode ser resumida pela Tabela 1:

Ano Classes em %	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fitopatologia	20	20	14,29	17,65	30	0
Produtividade	0	26,67	21,43	17,65	35	66,67
Nutricionais	0	6,67	21,43	0	10	11,11
Relações hídricas	0	6,67	0	29,41	5	11,11
Sustentabilidade	20	20	7,14	11,76	20	11,11
Uso e cobertura	60	20	42,86	23,53	0	0
Exterior	40	80	71,43	17,65	55	44,44
Nacional	10	0	14,29	11,76	0	11,11
MG	30	13,33	21,43	52,94	45	44,44
Cerrado	20	6,67	0	17,65	0	0
Aprendizado de máquina	11,76	29,41	64,29	5,88	40	40
<b>Total de trabalhos avaliados</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>9</b>

Fonte: AUTORES (2021).

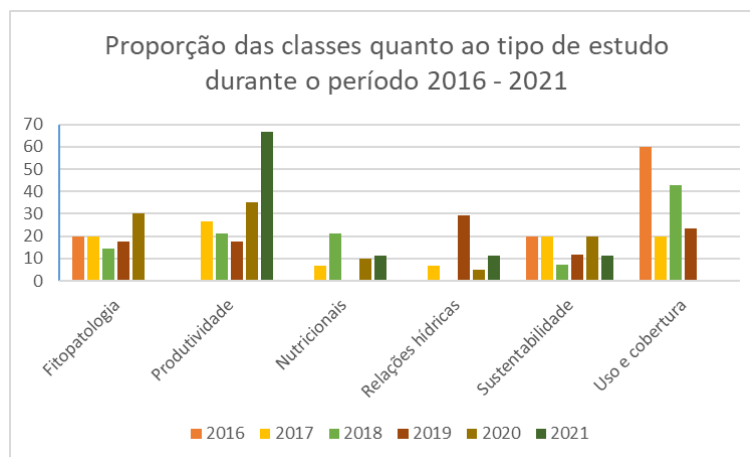
Assim, serão apresentadas as classificações quanto ao tipo de estudo, em relação a localização das áreas de estudo, em relação as aplicações de aprendizado de máquina nos estudos e as suas respectivas localidades.



### 3.1 Classificação quanto ao tipo de estudo

Seis classes foram definidas quanto ao tipo de estudo: fitopatologia; produtividade; nutricional; relações hídricas; sustentabilidade e uso e cobertura da terra. A Figura 1 apresenta a distribuição destas pesquisas conforme os anos estipulados.

Figura 1. Classes do tipo de estudo em função dos anos avaliados.

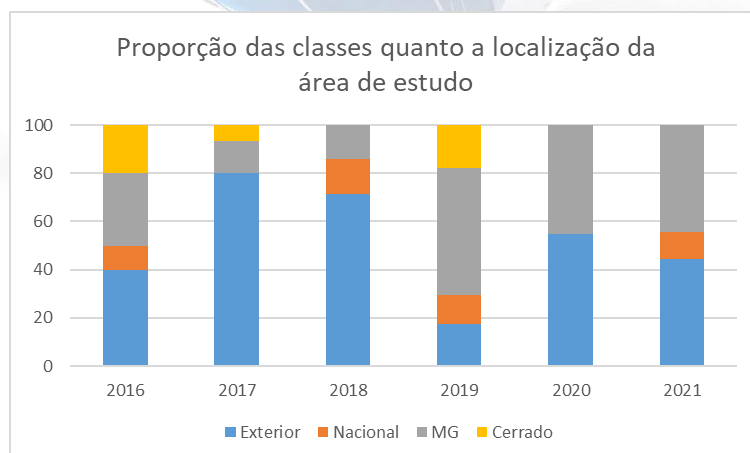


Fonte: AUTORES (2021).

### 3.2 Classificação em relação a localização das áreas de estudo

Em relação à localização das áreas de estudo, foram definidas quatro classes: exterior; território nacional com exceção de Minas Gerais; Minas Gerais com exceção do Cerrado mineiro; e Cerrado mineiro (Figura 2).

Figura 2. Classes de localização das áreas de estudo em função dos anos avaliados.

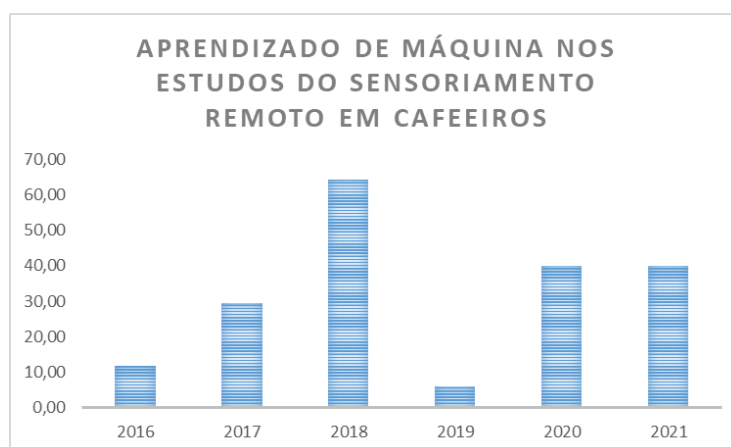


Fonte: AUTORES (2021).

### 3.3. Classificação em relação às aplicações de aprendizado de máquina

A Figura 3 relaciona a distribuição das pesquisas que utilizaram o aprendizado de máquina em função do total avaliado por ano.

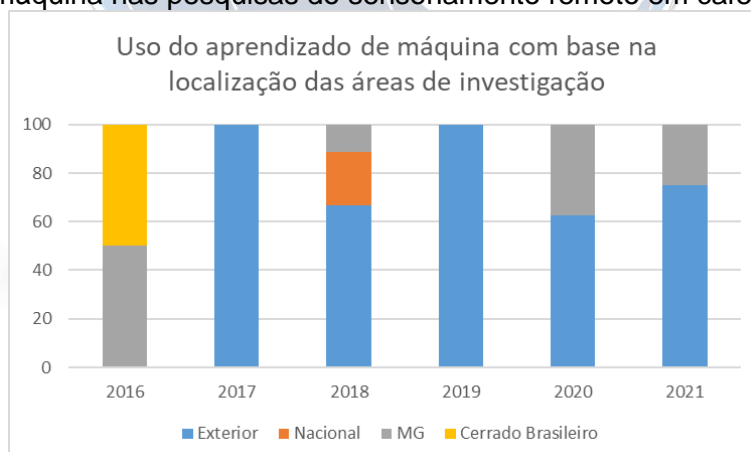
Figura 3. Porcentagem da utilização do aprendizado de máquina em estudos de sensoriamento remoto do cafeeiro em função dos anos avaliados.



Fonte: AUTORES (2021).

A Figura 4 ilustra a localidade das investigações que utilizaram o aprendizado de máquina.

Figura 4. Porcentagem da localização das áreas em que mais utilizam o aprendizado de máquina nas pesquisas do sensoriamento remoto em cafeeiros.



Fonte: AUTORES (2021).

## 4 DISCUSSÕES

### 4.1 Quanto ao tipo de estudo

A classe de produtividade foi a que mais cresceu a partir de 2017, havendo uma queda nos anos de 2018 e 2019, seguida de uma ascensão em 2020 e 2021. Tal resultado pode ser comparado ao histórico do preço do café (COOXUPÉ, 2021), onde houve a valorização das sacas de café até o ano de 2017, queda nos anos de 2018 e 2019 e retomada nos anos de 2020 e 2021. Assim, observa-se que as pesquisas relacionadas a produtividade, acompanham o valor de mercado internacional das sacas de café.

A classe de uso e cobertura da terra foi a segunda mais abordada entre os pesquisadores. Conforme (HUNT et al., 2020), esta finalidade tem sido comum e amplamente abordada entre os estudos internacionais, principalmente com os sensores orbitais da série Landsat. Ainda conforme os autores, estes estudos apontam uma dificuldade em separar áreas heterogêneas, e por isto, utilizam os dados multiespectrais para classificação de áreas cafeeiras.

A classe de sustentabilidade foi a única que permaneceu presente em todos os anos avaliados. Assim como para a classe de produtividade, os valores foram menores em 2017 e 2018. Para Kittichotsatsawat, Jangkrajarn e Tippayawong (2021), as questões globais envolvidas em pesquisas relacionadas a sustentabilidade fazem com que os produtores necessitem constantemente garantir a segurança alimentar, o controle de qualidade e as práticas ambientalmente corretas na cafeicultura para serem competitivos no mercado.

A classe de Fitopatologia apresentou uniformidade com o passar dos anos, havendo um maior volume (30%) no ano de 2020. Conforme Ali et al. (2019), os artigos desta linha utilizam em sua maioria de dados hiperespectrais, sendo dependentes das evoluções destes sensores.

As classes de nutrição e das relações hídricas do cafeeiro obtiveram maiores destaques nos anos de 2018 e 2019, respectivamente. Apesar da detecção de informações nutricionais ser o campo mais importante em que o sensoriamento remoto pode atuar (SHANMUGAPRIYA et al., 2019), observa-se que outros parâmetros estão disputando espaço entre os pesquisadores, até porque determinados estresses, incluídos em outras classes, podem cadenciar a distribuição de nutrientes nas plantas (VIEIRA JUNIOR; FERNANDES, 2015; PIRES; ALVES; POZZA, 2020). Quemada et al. (2021) revisaram os estudos que envolvem o sensoriamento remoto e as relações

hídricas das plantas. Assim como neste estudo, os autores relatam que de 2018 para 2019 houve uma ascensão de estudos na área, reduzindo de 2019 para 2020. Conforme Quemada et al. (2021), as publicações na área estão relacionadas ao aprimoramento tecnológico dos sensores e as folhas, cerca de 35,1% dos estudos, é a parte da planta mais investigada.

#### **4.2 Quanto à localização da área de estudo**

A classe de pesquisas no exterior aponta que demais países produtores estão avançando no campo científico do sensoriamento remoto da cafeicultura, como é o caso da Colômbia (VELÁSQUEZ et al., 2020; REYMONDIN; BUNN, 2019), Indonésia (REYMONDIN; BUNN, 2019), Vietnã (KOUADIO et al., 2021), Etiópia (TAKAHASHI; TODO, 2017) e Guatemala (PONS, 2017).

No Brasil, menos de 10% de pesquisas em média, foram fora do estado de Minas Gerais. As regiões produtoras do sul mineiro e a Universidade Federal de Lavras possuem grande impacto no número de publicações avaliadas (PIRES; ALVES; POZZA, 2020; MIRANDA et al., 2020; MARIN et al., 2019).

Dentro das proporções apresentadas neste estudo, o Cerrado mineiro tem se aprofundado nas questões do sensoriamento remoto do cafeeiro. Foram encontradas pesquisas relacionadas às relações hídricas (ORLANDO, 2019) e a patógenos com potencial de dano econômico (MARTIN; GALO; VIEIRA, 2017).

#### **4.3 Quanto à utilização do aprendizado de máquina**

A Figura 3 aponta que em 2017 (29,41%) houve crescente demanda de estudos com aprendizado de máquina no exterior. Logo, em 2018 (64,29%) foi o ano de maior aplicação do aprendizado de máquina aos estudos de sensoriamento remoto de cafeeiros, compreendendo não só o exterior, mas publicações do contexto nacional e do estado de Minas Gerais, conforme representado na Figura 4. Em 2019 (5,88%), nota-se a queda significativa do número de pesquisas. Já nos anos de 2020 e 2021 (40% em ambos), representam um aumento em relação a 2019 não só em números, mas como uma aparente polarização entre as pesquisas do exterior e de Minas Gerais.

Para Yao et al. (2017), estes algoritmos promovem excelentes resultados na classificação de imagens de sensoriamento remoto agrícola, e as pesquisas convergem para o uso massivo de técnicas de aprendizado profundo.

Apesar deste estudo ter sido realizado em meados de 2021, nota-se que os trabalhos envolvendo o aprendizado de máquina em pesquisas da área já estavam em



40%, isto é, nos mesmos números do ano de 2020. Tal resultado pode ser observado pela popularização destes algoritmos no estado de Minas Gerais.

## 5 CONCLUSÕES

Nos estudos que avaliam a aplicação do sensoriamento remoto em cafeeiros nos últimos anos, houve o aumento progressivo de investigações relacionadas à produtividade e maior destaque por parte dos pesquisadores na utilização de ferramentas computacionais baseadas em aprendizado de máquina.

Observa-se que os trabalhos com áreas de estudo localizadas no exterior são historicamente em proporções maiores, porém o Brasil tem se equiparado a este número. No país, o estado de Minas Gerais não é só o maior produtor de café, mas também é o estado que mais publica no setor avaliado.

## REFERÊNCIAS

ALI, M.M. et al. Non-destructive techniques of detecting plant diseases: A review. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC. Disponível em: <<http://abic.com.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2021.

CHAVES, M. E. D.; FERREIRA, E.; DANTAS, A.A.A. Thresholds definition in MOD13Q1 and VGT-S10 time series for coffee crop area estimation in Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Theoretical and Applied Engineering**, v. 3, n. 2, pp. 1-10. 2019.

CHEMURA, A. et al. Machine learning prediction of coffee rust severity on leaves using spectroradiometer data. **Tropical Plant Pathology**, v. 43, n. 2, pp. 117-127. 2018a.

CHEMURA, A. et al. Mapping spatial variability of foliar nitrogen in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations with multispectral Sentinel-2 MSI data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.138, pp.1-11. 2018b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Observatório agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, V.6 - SAFRA 2020 - N.3 - Terceiro levantamento, setembro 2020**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 24 jun. 2021.

COOPERATIVA REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPÉ - COOXUPÉ. **Preço histórico do café**. Disponível em:

<<http://portalweb.cooxupe.com.br:8080/portal/precohistoricocafe.jsp>> Acesso em: 27 de jun. de 2021.

- DHANDE, A.; MALIK, R. Hyper spectral remote sensing for damage detection and classification models in agriculture-a review. **Information technology in industry**, v. 9, n. 1, pp. 380-386. 2021.
- HUNT, D. A. et al. Review of Remote Sensing Methods to Map Coffee Production Systems. **Remote Sensing**, v. 12, n. 12, p. 2041. 2020.
- KITTICHOTSATSAWAT, Y.; JANGKRAJARNG, V.; TIPPAYAWONG, K.Y. Enhancing Coffee Supply Chain towards Sustainable Growth with Big Data and Modern Agricultural Technologies. **Sustainability**, v. 13, n. 8, p. 4593. 2021.
- KOUADIO, L. et al. Performance of a process-based model for predicting robusta coffee yield at the regional scale in Vietnam. **Ecological Modelling**, v. 443, p.109469. 2021.
- MARIN, D. B. et al. Multispectral radiometric monitoring of bacterial blight of coffee. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 5, pp. 959-982. 2019.
- MARTINS, G.D.; GALO, M.D.L.B.T.; VIEIRA, B.S. Detecting and mapping root-knot nematode infection in coffee crop using remote sensing measurements. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 10, n. 12, pp. 5395-5403. 2017.
- MCQUEEN, R.J.; GARNER, S.R.; NEVILL-MANNING, C.G.; WITTEN, I.H. **Applying machine learning to agricultural data**. Computers and electronics in agriculture, 12(4), 275-293. 1995.
- MIRANDA, J. R. et al. Detection of coffee berry necrosis by digital image processing of landsat 8 oli satellite imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 85, p.101983. 2020
- ORLANDO, V.S.W. **Potencial de imagens multiespectrais tomadas por ARP no monitoramento do manejo da irrigação da cultura do café**. TCC - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.
- PIRES, M.S.O.; ALVES, M.C.; POZZA, E.A. Multispectral radiometric characterization of coffee rust epidemic in different irrigation management systems. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 86, p. 102016. 2020.
- PONS, D. **Exploring Historical Coffee and Climate Relations in Southern Guatemala: An Integration of Tree Ring Analysis and Remote Sensing Data**. 2017. 146 p. Dissertation - Presented to the Faculty of Natural Sciences and Mathematics University of Denver. 2017.
- QUEMADA, C. et al. Remote Sensing for Plant Water Content Monitoring: A Review. **Remote Sensing**, v. 13, n. 11, p. 2088. 2021.
- REYMONDIN, L.; BUNN, C. Mapping and Monitoring of Coffee and Forests in Colombia + Indonesia: Coffee and Forest Conservation Workshop. **International Center for Tropical Agriculture (CIAT)**, 14 p. 2019.
- SHANMUGAPRIYA, P. et al. Applications of remote sensing in agriculture-A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 1, pp. 2270-2283. 2019.

SILVA, F.M.; ALVES, M.C. **Cafeicultura de Precisão**. Lavras-MG: Editora UFLA, pp. 63-64. 2013.

TAKAHASHI, R.; TODO, Y. Coffee certification and forest quality: evidence from a wild coffee forest in Ethiopia. **World Development**, v. 92, pp.158-166. 2017.

VELÁSQUEZ, D. et al. A method for detecting coffee leaf rust through wireless sensor networks, remote sensing, and deep learning: Case study of the Caturra variety in Colombia. **Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 697. 2020.

VIEIRA JUNIOR, J.R.; FERNANDES, C.F. **Doenças do cafeeiro**. Porto Velho, Embrapa Rondônia, pp. 281-307. 2015.

VIEIRA, R.P.H.; MARCATTI, G.E. Detecção de anomalias na cultura do café utilizando imagens do satélite Sentinel-2. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, BRasil. p. 2576-2579. 2019.

YAO, C. et al. A review on image classification of remote sensing using deep learning. **3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)**. Chengdu, China. p.1947-1955. 2017.



## USO DO CADASTRO PARA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE POSTES E SEUS USOS POR EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES NO BAIRRO TREVO DE MONTE CARMELO (MG)

RAFAEL HENRIQUE FERREIRA<sup>1</sup>, FERNANDO LUIZ DE PAULA SANTIL<sup>2</sup>, TATIANE ASSIS VILELA MEIRELES<sup>3</sup>, PÂMELA INÊS DE SOUZA CASTRO<sup>4</sup>

### RESUMO

O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) permite a extração de dados obtidos por meio da vinculação das parcelas urbanas a um conjunto de informações advindas de diferentes áreas e situações, contribuindo assim para o planejamento urbano, crescimento econômico e social de uma cidade. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo realizar o cadastro e a análise dos meios de telecomunicação de uma fração do bairro do Trevo, localizado no município de Monte Carmelo – MG, a fim de apresentar potencialidade do cadastro técnico multifinalitário. Sendo assim, foram realizadas pesquisas de campo utilizando o Boletim de Informações Cadastrais (BIC) com questões relacionadas ao uso das telecomunicações e, posteriormente, com o auxílio de um SIG foram elaborados mapas cadastrais representando os usos dos meios de telecomunicação com suas respectivas parcelas. Os resultados mostraram que este sistema é eficaz na tomada de decisão de empresas e para o governo local, visando evitar prejuízos advindos do mau planejamento da disponibilidade da tecnologia em relação à demanda local.

**Palavras-chave:** Cadastro Técnico Multifinalitário. Meios de Telecomunicação. SIG.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento e desenvolvimento das zonas urbanas, um dos maiores desafios na promoção da cidadania é o planejamento urbano adequado ao uso (SASS, AMORIM, 2014). Sendo assim, o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) propicia uma gama de informações em diversas áreas do conhecimento e da administração pública e privada dos municípios, tais como saúde, segurança, tomada de decisões e outros (LOCH, 2001).

Segundo Loch et al. (2007), o CTM refere-se ao sistema de registro de informações de uma área de interesse, sendo este descritivo e possuidor de uma base cartográfica bem definida. De acordo com Melo (2007), pode-se entender CTM como um conjunto de conhecimentos registrados de uma determinada realidade, dispostos de forma organizada e estabelecidos para um determinado fim.

Dado o exposto, podem-se vincular diversas outras informações que possibilitam à interpretação de características do ambiente urbano e da sua população (LADWIG,

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [cartografo.rafael@gmail.com](mailto:cartografo.rafael@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [santil.f@outlook.com](mailto:santil.f@outlook.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [tatiane\\_meireles@ufu.br](mailto:tatiane_meireles@ufu.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [pamelaisc@outlook.com](mailto:pamelaisc@outlook.com)



2006). Um exemplo refere-se aos meios de comunicação por meio do acesso à internet e ao uso da recepção do sinal de televisão (SILVA, 2015). A utilização de serviços de telecomunicações nos domicílios identificados pelas parcelas é de interesse particular desse estudo.

O registro de informações sobre a utilização dos serviços de comunicação em domicílios pode fornecer dados importantes para a avaliação da oferta, qualidade, acessibilidade da população a esses serviços e contribuir para à tomada de decisão do governo e de empresas locais (SOUZA et al., 2018). O CTM possui caráter fundamental na gestão territorial por oferecer ferramentas, precisão geométrica e temática, necessárias para elaboração de planos urbanísticos, favorecendo à tomada de decisão frente aos problemas referente às questões de terras deste país e a necessidade de se obter informações precisas inerentes ao planejamento (PEREIRA, 2009).

Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo realizar o cadastro do uso dos meios de telecomunicações (internet e televisão) nos domicílios de uma fração do bairro do Trevo, localizado no município de Monte Carmelo – MG, de modo a vincular a matrícula de cada parcela à representação gráfica e espacial de dados quantitativos e qualitativos a respeito das telecomunicações, demonstrando se há o uso racional dos postes com destinação de serviços vinculados e demonstrando a importância da cartografia tradicional e o CTM para à tomada de decisão dessas empresas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo utilizada para a realização desta pesquisa foi uma parcela do bairro do Trevo, que está localizado no município de Monte Carmelo – MG. Esta área foi escolhida por ser um local que apresenta moradia estudantil de alunos da UFU (Camargos, 2018); há disponibilidade de serviços como internet, tv a cabo e se localiza próximo do Campus Araras da Universidade Federal de Uberlândia. Dessa forma, o estudo foi realizado nas parcelas presentes nas três quadras indicadas na Figura 1, por se tratar de uma região com imóveis residenciais e comerciais.

Figura 1 –Localização da fração do bairro do Trevo no perímetro urbano de Monte Carmelo (MG)



Elaboração: Os autores

O cadastro de informações de telecomunicações, tais como os usos de internet e de televisão, proporcionam às empresas prestadoras desses serviços um ganho no planejamento estratégico. A implantação dos aparelhos para disponibilidade desses serviços possuem um alto custo e a não utilização de todo o potencial dos aparelhos, por setor, representam prejuízos para as empresas. Sendo assim, um Cadastro estruturado que contemple a disponibilidade e qualidade dos produtos disponibilizados no âmbito de telecomunicações, auxiliaria as empresas na administração do serviço prestado à sociedade.

Neste contexto, a partir das informações levantadas, foi criado um código identificador do domicílio, desenvolvido de forma a representar a matrícula dos imóveis. Tal procedimento foi necessário devido a inexistência de um código único identificador de cada parcela no município em estudo. Sendo assim, foram gerados números fictícios de forma a garantir a identificação dos imóveis com a seguinte estrutura adotada: setor (S), quadra (Q), lote (L) e o número da casa (N). Dessa forma, o identificador único teve 10 dígitos e foram dispostos da forma: SSQQLNNNN, como exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo fictício do Código Identificador Único das parcelas

Setor	Quadra	Lote	Número	Código Único
01	10	01	500	0110010500
01	10	02	20	0110020020
01	10	03	134	0110030134
01	11	01	2345	0111012345
01	11	02	1	0111020001

Elaboração: Os autores.

Com isso, para a coleta das informações, foi elaborado um Boletim de Informações Cadastrais (BIC) indicado pela Tabela 2, composto por perguntas necessárias à identificação dos serviços de telecomunicações utilizados nos domicílios, visando a obtenção de informações sobre os tipos de recepção de sinal: a) internet: fibra óptica, banda larga, conexão discada e sem internet e b) televisão: tv aberta, tv a cabo, parabólica e sem tv. A pesquisa foi realizada com a população residente na área estudada e a título de exemplificação, a Tabela 2 representa uma amostra do BIC.

Sapiro (1993) destaca que a prática de monitoramento do ambiente não é recente nem desconhecida. Esse autor menciona que o que parece ser de natureza diferente são os esforços da organização para sistematizar e formalizar as atividades e criar uma estrutura de inteligência formal dentro da organização para garantir o sucesso de seu plano estratégico. Para a aquisição desses dados, foi necessária a realização de apenas uma visita em campo o que proporcionou o levantamento de todas as informações pertinentes à execução deste trabalho. O estudo foi baseado na obtenção de distribuição de sinal de internet por fibra óptica e da recepção de sinal de televisão com a aplicação do sistema cadastral.

Tabela 2 – Fragmento da amostra do Boletim de Informações Cadastrais da área de estudo

MEIOS DE TELECOMUNICAÇÕES							
Área de estudo: Bairro Catulina							
Código Único	TIPOS DE USO DA INTERNET			TIPOS DO USO DA TELEVISÃO			
	Banda larga	Fibra óptica	Sem internet	TV aberta	TV a cabo	Parabólica	Sem TV
0101120540		X				X	
0101130546			X			X	
0101140560			X			X	
0101150570	X					X	

Elaboração: Os autores

O sinal por meio de banda larga geralmente é disponibilizado via rede de telefonia convencionais, as quais transmitem dados em alta velocidade. Já o sinal por meio da fibra óptica é gerado por meio da emissão de comprimentos de ondas em seu interior, ou seja, a propagação da luz permite transmitir dados de internet, telefonia, televisão, entre outros. Uma das vantagens deste meio de recepção de sinal é o fato de sua velocidade de transmissão de sinal porque possui capacidade de aproximadamente 40 Gbits/s enquanto que a banda larga fornece uma velocidade de 64 a 128 Kbps (1 Gbit/s equivale a 1.000.000 Kbps).

Para a separação das parcelas, além das informações coletadas em campo, foi utilizada uma imagem do Street View – Google Earth Pro, que permitiu vincular informações obtidas *in loco* e informações terrestres.

A partir da vetorização manual da imagem, utilizando o software QGis versão 2.8.3, foram identificadas as feições de interesse, sendo elas: imóvel não edificado, imóvel comercial, imóvel residencial e postes de iluminação. Após a vetorização das feições, foi executada automaticamente uma tabela de atributos contendo apenas o código identificador, o qual foi inserido manualmente no momento de criação do shapefile de cada parcela.

As informações obtidas em campo foram organizadas em uma planilha Excel 2016, contendo o código identificador único e as respostas fornecidas pelos entrevistados. Posteriormente, foi realizada a junção da planilha de campo com a tabela de atributos dos arquivos shapefile gerados no software QGis 2.8.3, tornando-se uma única tabela contendo todas as referências necessárias à elaboração dos layouts dos mapas.

Em entrevista com o diretor geral de uma das empresas de distribuição de sinal, foram realizadas as perguntas apresentadas no Quadro 1. O objetivo desse levantamento



foi identificar a relevância do cadastramento como instrumento de apoio na elaboração de estratégias destinadas a otimizar custos e benefícios à empresa.

A partir dessa entrevista, foi possível constatar que, pelos motivos dessa dita importância há tomada de decisão das empresas porque o custo para a instalação da caixa de distribuição de sinal, como apresentado na Figura 2, é alto e pode ser minimizado caso haja compartilhamento de uso por mais de um cliente. Desta forma, a espacialização e visualização por meio de mapeamentos, contribuiria de forma positiva à tomada de decisão para a escolha do local de instalação das mesmas.

Quadro 1 –Entrevista com o diretor geral de uma empresa fornecedora de sinal no município

Perguntas	Respostas
Como é feita a pesquisa de demanda para disponibilizar a internet fibra óptica?	O departamento de marketing demanda por ligação de interesse, ou seja, contato com o cliente.
É interessante ter acesso a esse tipo de cadastro? (sistema cadastral dos meios de telecomunicação)	Sim. No momento existem muitas quadras em que a caixa central não preencheu o seu número máximo de recursos. Com o mapa será possível estimar melhor a caixa central dada à demanda.
A disponibilidade de postes no local interfere diretamente no custo para a instalação?	Interfere somente no aumento da média de 150m de cabo por cliente. Aumento de R\$1,75 por metro.
O produto é viável?	Sim. Pois permite analisar e encontrar de forma visual os pontos onde possui clientes e onde seria vantajoso realizar a instalação das caixas de distribuição de sinal.

Elaboração: Os autores.

Figura 2 –Caixa de distribuição de sinal de internet por meio de fibra óptica, 2019



Fonte: Os autores

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 representa as feições de interesse, sendo divididas em imóvel não edificado, imóvel comercial, imóvel residencial e postes de iluminação. Os postes foram representados por meio de feições pontuais e neles poderão ser implantadas as caixas de distribuição de sinal de internet fibra óptica, importantes no planejamento da empresa responsável.

Ao se observar a Figura 3, foi possível identificar que das parcelas analisadas a maior parte corresponde a imóveis residenciais (44 parcelas) e, em seguida, imóveis comerciais com 8 parcelas e lotes e imóveis não edificados contendo 5 parcelas, que totaliza 57 parcelas.

Dessas parcelas, foram identificados em mapeamentos os tipos de recepção de sinal dos meios de telecomunicações (televisão e internet). A Figura 4 representa o mapeamento da recepção de sinal dos usos de televisão, classificados em: não possui televisão, tv parabólica, tv aberta e tv a cabo.

Figura 3 – Parcelas visitadas e as suas classificações



Elaboração: Os autores.

Figura 4 - Parcelas em relação à recepção do sinal de televisão



Elaboração: Os autores

A partir da análise da Figura 4, foi possível identificar que 22 parcelas possuem sinal de recepção por meio de antena parabólica; 13 parcelas não possuem nenhum tipo de recepção de sinal; 12 parcelas possuem a recepção por meio do sinal aberto e 10 parcelas recebem o sinal por cabos.

Na Figura 5 está representado o mapeamento dos tipos de recepção de sinal de internet, que foram classificados em: sem internet, fibra óptica e banda larga.

Figura 5 – Parcelas em relação à recepção do sinal de internet



Elaboração: Os autores

Por meio da análise da Figura 5, pode-se observar que 24 parcelas não possuem



internet em casa, 16 parcelas possuem a recepção do sinal por meio da fibra óptica com velocidade variando entre 50mb a 200mb e 17 parcelas por banda larga com velocidade máxima de 100mb.

Das 10 parcelas classificadas em uso de fibra óptica na quadra da direita da Figura 5, o diretor encontrou que apenas 3 utilizavam os serviços prestados pela empresa e chegou à conclusão de que a caixa instalada no local poderia ter sido implementada em uma outra região de forma a atender uma população maior.

#### 4 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho, pode-se perceber o quão importante e necessário é a aplicação do cadastro técnico em ambiente SIG em diversas áreas do conhecimento e informações, uma vez que este auxilia de forma positiva a tomada de decisões em empresas e instituições governamentais. A capacidade de geração e manipulação de imagens, permitiu de forma simples obter dados referentes ao ambiente físico, cujo resultado trouxe por meio do mapeamento e tabulação dos dados obtidos via campo, a facilidade no monitoramento das variáveis em estudo.

Por outro lado, mostrou-se ser um trabalho que auxilia as empresas privadas e ao poder público trazendo informações primárias para efetivar investimentos e decisões de gerenciamento, pois ajudam na identificação do problema e, em particular, a subutilização de poste com determinada finalidade, reduzindo assim, informações imprecisas no processo de tomada de decisão. No caso, os indicadores qualitativos e quantitativos dos diferentes usos dos meios de telecomunicações, possibilitam que as empresas responsáveis pela emissão do sinal possam consultar a base cartográfica e planejar de forma precisa a execução dos serviços a serem prestados.

Recomenda-se que esta proposta seja divulgada como forma de aproximação das empresas do setor como ponto inicial de aproximação da atuação profissional do engenheiro agrimensor e cartógrafo com o mercado de trabalho. Naturalmente, pode-se ampliar essa área de estudo e verificar procedimentos que atendam a gerar uma base cartográfica confiável e adequada a geração do CTM em decisões referentes à gestão e ao monitoramento do território.





## REFERÊNCIAS

CAMARGOS, Mary Caroline Oliveira. **Análise e viabilidade de tarifação do sistema de transporte à comunidade acadêmica da UFU em Monte Carmelo (MG)**. 2018. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso ( Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

EXCEL, M. S. Microsoft Excel. **Denver Co., USA**, 2016.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro Técnico Multifinalitário: Rural e Urbano**. Cambridge, MA: *Lincoln Institute of Land Policy*, 2007. 142p.

MELO, E. B. **A Realidade do cadastro Técnico Urbano No Brasil**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5357-5364.

SASS, G. G.; AMORIM, A. Cadastro urbano polivalente e temporalidade de dados. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, 2014.

LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. Anais. Porto Alegre. 2001. p. 79-88.

LADWIG, N. I.O cadastro técnico multifinalitário e o sistema de informação geográfica para o planejamento e a gestão participativa e sustentada do turismo. 2006. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

SAPIRO, Arão. Inteligência empresarial: a revolução informacional da ação competitiva. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v.33, n.3, p. 106-124, maio/jun.1993.

SILVA, P. F. J. Geografia das Telecomunicações no Brasil. 1ª ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, Editora Unesp, 2015. 309p.

SOUZA, B. S. et al. Cadastro e análise da utilização dos meios de telecomunicações nos imóveis urbanos da Cidade de Inconfidentes–MG. In: **COBRAC 2018**. 2018.

## NEURION: SISTEMA PARA PRODUÇÃO DE MAPAS DE VTEC REGIONAIS PREDITOS COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

JOSÉ ROBERTO DE ABREU JUNIOR<sup>1</sup>, WAGNER CARRUPT MACHADO<sup>2</sup>

### RESUMO

A ionosfera é a principal fonte de degradação do posicionamento com GNSS. O atraso ionosférico é proporcional à densidade de elétrons livres presente no percurso do sinal e inversamente proporcional à sua frequência. A densidade de elétrons é quantificada pelo conteúdo total de elétrons (TEC – *Total Electron Content*). Desde 1998, o serviço interacional do GNSS (IGS – *International GNSS Service*) tem produzido mapas de TEC na direção vertical (VTEC) com abrangência global, denominados de GIM (*Global Ionosphere Map*). Porém, tais mapas são disponibilizados com uma determinada latência e não podem ser usados em tempo-real. Este trabalho visa apresentar o sistema computacional desenvolvido na UFU para produzir mapas de VTEC regionais preditos com redes neurais artificiais a partir dos GIM disponibilizados pelo IGS.

**Palavras-chave:** GNSS. Ionosfera. Redes neurais artificiais.

### 1 INTRODUÇÃO

A ionosfera é a fonte de degradação do posicionamento GNSS mais severa, sendo responsável por mais de 80% dos erros (LANGLEY, TEUNISSEN e MONTEMBRUCK, 2017). O sinal GNSS sofre refração ao se propagar pela ionosfera e isso causa um atraso na sua recepção pelo receptor, o qual é proporcional à densidade de elétrons livres e inversamente proporcional à frequência do sinal.

A densidade de elétrons é quantificada pelo conteúdo total de elétrons (TEC – *Total Electron Content*), que pode ser entendido como o conteúdo de elétrons livres contido em um cilindro com área de seção transversal igual a  $1 \text{ m}^2$  que se estende ao longo da trajetória do sinal pela ionosfera (LANGLEY, TEUNISSEN e MONTEMBRUCK, 2017).

O TEC pode ser estimado a partir dos sinais GNSS observados por uma rede de receptores GNSS de alto desempenho utilizando a combinação linear livre da geometria. Além do TEC, este modelo matemático possui os atrasos interfrequência diferenciais (DCB – *Differential Code Biases*) dos satélites e dos receptores como incógnitas. Além disso, é comum a utilização de uma função de mapeamento visando a determinação do

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [eng.jrobertoabreu@gmail.com](mailto:eng.jrobertoabreu@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [wagnercarrupt@ufu.br](mailto:wagnercarrupt@ufu.br)

TEC na direção vertical, denominado como VTEC (CAMARGO, 1999; SCHAER, 1999).

Desde 1998, o serviço internacional do GNSS (IGS – *International GNSS Service*) estabeleceu uma rotina de produção e disponibilização de mapas de VTEC com abrangência global, denominados de mapas de ionosfera globais (GIM – *Global Ionosphere Maps*) (IGS, 2021).

Matsuoka e Camargo (2007) e Armendaris, Matsuoka e Camargo (2009) mostram que os GIM disponibilizados pelo IGS podem reduzir em mais de 70% o erro na componente altimétrica. Porém, os GIM do IGS ficam disponíveis com pelo menos 24 horas de atraso e não permitem a realização de posicionamento em tempo real. Portanto, o desenvolvimento de modelos de previsão do VTEC é de essencial interesse para os usuários do GNSS.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o sistema Neurion. Trata-se de um sistema computacional modular que visa a produção de mapas regionais de VTEC preditos com redes neurais artificiais (RNA) a partir do GIM disponibilizado pelo IGS.

## 2 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Redes neurais artificiais são sistemas inspirados nas estruturas de armazenamento e processamento do sistema nervoso biológico visando armazenar e disponibilizar conhecimento experimental. Elas são compostas por uma determinada quantidade de entradas e unidades de processamento, denominados de neurônios, os quais são ligados por meio de pesos sinápticos (HAYKIN, 1999).

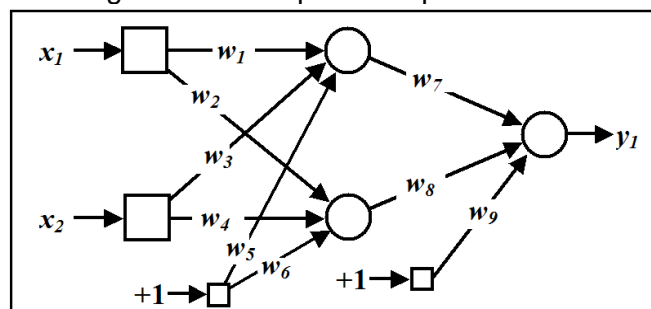
As entradas são propagadas através da topologia da RNA, sendo transformadas pelos pesos sinápticos, *biases* e pela função de ativação dos neurônios. Os dois primeiros se constituem nos parâmetros incógnitos. O processo de estimação de tais parâmetros é conhecido como treinamento e se constitui de um processo iterativo onde parâmetros iniciais são atualizados até a convergência do processo. Os neurônios possuem uma função de ativação visando transformar a somatória das entradas que chegam nele em estado de ativação (HAYKIN, 1999).

### 2.1 Percéptrons de múltiplas camadas (MLP)

Na arquitetura de RNA denominada percéptrons de múltiplas camadas (MLP- *MultiLayer Preceptons*), o fluxo da informação é unidirecional, onde as entradas são propagadas da camada de entrada para a camada de saída, passando por uma ou mais camadas ocultas (HAYKIN, 1999). A figura 1 mostra um exemplo desta arquitetura com

duas entradas, uma camada oculta contendo dois neurônios e uma camada de saída constituída por apenas um neurônio, onde os símbolos  $w_i$  ( $i = 1, 9$ ) representam os pesos sinápticos e *biases*. Os *biases* são os pesos sinápticos ligados às entradas com valores constantes, neste caso, iguais a 1.

Figura 1 – Exemplo da arquitetura MLP



Fonte – Machado e Fonseca Jr (2013)

Cybenko (1989) mostra que uma MLP com apenas uma camada oculta é capaz de aproximar qualquer função contínua dentro de uma precisão pré-estabelecida, desde que a camada oculta possua quantidade adequada de neurônios.

A quantidade de neurônios ocultos ideal é aquela que possui o menor número de neurônios ocultos sem que a capacidade da RNA de calcular a quantidade de interesse corretamente a partir de entradas que não foram utilizadas durante o treinamento seja comprometida. A correlação-cruzada é uma ferramenta que pode ser utilizada na determinação da quantidade de neurônios ocultos ideal. Neste caso, uma parte dos dados de treinamento é separada para se realizar uma avaliação da solução. Treina-se RNA com quantidade de neurônios diferentes e se selecionada a que produz o melhor resultado com os dados de avaliação (STONE, 1978).

O treinamento da MLP requer a disponibilidade de um conjunto de dados contendo entradas e saídas conhecidas (amostras). O objetivo do método de treinamento é minimizar uma função de custo calculada em função da diferença entre a saída calculada pela MLP e a saída correspondente do conjunto de dados de treinamento (HAYKIN, 1999). Após o treinamento, os parâmetros da MLP são fixos e a quantidade de interesse pode ser calculada a partir de novas entradas.

### 3 MAPAS DE IONOSFERA

Uma aproximação muito usada para se estimar o TEC com dados GNSS considera que ele esteja totalmente contido no ponto de intersecção do sinal com uma camada infinitesimalmente fina localizada a uma determinada altitude, denominada de



camada ionosférica. Este ponto de intersecção é denominado de ponto ionosférico (IPP – *Ionospheric Piercing Point*) (CAMARGO, 1999, SCHAER, 1999).

Os produtos ionosféricos são comumente disponibilizados em formato de mapas, os quais são estruturados em um conjunto de grades de VTEC com intervalos e amplitude longitudinal e latitudinal pré-determinados. Schaer e Güntner (1998) propuseram um formato padrão para disponibilização de produtos ionosféricos, denominado de IONEX (*Ionosphere map Exchange*). Este formato possui um cabeçalho com informações sobre a produção dos mapas, uma seção com os mapas de VTEC e uma seção com a acurácia dos VTEC.

OS GIM disponibilizados pelo IGS são constituídos de 13 grades regulares de valores de VTEC, com intervalo de 2 horas entre as grades, variando de  $-180^{\circ}$  à  $180^{\circ}$  em longitude, com intervalo de  $5^{\circ}$ , e de  $-87,5^{\circ}$  à  $87,5^{\circ}$  em latitude, com intervalo de  $2,5^{\circ}$ . Os VTEC são estimados a partir de dados de GNSS de duas frequências da rede global do IGS. Os arquivos são disponibilizados em formato IONEX.

As grades de VTEC são estabelecidas imaginariamente ao longo da camada ionosférica. No caso do GIM do IGS, a camada ionosférica está localizada a 450 km de altura, na qual todos seus vértices contém um valor de VTEC. O IGS disponibiliza dois tipos de GIM: o rápido, com latência menor que 24 horas; e final, com 11 dias de latência (IGS, 2021).

Estes GIM são resultantes da combinação da solução de quatro centros de processamento: o CODE (*Center for Orbit Determination in Europe*), a ESA (*European Space Agency*), o JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) e o UPC (*Polytechnic University of Catalonia*) (MACHADO, 2012).

## 4 NEURION

O Neurion é um sistema computacional desenvolvido para a produção de mapas de ionosfera preditos com RNA para a região brasileira em formato IONEX. Ele é composto por três módulos principais escritos em Fortran. A execução dos módulos é controlada por meio de um script principal, no qual se informa a data inicial e final da produção dos mapas de ionosfera. A seguir, a função de cada módulo será descrita.

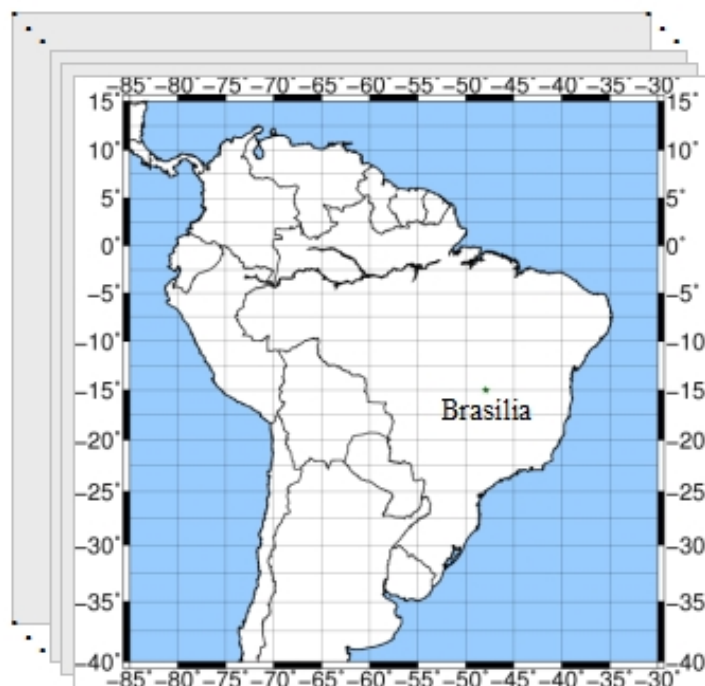
### 4.1 IONEX2RNA

Este módulo tem como objetivo ler as informações dos arquivos GIM disponibilizados pelo IGS e prepará-los para o treinamento das RNA. Ele recebe a data de início da previsão do script principal, lê os arquivos GIM de três dias anteriores e

realiza a normalização das informações utilizadas como entrada no treinamento e avaliação da RNA.

As entradas são delimitadas entre as latitudes  $+15^\circ$  e  $-40^\circ$  e as longitudes  $-30^\circ$  e  $-85^\circ$ , resultando em 39 grades com 276 vértices cada uma (10.764 amostras). A figura 2 ilustra a grade de VTEC utilizada no treinamento das RNA.

Figura 2 - Grade de VTEC do modelo



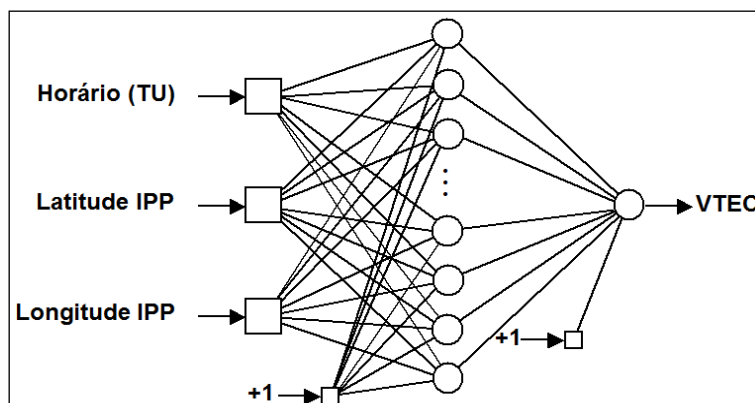
Fonte: Machado e Fonseca Jr (2013)

O modelo de RNA utilizado na previsão é o desenvolvido por Machado e Fonseca Jr (2013). Este modelo usa a arquitetura MLP com uma única camada de 16 neurônios ocultos, cujos dados de entrada são a latitude e longitude dos IPP e o horário (TU), enquanto que a saída é o VTEC, conforme mostra a figura 3.

A função de ativação dos neurônios ocultos é do tipo sigmoidal antissimétrica, a qual é adequada para aplicações não lineares. O neurônio da camada de saída tem função de ativação linear, o que evita a saturação do neurônio de saída, bem como de ser necessário aplicar alguma mudança de escala. Isso, possibilita que os resultados possam ser utilizados diretamente e acelera a convergência do processo de treinamento.

No final do processo, os dados de treinamento e avaliação da RNA, bem como o arquivo contendo os fatores de normalização das entradas da RNA são armazenados.

Figura 3 – Modelo da RNA



Fonte: Machado e Fonseca Jr (2013)

A normalização dos dados de entrada é feita da seguinte forma:

$$X_{inp} = \frac{X_{inp} - \overline{X_{inp}}}{\sigma X_{inp}} \quad (1)$$

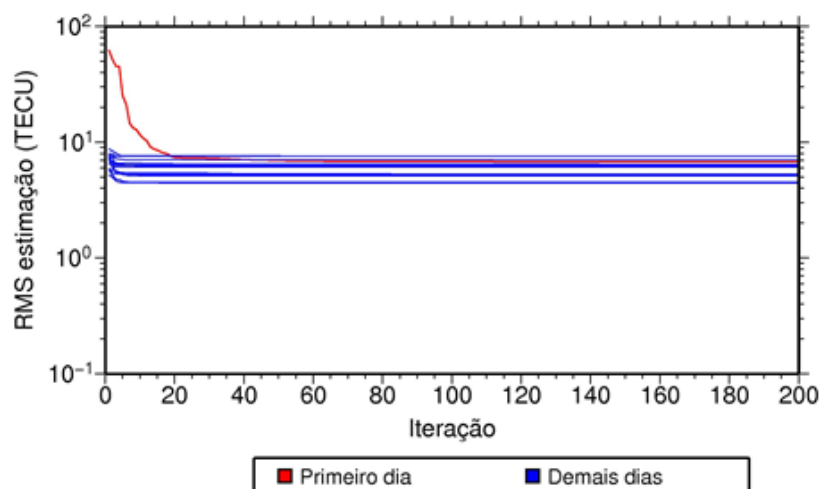
onde  $\overline{X_{inp}}$  e  $\sigma X_{inp}$  são a média e o desvio-padrão dos valores de entrada da RNA.

#### 4.2 NBN\_Ion

A função deste módulo é receber os dados de entrada resultantes do módulo IONEX2RNA e realizar o treinamento da RNA por meio do método Levenberg Marquardt sem retropropagação (WILAMOWISKI e YU, 2010).

Considera-se que o treinamento da RNA tenha convergido quando a raiz do erro médio quadrático (RMS – Root Mean Square) da diferença entre o VTEC calculado com RNA e o VTEC contido no GIM atinge seu valor mínimo. No início do processo de produção dos mapas de ionosfera preditos, os valores iniciais dos parâmetros foram definidos como sendo os valores aleatórios entre 1 e -1. Para os demais dias, utilizou-se os parâmetros determinados no treinamento anterior. Com esta prática verificou-se que há uma aceleração no processo de convergência do treinamento, conforme pode ser visto na figura 4.

Figura 4 – Comportamento do RMS do conjunto de estimação



Fonte: Adaptado de Machado (2012)

Após o treinamento da RNA, os parâmetros calculados são armazenados.

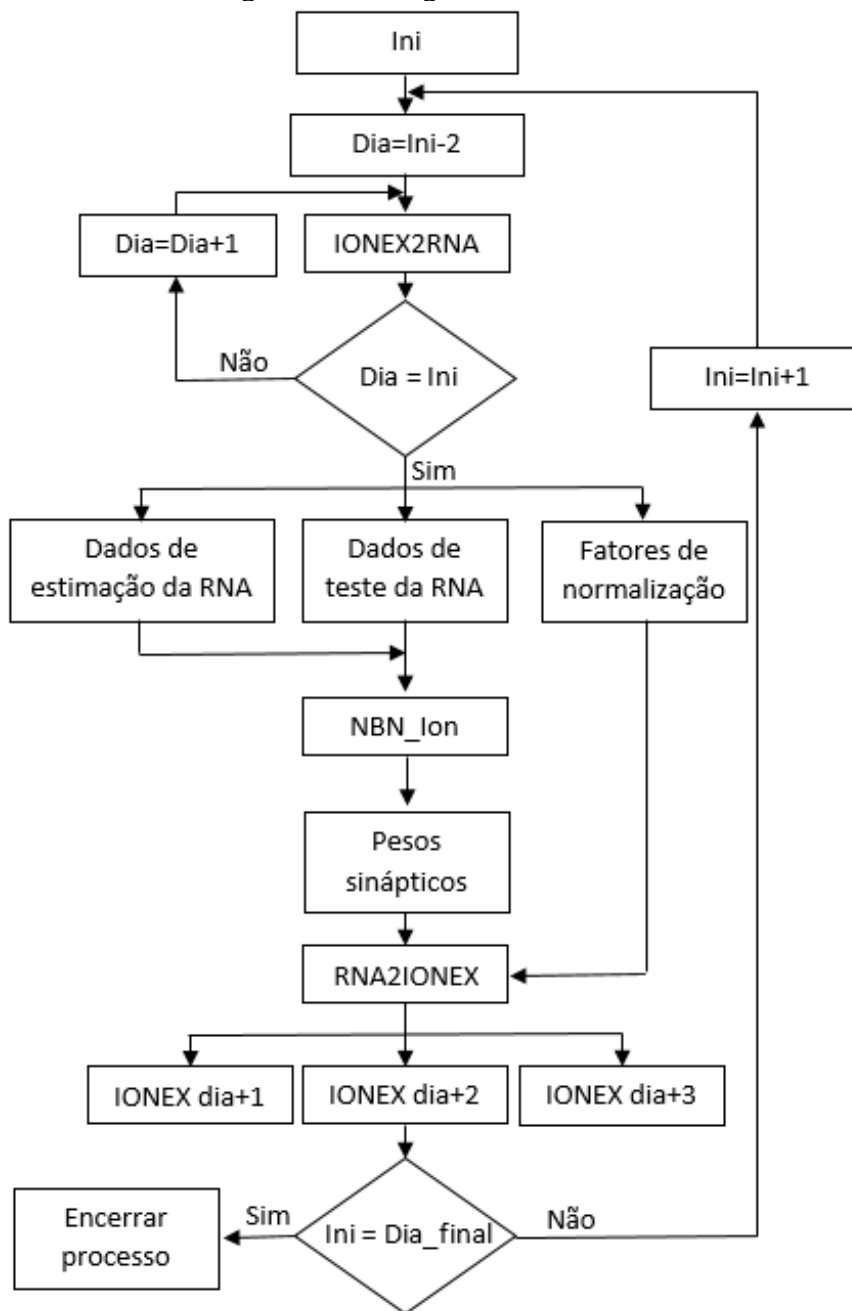
### 4.3 RNA2IONEX

O último módulo tem a função de ler os fatores de normalização determinados no primeiro módulo e os pesos sinápticos estimados no segundo módulo, executar a RNA para calcular os valores de VTEC preditos em suas respectivas posições e épocas e escrever os mapas de ionosfera preditos no formato IONEX. Diferentemente dos GIM do IGS, os mapas de ionosfera preditos são escritos com intervalo de uma hora, totalizando 25 mapas por dia.

Ao final do processamento de cada dia, três arquivos IONEX são gerados, contendo a previsão para 1 dia (RNA\_1), previsão para dois dias (RNA\_2) e previsão para três dias (RNA\_3). A figura 5 mostra o fluxograma detalhado do processo de produção dos mapas de ionosfera pelo Neurion.



Figura 5 - Fluxograma do Neurion



Fonte: Os autores (2021)

A seguir, um exemplo dos mapas de ionosfera gerados é apresentado, mostrando o cabeçalho e um trecho dos mapas de ionosfera.

1.0	IONOSPHERE MAPS	MIX	IONEX VERSION / TYPE
NeurIon	UFU	12-FEB-2021 06:48	PGM / RUN BY / DATE
UFU - REGIONAL IONOSPHERE MAPS - BRAZIL			COMMENT
Regional Ionosphere Maps for Brazil generated by VTEC			DESCRIPTION
Prediction using artificial neural networks from IGS GIM			DESCRIPTION
The VTEC is predicted at 450 km high using the ionospheric			DESCRIPTION
piercing point coordinates and Universal Time			DESCRIPTION
Contact address (e-mail): wagnercarrupt@ufu.br			DESCRIPTION
2014 1 4 0 0 0			EPOCH OF FIRST MAP
2014 1 5 0 0 0			EPOCH OF LAST MAP
3600			INTERVAL
25			# OF MAPS IN FILE
COSZ			MAPPING FUNCTION
20.0			ELEVATION CUTOFF
Predicted VTEC with ANN			OBSERVABLES USED
6371.0			BASE RADIUS
2			MAP DIMENSION
450.0 450.0 0.0			HGT1 / HGT2 / DHGT
15.0 -40.0 -2.5			LAT1 / LAT2 / DLAT
-85.0 -30.0 5.0			LON1 / LON2 / DLON
-1			EXPONENT
PROJECT : REGIONAL IONOSPHERIC MAP PRODUCTION FROM			COMMENT
VTEC PREDICTION USING ARTIFICIAL NEURAL			COMMENT
NETWORKS			COMMENT
SPONSERS : UFU/CNPq			COMMENT
TEC/RMS values in 0.1 TECU; 9999, if no value available			COMMENT
DIFFERENTIAL CODE BIASES			START OF AUX DATA
DIFFERENTIAL CODE BIASES			END OF AUX DATA
			END OF HEADER
1			START OF TEC MAP
2014 1 4 0 0 0			EPOCH OF CURRENT MAP
15.0 -85.0 -30.0 5.0 450.0			LAT/LON1/LON2/DLON/H
219 237 257 279 304 332 359 383 400 406 399 381			
12.5 -85.0 -30.0 5.0 450.0			LAT/LON1/LON2/DLON/H
270 294 323 353 384 412 432 442 440 425 400 367			
10.0 -85.0 -30.0 5.0 450.0			LAT/LON1/LON2/DLON/H
340 373 407 437 461 475 477 466 444 413 377 340			
7.5 -85.0 -30.0 5.0 450.0			LAT/LON1/LON2/DLON/H
428 461 487 504 510 503 486 458 424 386 348 314			
5.0 -85.0 -30.0 5.0 450.0			LAT/LON1/LON2/DLON/H
511 530 539 537 524 500 469 432 393 356 324 298			

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se o sistema computacional para produção de mapas de ionosfera preditos com RNA para a região do Brasil, denominado de Neurion, o qual utiliza informações pretéritas dos GIM disponibilizados pelo IGS como fonte de informação.

O sistema está operacional e é capaz de gerar mapas de ionosfera preditos por até três dias continuamente, sendo um dos objetivos para trabalhos futuros avaliar a qualidade dos mapas no posicionamento por ponto simples. Também se vislumbra a possibilidade da implementação de um serviço eletrônico para disponibilizar os mapas



preditos para toda a comunidade.

## REFERÊNCIAS

ARMENDARIS, O. C.; MATSUOKA, M. T.; CAMARGO P. O. Desempenho do modelo global da ionosfera do IGS: avaliação no posicionamento por ponto na região sul do Brasil em período de alta atividade solar. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 2, p. 208-223, 2009.

**CAMARGO, P. O. Modelo regional da ionosfera para uso em posicionamento com receptores GPS de uma frequência. 199. 191 p. Tese (Doutorado) Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.**

CYBENKO, G. Approximations by superpositions of sigmoidal functions. **Math. Control Signal Systems**, v. 2, p. 303-314, 1989.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 1999. 900 p.

IGS. **Products**. Disponível em: [https://igs.org/products/#ionospheric\\_products](https://igs.org/products/#ionospheric_products). Acesso em: 15 set. 2021.

LANGLEY, R. B.; TEUNISSEN, P. J. G.; MONTENBRUCK, O. Introduction to GNSS. In: TEUNISSEN, P. G. J.; MONTENBRUCK, O. **Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. Ed. Springer, p. 1-24, 2017.

MACHADO, W. C. Utilização de redes neurais artificiais na previsão do VTEC visando a geração de estações de referência virtuais em tempo-real. 2012. 184p. Tese (Doutorado) Engenharia de Transporte - EPUSP, São Paulo, 2012.

MACHADO, W. C.; FONSECA Jr, E. S. Redes neurais artificiais aplicadas na previsão do VTEC no Brasil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, p. 227-246, 2013.

MATSUOKA, M. T.; CAMARGO, P. O. Correção ionosférica utilizando os mapas globais do TEC do IGS. Avaliação no posicionamento por ponto na região brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 13, n. 2, 2007.

SCHAER, S. **Mapping and predicting Earth's ionosphere using the Global Positioning System**. 1999, 205 p. Tese (Doutorado) Naturwissenschaftlichen Fakultät. Universität Bern, Berna, 1999.

STONE, M. Cross-validation: a review. **Statistics**, v. 9, n. 1, p. 127-139, 1978.

WILAMOWSKI, B. M.; YU, H. Neural network learning without backpropagation. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v. 21, n. 11, p. 1793-1803., 2010.

## HOW TO DESCRIBE THE TREND, ACCURACY AND UNCERTAINTY OF PREDICTIONS IN ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS?

CLAUDIONEI PEREIRA DA CUNHA FILHO<sup>1</sup>, STEFANY DIOVANA CUNHA COSTA<sup>2</sup>,  
VINICIUS FRANCISCO ROFATTO<sup>3</sup>, MARCELO TOMIO MATSUOKA<sup>4</sup>

### RESUMO

No desenvolvimento de redes neurais artificiais, como em qualquer algoritmo de *machine learning*, é comum separar os dados relativos ao problema em um conjunto de treinamento e um conjunto de testes. Os dados de treinamento são utilizados para estimar os parâmetros inerentes à rede, e os dados de teste são empregados para verificar a performance da rede sob condições reais de utilização. Entretanto, esse método apresenta algumas limitações: (i) os resultados produzidos são baseados em uma divisão não controlada; (ii) a divisão inadequada do conjunto de dados pode ter um efeito adverso no desempenho do modelo; (iii) não é adequado em situações em que os dados são insuficientes ou esparsos. Portanto, como confiar nas previsões fornecidas por uma única rede neural artificial (RNA) em particular? Devido à aleatoriedade relacionada à própria rede (arquitetura, inicialização e procedimento de aprendizado), geralmente não há a melhor escolha. Considerando essa questão, fornecemos uma abordagem que captura a incerteza relacionada à própria rede. Consequentemente, a previsão por intervalo está disponível em vez da clássica previsão pontual. O método proposto foi aplicado em um problema de interpolação de dados para geração de um Modelo Digital do Terreno (MDT). O método caracteriza espacialmente os pontos de maior ou menor tendência, acurácia e incerteza. Apesar de restringirmos ao modelo de rede neural, o método proposto também pode ser estendido a outras ferramentas estatísticas modernas, como *Krigagem*, Colocação por Mínimos Quadrados, entre outros métodos preditivos.

**Palavras-chave:** Redes Neurais. Reamostragem. Incerteza.

### 1 INTRODUÇÃO

Uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de uma rede neural diz respeito à forma com que os dados disponíveis (amostra) são divididos. Normalmente, os dados coletados são separados em duas categorias: dados de treinamento, que serão utilizados para o treinamento da rede e dados de teste, que serão utilizados para verificar seu desempenho sob condições reais de utilização (HAYKIN, 2001). Além dessa divisão, é comum usar também uma subdivisão do conjunto de treinamento, conhecido como validação. Esse conjunto é frequentemente utilizado para verificar a

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [claudioneidacunha@gmail.com](mailto:claudioneidacunha@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [stefanydiovana.sd@gmail.com](mailto:stefanydiovana.sd@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [vfrofatto@gmail.com](mailto:vfrofatto@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [tomiomatsuoka@gmail.com](mailto:tomiomatsuoka@gmail.com)



eficiência da rede quanto a sua capacidade de generalização durante o treinamento, e pode ser empregado como critério de parada no processo de treinamento.

Depois de determinados estes conjuntos, eles são, geralmente, colocados em ordem aleatória para prevenção de tendências associadas à ordem de apresentação dos dados (HAYKIN, 2001). Este método de divisão é também conhecido como *Hold-out* (YADAV; SHUKLA, 2016). Também é comum encontrar o termo validação cruzada. Entretanto, existem limitações significativas para sua aplicação (ZIGGAH et. al., 2019): (i) os resultados produzidos são baseados em uma divisão não controlada; (ii) a divisão inadequada do conjunto de dados pode ter um efeito adverso no desempenho do modelo; (iii) é inadequado em situações de baixa densidade de dados (dados insuficientes e/ou esparsos).

Como alternativa, o método conhecido como *K-fold* tem sido recomendado (BURMAN, 1989; REITERMANOVÁ, 2010). Neste caso, os dados são separados em *K* subconjuntos (*K-fold*) de tamanho aproximadamente igual, de modo que cada subconjunto estará apenas uma única vez no conjunto de teste. Embora *K-fold* apresente vantagens, ainda não está claro como escolher os subconjuntos, e em alguns casos os subconjuntos não são de tamanhos iguais, o que não garante uma versão balanceada de validação cruzada. Além disso, tanto o *K-fold* quanto o *Hold-out* fornecem previsões pontuais. Aqui, surge uma questão importante: como confiar nas previsões fornecidas por uma única rede neural artificial (RNA) em particular? Devido à aleatoriedade relacionada à própria rede (arquitetura, inicialização e procedimento de aprendizado), geralmente não há a melhor escolha (PAN, 1998).

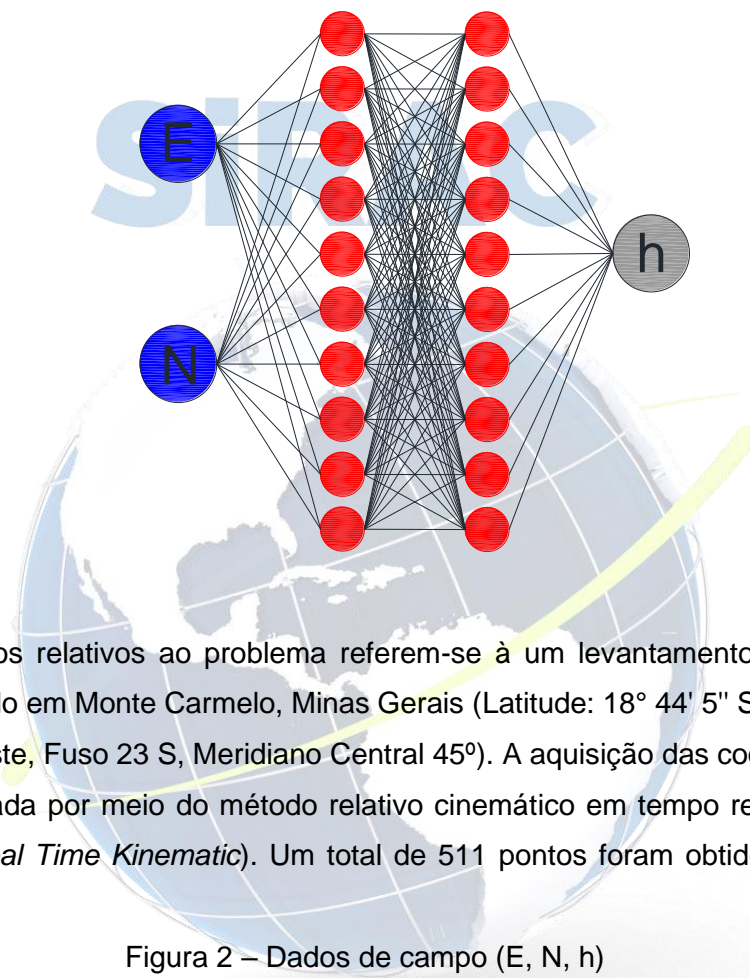
À luz desta questão, apresentamos uma abordagem que consiste em realizar sucessivas réplicas do método *Hold-out*. Com efeito, a predição em cada ponto-teste pode ser não somente de forma pontual (por exemplo, baseado em estatísticas, como a média, a mediana, etc.), mas também por intervalo (intervalos de confiança).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Uma rede neural Perceptron Multi-Camadas (MLP), treinada com o algoritmo back propagation, foi desenvolvida usando as coordenadas no sistema UTM (E, N) como atributos de entrada e a componente altimétrica (no caso, a altitude geométrica) como de saída (Figura 1). O método *Levenberg Marquardt* foi empregado para estimar os parâmetros da rede, ou seja, os pesos e vieses (MARQUARDT, 1963). A funcionalidade de linha de comando da caixa de ferramentas Rede Neural do Matlab

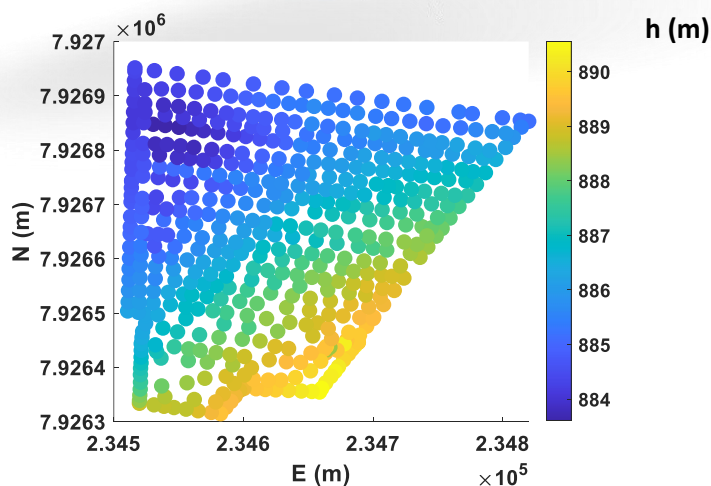
(R2019b) foi usada para treinar e validar a rede neural. Após vários testes, a arquitetura de rede neural ótima encontrada foi definida por duas camadas ocultas, com cada camada composta por dez neurônios. Como os dados de entrada são compostos apenas por coordenadas UTM (E, N), a rede neural foi denominada rede neural espacial (Figura 1).

Figura 1 – Arquitetura da rede neural usada para estimativa da altitude



Os dados relativos ao problema referem-se à um levantamento realizado na região localizado em Monte Carmelo, Minas Gerais (Latitude: 18° 44' 5" Sul, Longitude: 47° 29' 47" Oeste, Fuso 23 S, Meridiano Central 45°). A aquisição das coordenadas (E, N, h) foi realizada por meio do método relativo cinemático em tempo real, conhecido como RTK (*Real Time Kinematic*). Um total de 511 pontos foram obtidos em campo (Figura 2).

Figura 2 – Dados de campo (E, N, h)



Após diversos testes, a melhor divisão aleatória e uniforme dos dados foi encontrada, como sendo 80% (409 pontos) para treinamento, 10% validação (51 pontos) e 10% para teste (51 pontos). Como já mencione, esse método de divisão de dados é conhecido como *Hold-out*. Aqui, entretanto, o *Hold-out* foi estendido para sua versão denominada de *Hold-out trials*, que consiste em realizar sucessivas réplicas aleatórias do método *Hold-out*. Assim, cada predição será repetida certo número de vezes. Neste experimento, escolhemos 1000 realizações do *Hold-out*, o que proporciona aproximadamente 100 predições para cada ponto amostral.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método proposto permite descrever a distribuição espacial da tendência (bias), ou seja, a diferença entre a média da predição e o valor observado em campo para cada ponto individual (Figura 3). Nota-se que 85% dos pontos (434 pontos) ficaram com tendência absoluta (em módulo,  $|bias|$ ) menor ou igual à 20 cm, e na média foi da ordem de 10 cm (Figura 4).

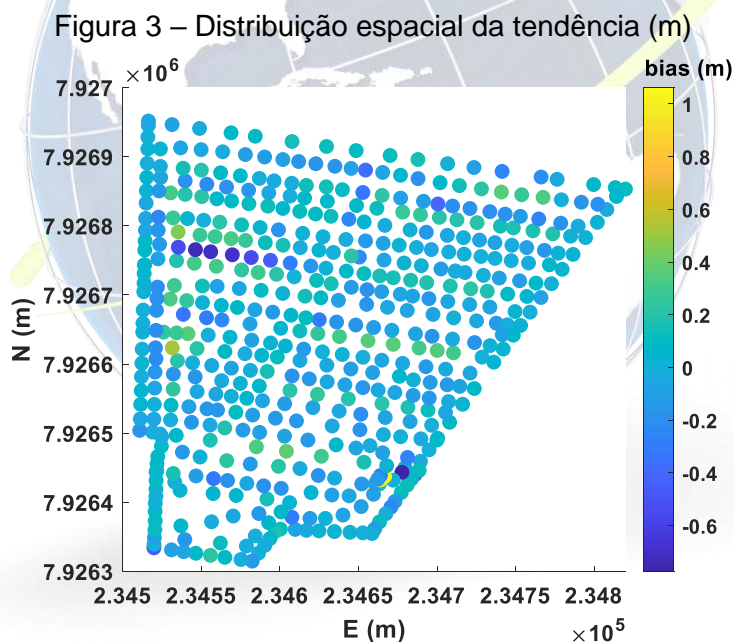
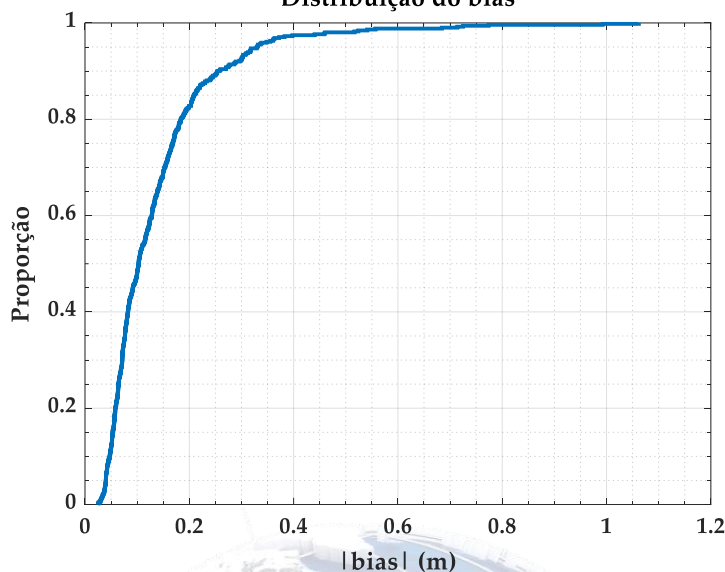
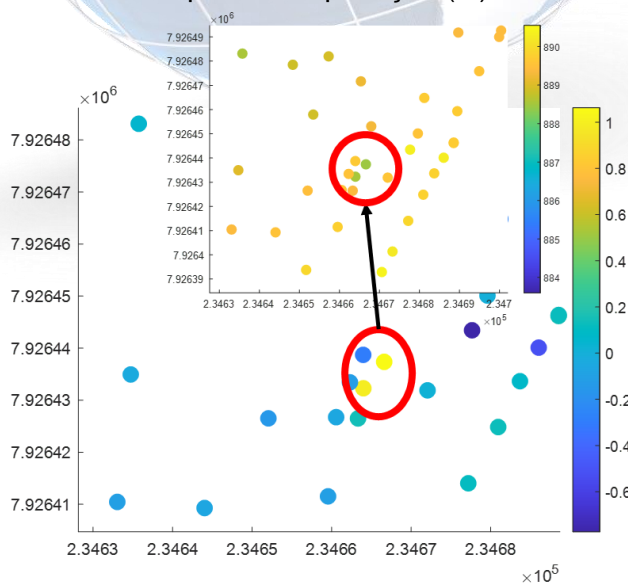


Figura 4 – Proporção da tendência absoluta (m)  
 Distribuição do bias



Nota-se que algumas variações abruptas da elevação dentro de uma região não foram capturadas pela RNA. Isso é verificado pelas tendências isoladas em uma dada região (Figura 5). Essas variações abruptas podem ser entendidas como outliers (ROFATTO, et. al., 2020), uma vez que o algoritmo de treinamento *Levenberg-Marquardt* (LM) não os considera nos dados. Portanto, um algoritmo de detecção de outliers ou algum estimador robusto, que leve em consideração essas anomalias, deverá ser empregado em conjunto com LM.

Figura 5 – Exemplo de uma variação abrupta da elevação no terreno e sua tendência expressa na predição (m)





Em termos de incerteza, nota-se que 90% dos pontos possuem desvio-padrão ( $1\sigma$ ) menor ou igual a 11 cm, e na média da ordem de 6 cm (Figura 6 e 7). No geral, notamos também que as regiões de maior variabilidade em termos de elevação são aquelas em que as predições também apresentaram maiores incertezas (Figura 6 e 2). A incerteza caracteriza cada predição como sendo uma variável aleatória e, portanto, a estimativa não é apenas pontual (valor médio), mas valor médio  $\pm$  desvio-padrão (predição intervalar).

Figura 6 – Distribuição espacial do desvio-padrão ( $\sigma$ )

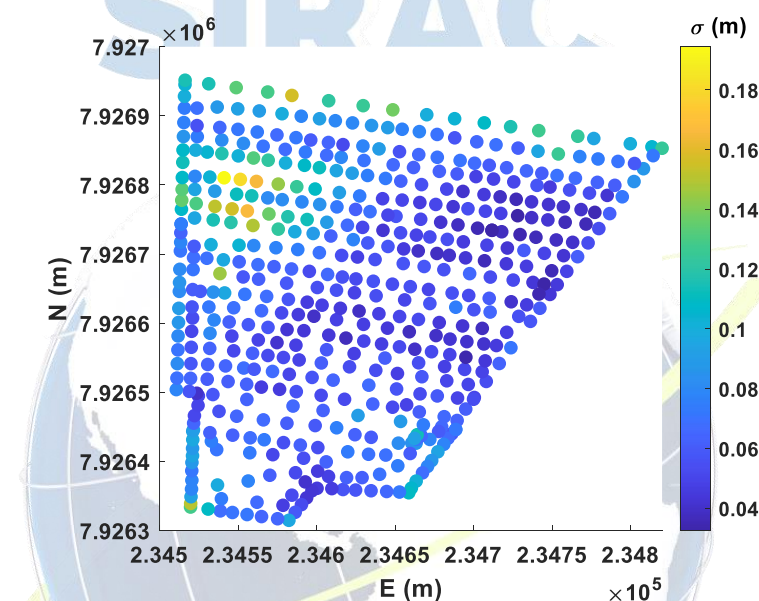
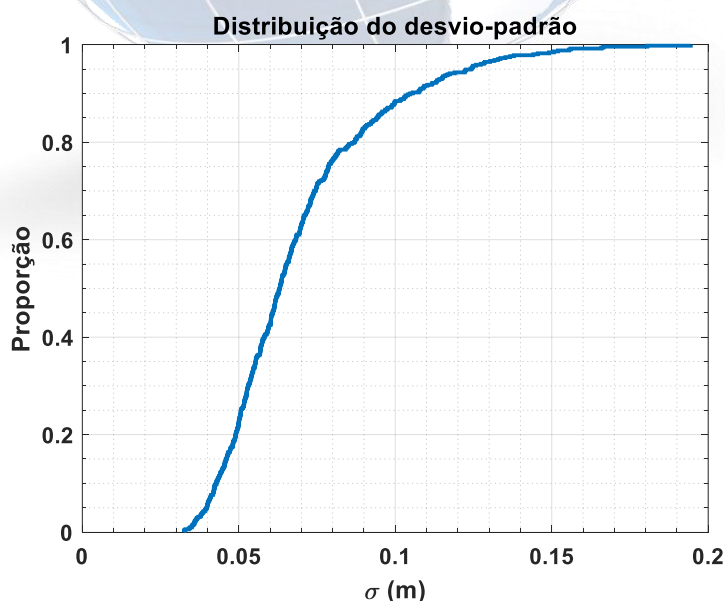


Figura 7 – Proporção da incerteza expressa pelo desvio-padrão ( $\sigma$ )



Em termos de acurácia, nota-se que 80% dos pontos possuem RMSE (*Root Mean Square Error* – Raiz do Erro Médio Quadrático) menor ou igual a 20 cm, e na média da ordem de 12 cm. Esses resultados também sugerem que diferentes redes neurais poderão ser desenvolvidas para cada região particular do estudo.

Figura 8 – Distribuição espacial do RMSE

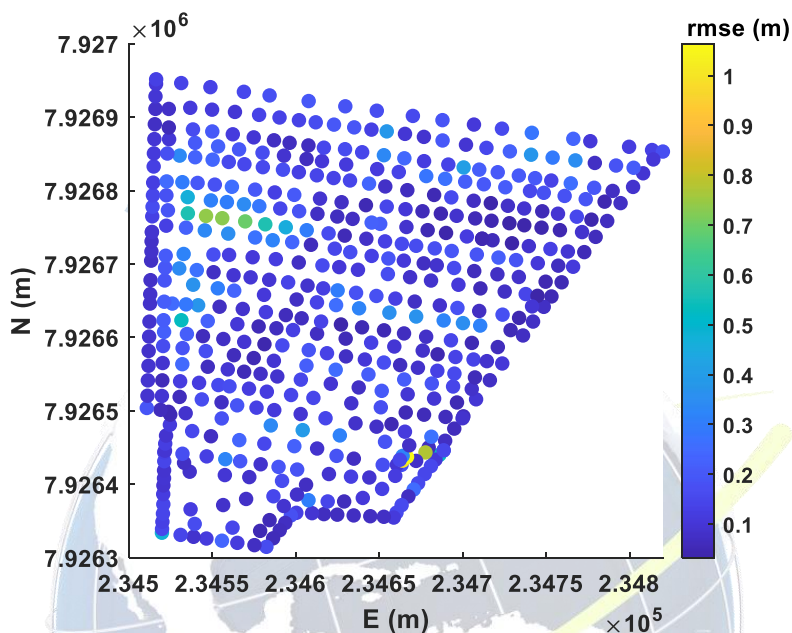
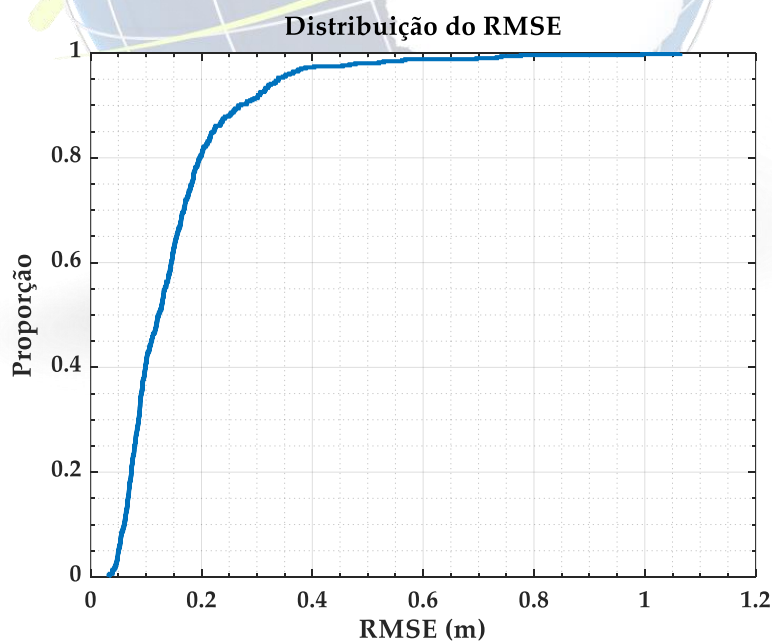


Figura 9 – Proporção da acurácia expressa pelo RMSE



#### 4 CONCLUSÕES

Aqui, apresentamos um método de reamostragem em redes neurais, denominado de *Hould-out trials*. Os produtos gerados pelo método permitem descrever espacialmente a tendência, a incerteza e acurácia das predições. A tendência e acurácia necessitam de valores observados em campo para as análises, o que por muitas vezes estão indisponíveis em aplicações práticas do modelo previamente construído. Entretanto, a incerteza expressa pelo desvio-padrão não precisa de valores de referência. Assim, a incerteza revela os pontos de maior ou menor confiança e, portanto, pode auxiliar nas tomadas de decisão.

Outros métodos de reamostragem vêm sendo integrados em rede neurais pelos autores, tais como *Jackknife* e *Bootstrap*. Apesar de restringirmos ao modelo de rede neural, o método proposto também pode ser estendido a outras ferramentas estatísticas modernas, como *Krigagem*, Colocação por Mínimos Quadrados, entre outros métodos preditivos.

#### REFERÊNCIAS

- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- YADAV, S.; SHUKLA, S. **Analysis of k-Fold Cross-Validation over Hold-Out Validation on Colossal Datasets for Quality Classification**, 2016 IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC), 2016, pp. 78-83, doi: 10.1109/IACC.2016.25.
- ZIGGAH, Y.Y.; YOUJIAN, H.; TIERRA, A.R.; LAARI, P. B. 2019. **Coordinate transformation between global and local datums based on artificial neural network with k-fold cross-validation: A case study, ghana**. *Earth Sciences Research Journal*, v.23, n.1: p. 67-77.
- BURMAN, P. 1989. **A comparative study of ordinary cross-validation, v-fold cross-validation and their repeated learning-testing methods**. *Biometrika*, v.76, n.3: 503-514.
- REITERMANOVÁ, Z. 2010. **Data splitting**. *WDS'10 Proceedings of contributed papers, Part I: Mathematics and Computer Sciences*, p. 31-36. eds. Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, CZ.
- PAN, L. 1998. **Resampling in neural networks with application to financial time series**. *Ph.D. Thesis, The University of Guelph, ON, CA*.
- MARQUARDT, D. W., 1963. **An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters**. *Journal of the society for industrial and applied mathematics*, 11 (2), 431–441. Available from: <https://doi.org/10.1137/0111030>.



ROFATTO, V. F.; MATSUOKA, M. T.; KLEIN, I.; VERONEZ, M. R.; SILVEIRA JUNIOR, L. G. d. ***A Monte Carlo-Based Outlier Diagnosis Method for Sensitivity Analysis. Remote Sens.*** 2020, 12, 860. <https://doi.org/10.3390/rs12050860>

# SiRAC





## ANÁLISE DE DIFERENTES IMPLEMENTAÇÕES DE UM PERFIL LADM: BANCO DE DADOS RELACIONAL, POO E BANCO DE DADOS NoSQL

NATHALIA ROSE SILVA DA PURIFICAÇÃO<sup>1</sup>, ANDREA FLÁVIA TENÓRIO  
CARNEIRO<sup>2</sup>, MÍLTON HIROKAZU SHIMABUKURO<sup>3</sup>

### RESUMO

O Modelo de Domínio de Administração Territorial (*Land Administration Domain Model* – LADM) descrito na ISO 19.152:2012 criou uma linguagem semântica para a descrição de sistemas de administração territorial. Recentemente, este modelo entrou em revisão para aprimoramento da modelagem proposta originalmente, considerando perfis mais específicos e o uso de novas tecnologias. Modelos NoSQL e Programação Orientada a Objetos (POO) têm sido pouco utilizadas ou subutilizadas na administração territorial. No caso brasileiro, a implementação de perfis LADM ocorre, geralmente, por meio de banco de dados relacionais. O presente trabalho tem como objetivo analisar a implementação de um perfil LADM utilizando um banco de dados relacional (PostgreSQL), uma linguagem de programação orientada a objetos (Java) e um banco de dados NoSQL (MongoDB), verificando como são representadas as entidades nestas diferentes formas de implementação.

**Palavras-chave:** LADM. PostgreSQL. NoSQL. POO.

### 1 INTRODUÇÃO

O Modelo de Domínio de Administração Territorial (*Land Administration Domain Model* – LADM) descrito na ISO 19.152:2012 criou uma linguagem semântica para a descrição de sistemas de administração territorial, padronizando conceitos, terminologias e aplicações do cadastro territorial em todo o mundo.

Algumas pesquisas testaram a aplicabilidade do modelo LADM para o caso dos cadastros brasileiros, entretanto, a implementação destes modelos é geralmente realizada por meio de banco de dados relacionais (centralizados) que possuem uma estrutura rígida e bem definida.

A revisão do LADM (LADM II), descrita por Lemmen, Oosterom e Kalantari (2018), busca aprimorar a modelagem proposta originalmente, indicando etapas para as implementações do modelo, perfis mais específicos, modelos técnicos em várias codificações e uso de novas tecnologias nos processos de administração de terras, como uso de dados não estruturados e bancos de dados não relacionais, que ainda são

<sup>1</sup> Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” Unesp, [nathalia.purificacao@unesp.br](mailto:nathalia.purificacao@unesp.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco, [andrea.carneiro@ufpe.br](mailto:andrea.carneiro@ufpe.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” Unesp, [milton.h.shimabukuro@unesp.br](mailto:milton.h.shimabukuro@unesp.br)

pouco utilizados no campo da administração territorial.

A estrutura do LADM é definida utilizando a *Unified Modeling Language* (UML), que é uma linguagem visual, ou gráfica, de modelagem padronizada e amplamente aceita na modelagem de softwares (GUEDES, 2011). A UML está totalmente inserida no contexto de orientação a objetos. Atualmente, várias ferramentas CASE (*Computer Aided Software Engineering*) permitem a construção de um modelo conceitual baseado na UML e já realizam a conversão do modelo em *scripts* SQL (*Structured Query Language*) de forma automática para criação de um banco de dados relacional da aplicação. Entretanto, para desenvolver aplicações em alguns bancos de dados não relacionais, como o MongoDB, por exemplo, é necessário escrever seu próprio código.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a implementação de um perfil LADM utilizando um banco de dados relacional, uma linguagem de programação orientada a objetos e um banco de dados NoSQL – *Not Only SQL*, verificando como são representadas as entidades nestas diferentes formas de implementação.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa considerou um fluxo de trabalho, dividido em três etapas principais. Inicialmente, foi elaborado um modelo conceitual para o cadastro de monumentos, criando um perfil LADM com base nas especificações da ISO 19.152:2012. O modelo conceitual foi criado utilizando o *plug-in* da ferramenta OMT-G, disponível na IDE (*Integrated Development Environment*) *Eclipse Modeling*. Posteriormente, deu-se início às etapas de implementações, que foram executadas por meio de um banco de dados relacional, utilizando o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) PostgreSQL; por programação orientada a objetos, implementada em linguagem Java, também na plataforma *Eclipse*; e a análise de implementação em um banco de dados NoSQL, utilizando o MongoDB (apenas de forma conceitual). Por fim, foi realizada a análise e comparação das diferentes implementações.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Modelo conceitual

O modelo conceitual proposto considerou algumas especificações definidas nas Normas de classificação para fins estatísticos dos monumentos históricos e artísticos do Brasil (IBGE, 1959) e também o banco de dados de Obras de Arte e Monumentos

em Espaços Públicos da Cidade de São Paulo, disponibilizado pelo Departamento do Patrimônio Histórico da Secretaria Municipal de Cultura da Cidade de São Paulo.

No cadastro de monumentos foram consideradas como informações básicas as partes que se relacionam com os monumentos, se o monumento registrado é de propriedade pública ou privada, informações sobre documentos administrativos como resoluções de tombamento, sua localização e informações gerais sobre a obra, incluindo seu tipo (arquitetônico, escultórico, artístico-utilitário, geográfico ou topográfico); sua finalidade (civil, militar, religiosa, memorativa, decorativa ou utilitária); sua espécie (estátua, grupo escultórico, obelisco, figuras mitológicas, ruína, templo, fortaleza etc.); o nome do autor da obra, a nacionalidade do autor, data de inauguração e o material empregado na construção (bronze, mármore, dentre outros).

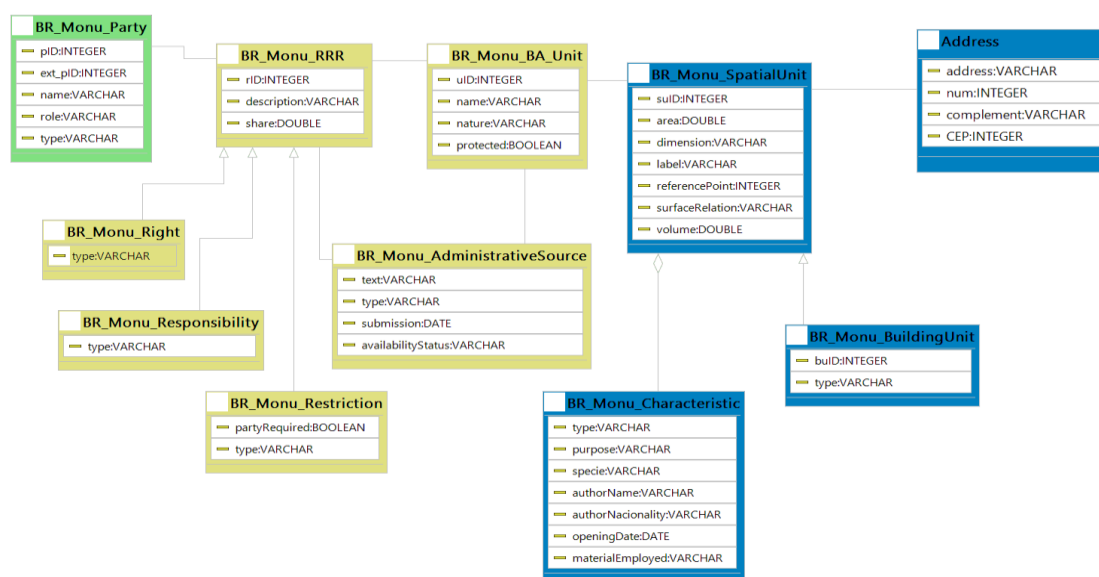
A estrutura de organização do LADM contempla o conceito fundamental do cadastro, descrevendo os relacionamentos entre pessoas e terras, que envolvem direitos, restrições e responsabilidades. Ela dispõe de três pacotes básicos (*Party*, *Administrative* e *Spatial Unit*), pelos quais pode-se representar as relações existentes entre estes elementos; e um subpacote (*Surveying and Representation*), referente à representação geométrica e topologia das unidades espaciais.

Cada pacote do LADM contém um conjunto de classes que define os atributos, métodos e como elas se relacionam entre si. Uma classe é representada graficamente por um retângulo e é vista como um agrupamento de objetos que possuem características comuns. Os objetos podem se comunicar entre si por meio dos relacionamentos que são definidos entre as classes, representados por uma linha que conecta uma classe com outra. Na Figura 1, apresenta-se o modelo proposto para o cadastro de monumentos. Nela podemos observar a presença de três tipos de relacionamentos característicos da UML: o relacionamento de associação ( ), que ocorre quando há um vínculo entre as instâncias de duas classes distintas; a agregação ( ), que ocorre quando há um vínculo do tipo “Parte-todo” entre duas classes distintas; e o relacionamento de especialização/generalização ( ), que ocorre quando há herança de atributos e métodos entre duas ou mais classes que possuem características muito semelhantes.

As cores das classes representadas no modelo conceitual (Figura 1) fazem alusão aos pacotes do LADM. Em verde, o pacote das partes (*party*), que registrará as pessoas, organizações ou instituições que possuem algum tipo de direito, restrição ou responsabilidade sobre os monumentos. Em amarelo, o pacote administrativo (*administrative*), responsável pelo registro de direitos (propriedade pública ou privada),

restrições (visitação, alteração construtiva) e responsabilidades (conservação, manutenção e restauração) que incidem sobre o monumento; e em azul, o pacote das unidades espaciais (*spatial units*), que guarda informações gerais sobre as características do monumento. Neste trabalho não foi modelado o subpacote dos levantamentos e representações.

Figura 1 – Modelo conceitual para o cadastro de monumentos.



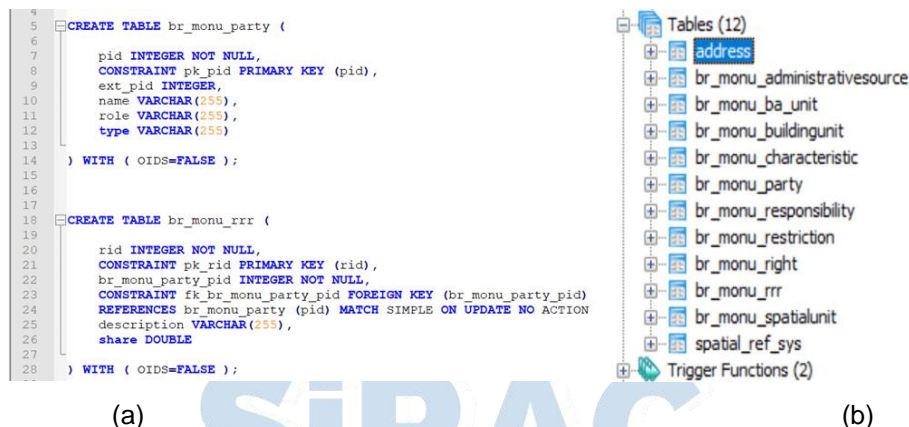
Elaboração: Os autores (2020).

## 4.2 Implementação do modelo em um banco de dados relacional

Os bancos de dados relacionais são organizados em tabelas, nas quais os atributos são representados em suas colunas e as instâncias nas linhas. Eles possuem uma forte padronização de conceitos e estrutura dos dados, onde cada informação tem um tipo de dado pré-definido (*integer*, *string*, *double*, *boolean* etc) e utiliza a linguagem padrão para consultas em bancos de dados relacionais, o SQL (LÓSCIO, OLIVEIRA E PONTES, 2011). Cada uma das classes definidas no modelo conceitual representa uma tabela no banco de dados. O *plug-in* da ferramenta OMT-G, disponível na plataforma Eclipse, permite a exportação do modelo desenvolvido para *scripts* SQL do PostgreSQL de forma automática. A Figura 2 (a) apresenta um trecho do código SQL gerado para a implementação das tabelas no banco de dados.



Figura 2 – Implementação utilizando um banco de dados relacional.

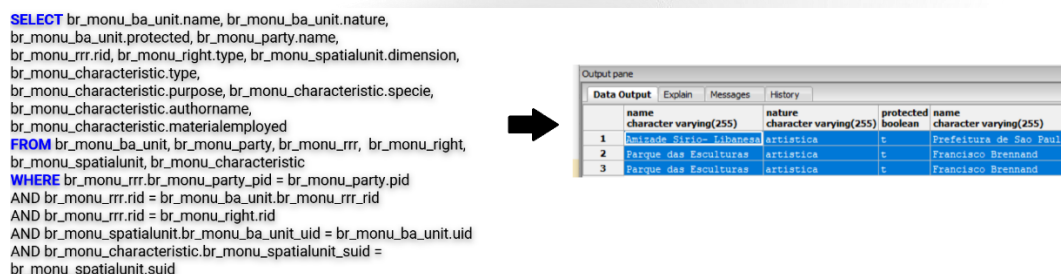


Elaboração: Os autores (2020).

A partir do código apresentado na Figura 2(a), observa-se que o relacionamento entre as classes definidos no modelo conceitual são codificados automaticamente no *script* SQL através da definição de chaves estrangeiras (*Foreign Key*). Na Figura 2(b), verifica-se as tabelas implementadas no PostgreSQL: onze correspondentes às onze classes do modelo conceitual e uma (*spatial\_ref\_sys*) implementada automaticamente no banco de dados quando se ativa a extensão espacial PostGIS.

Para visualizarmos os dados inseridos no modelo implementado, utilizamos o comando SQL “SELECT FROM”. Como as informações sobre os monumentos são distribuídas em várias tabelas, é necessário fazer uma série de referências na seleção, o que pode acabar complicando uma tarefa simples de consulta, caso o sistema possua um grande número de tabelas. A Figura 3 apresenta o resultado de uma consulta realizada através do comando citado.

Figura 3 – Resultado da Consulta através do comando “SELECT FROM”.



Elaboração: Os autores (2020).

#### 4.3 Implementação do modelo utilizando programação orientada a objetos

Uma linguagem de programação orientada a objetos possui os mesmos conceitos existentes na UML (classe, objetos, relacionamentos) e tem três características principais: o encapsulamento, que permite a divisão das responsabilidades de um programa em várias unidades menores; a herança, utilizada para criar classes baseadas na definição de outras já existentes, nas quais as subclasses herdam todos os atributos, comportamentos e implementações das classes-mãe; e o polimorfismo, que permite que um mesmo identificador possua diferentes assinaturas, no qual um único nome pode assumir várias formas e representar comportamentos diferentes (SINTES, 2002).

Aqui, o objetivo foi verificar a forma que se dá a implementação dos diferentes tipos de classes e dos relacionamentos existentes no modelo conceitual para o cadastro de monumentos, que possui classes convencionais, uma classe abstrata e relacionamentos de herança, agregação e associação.

As classes convencionais são declaradas com uma visibilidade seguida da palavra-chave “*class*” e o nome da classe. Dentro da classe são escritos seus atributos, que também possuem visibilidade, e a definição do seu tipo, que pode ser um tipo primitivo de dados (*integer*, *double*, *boolean*...) ou de um tipo que segue a estrutura de outra classe implementada. O código a seguir apresenta a implementação da classe *BR\_Monu\_Party*.

```
public class MonuParty {  
    private int pID; private String ext_pID; private String name; private String  
    role; private String type; private MonuRRR rrr;  
}
```

Para cada um dos atributos descritos, implementaram-se os métodos construtores, *getter* e *setter*, que permitem inicializar um objeto durante sua criação, recuperar o valor de um objeto e alterar o seu estado interno, respectivamente. A seguir apresenta-se um trecho dos métodos criados para a classe *BR\_Monu\_Party*.

```
public String getExtID() {  
    return this.ext_pID;  
}  
public void setExtID(String extID){  
    this.ext_pID=extID;  
}  
public String getName() {  
    return this.name;  
}  
public void setName(String nm) {  
    this.name=nm;  
}
```

Uma classe abstrata é útil em casos de herança ou polimorfismo, como acontece na classe *BR\_Monu\_RRR*, onde se tem instâncias do tipo *Right*, *Restriction* e *Responsibility*. Os objetos são instanciados respectivamente nas subclasses

*BR\_Monu\_Right*, *BR\_Monu\_Restriction* e *BR\_Monu\_Responsibility* que herdam os atributos e métodos de sua superclasse. Em Java, uma classe abstrata é definida utilizando a palavra-chave “*abstract*” logo após a visibilidade da classe, conforme apresentado no seguinte código:

```
public abstract class MonuRRR {  
    protected int rID;  
    protected String description;  
    protected double share;  
    protected MonuBaUnit monuBau;  
    protected MonuAdministrativeSource admSource;  
}
```

Já nos relacionamentos do tipo especialização/generalização, há uma extensão da superclasse através das suas subclasses, onde ocorre herança de atributos ou métodos. Este relacionamento fica definido nas subclasses, marcadas com a palavra-chave “*extends*”, conforme apresentado na implementação da subclasse *BR\_Monu\_Restriction* a seguir.

```
public class MonuRestriction extends MonuRRR {  
    private boolean partyRequired;  
    private String type;  
}
```

Os relacionamentos de associação e agregação são implementados com a mesma lógica de programação, apesar de possuírem semântica diferentes em UML. Quando instâncias de uma classe se associam ou se agregam com instâncias de uma outra classe, é necessário fazer uma referência ao objeto, definindo um atributo cujo tipo será o da classe pela qual a relação ocorre. Essa situação pode ser evidenciada na classe *BR\_Monu\_SpatialUnit* definida no modelo conceitual, a qual possui um relacionamento de associação com as classes *BR\_Monu\_BA\_Unit* e com a classe *Address*; e um relacionamento de agregação com a classe *BR\_Monu\_Characteristic*, visualizado na Figura 1. Logo, foram definidos três atributos nesta classe que são instâncias dos tipos *baunit*, *address* e *characteristic*.

```
public class MonuSpatialUnit {  
    protected int suID; protected double area;  
    protected String dimension; protected String label;  
    protected int referencePoint; protected String surfaceRelation;  
    protected double volume; protected Address addr;  
    protected MonuBaUnit baunit; protected MonuCharacteristic characteristic;  
}
```

Em Java, todo programa orientado a objeto possui uma classe principal, onde está definido o método *main* e onde todos os objetos podem ser instanciados (criados), através da utilização da palavra-chave “*new*”. A inserção de valores em cada classe pode ser realizada através dos métodos construtores ou dos métodos *setter* definidos durante a implementação da classe. O código a seguir mostra um trecho do programa

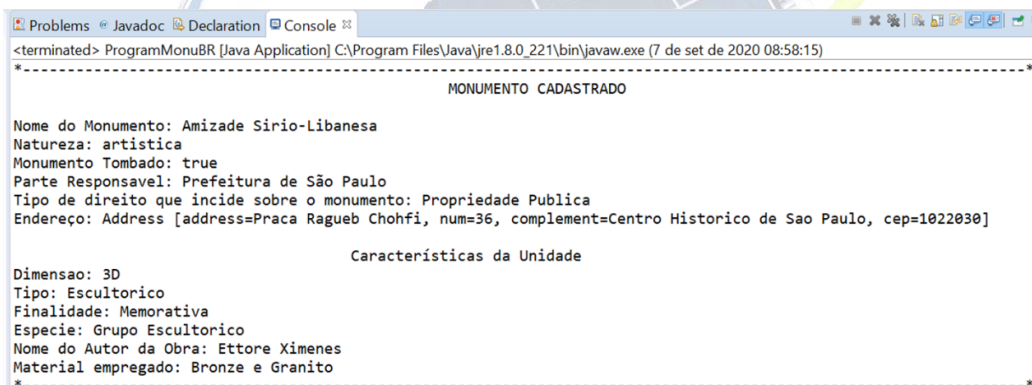


principal, no qual as classes *MonuParty* e *MonuRight* estão sendo instanciadas, sendo p1 um objeto do tipo parte e r1, um objeto do tipo direito.

```
public class ProgramMonuBR {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        MonuParty p1 = new MonuParty("46.395.000/0001-39.", "Prefeitura de São Paulo",  
        "estadoAdministrador", "Pessoa Juridica");  
        MonuRight r1= new MonuRight("Propriedade Publica");  
        r1.setDescription("Direito de Propriedade");  
        r1.setShare(1.0);  
        r1.setrID();  
    }  
}
```

O objeto p1 foi construído passando as referências dos atributos código externo, que neste caso refere-se ao CNPJ da parte, nome da parte (Prefeitura de São Paulo), papel da parte (Estado Administrador) e seu tipo (Pessoa Jurídica). O objeto r1 foi construído passando apenas o valor para o tipo de direito (Propriedade Pública). A identificação sequencial de cada um dos objetos foi atribuída chamando o método *setID*. A Figura 4 apresenta o resultado para um monumento instanciado no programa.

Figura 4 – Impressão dos dados do monumento instanciado.



```
<terminated> ProgramMonuBR [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_221\bin\javaw.exe (7 de set de 2020 08:58:15)  
*-----*  
MONUMENTO CADASTRADO  
*-----*  
Nome do Monumento: Amizade Sirio-Libanesa  
Natureza: artistica  
Monumento Tombado: true  
Parte Responsavel: Prefeitura de São Paulo  
Tipo de direito que incide sobre o monumento: Propriedade Publica  
Endereço: Address [address=Praca Ragueb Chohfi, num=36, complement=Centro Historico de Sao Paulo, cep=1022030]  
  
Características da Unidade  
Dimensao: 3D  
Tipo: Escultorico  
Finalidade: Memorativa  
Especie: Grupo Escultorico  
Nome do Autor da Obra: Ettore Ximenes  
Material empregado: Bronze e Granito  
*-----*
```

Elaboração: Os autores (2020).

#### 4.4 Análise da implementação utilizando um banco de dados NoSQL

A análise de como seria a implementação do modelo para o cadastro de monumentos por meio de um banco NoSQL foi realizada tomando como base o banco de dados MongoDB, que possui modelo de dados orientado a documentos e armazena uma coleção de documentos. Cada documento é considerado como um objeto que possui um identificador único e uma série de campos (atributos).

O modelo orientado a documentos não depende de uma estrutura bem definida como ocorre nos bancos de dados relacionais. Logo, como seu escopo é flexível e não



possui necessariamente um esquema, não é exigido que se defina uma estrutura prévia para ser utilizada na aplicação. Deste modo, ao criarmos um banco de dados no MongoDB para o cadastro de monumentos, poderíamos apenas inserir uma coleção, para os monumentos, utilizando documentos JSON, com um conjunto de campos que equivaleria aos atributos modelados nas tabelas definidas na parte conceitual, o que poderia ser feito utilizando o seguinte comando:

```
db.monumentos.insert({name: "Amizade Sirio-Libanesa", nature: "Artística",  
protected: "sim", partyName: "Prefeitura de São Paulo", rightType: "Propriedade  
Publica", address: "Praça Ragueb Chohfim, nº36, Centro Historico de São Paulo, cep:  
1022030", dimension: "3D", type: "Escultorico", purpose: "Memorativa", specie: "Grupo  
escultórico", authorName: "Ettore Ximenes", materialEmployed: "Bronze e Granito"})
```

Observa-se que não é necessário definir os tipos dos campos, apenas informar o nome do campo (nome do monumento, natureza, se o monumento é tombado etc.) e seu respectivo valor. Uma característica importante presente no paradigma NoSQL é que caso seja necessário inserir outros monumentos na coleção db.monumentos, estes não precisam ter os mesmos campos do primeiro monumento inserido. Cada um dos monumentos inseridos na coleção pode possuir atributos diferentes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que a implementação utilizando um banco de dados relacional é facilitada pela existência de ferramentas cases que convertem o modelo conceitual em scripts SQL de forma automática. No entanto, o uso de um banco de dados relacional esbarra em um dos principais objetivos do LADM: fornecer uma base de dados que possa ser compartilhada por diferentes instituições. Ao precisar de acessos simultâneos ao sistema, um banco de dados relacional apresenta uma redução de seu desempenho, já que esta ação provocaria uma alta concorrência no sistema, aumentando assim o tempo de resposta das consultas.

Além disso, devido ao fato de os dados serem organizados de forma fortemente rígida com várias tabelas, os processos de consulta exigem que várias referências sejam inseridas no comando de seleção para se obter a informação completa sobre uma instância, cujos dados estão em tabelas distintas.

Com relação à implementação utilizando programação orientada a objetos, foi verificado que classes convencionais, abstratas e relacionamentos onde ocorrem herança de características e métodos são facilmente implementadas em Java a partir do das palavras-chave definidas na linguagem. A implementação em Java ainda não está conectada a nenhum banco de dados. Logo, para que um grande número de monumentos fosse cadastrado, seria necessário conectar o programa desenvolvido a

um banco de dados e implementar uma interface de inserção dos dados no sistema, de modo a facilitar e otimizar a interação com um usuário. Neste caso, existe uma correspondência entre classes, no código, e tabelas, no banco de dados.

Apesar do modelo não ter sido de fato implementado em um banco de dados NoSQL, percebe-se, a partir da análise realizada, que a inserção de informações neste tipo de banco de dados é simplificada e mais flexível, devido ao modelo ser livre de esquema. Essa característica provoca um aumento de seu desempenho, diminuindo drasticamente o tempo de retorno das consultas.

Para trabalhos futuros, recomenda-se que o modelo seja implementado em um banco de dados NoSQL, a conexão do programa implementado em Java a um banco de dados e a realização de testes para verificar as vantagens e desvantagens do uso destas diferentes ferramentas na administração territorial.

## REFERÊNCIAS

GUEDES, G. **UML 2: Uma Abordagem Prática**. 2nd ed. São Paulo: Novatec, p.19-29; 101-117, 2011.

IBGE. **Monumentos históricos e artísticos do Brasil : normas de classificação para fins estatísticos**. Rio de Janeiro: Seção de Estatísticas Culturais, 1959. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=281652&view=detalhes>. Acesso em: 08 set. 2021.

ISO/TC211. ISO 19152 - **Land Administration Domain Model (LADM)**. ISO/TC211, 2012.

LEMMEN, C., van OOSTEROM, P. AND KALANTARI, M. Towards a New Working Item Proposal for Edition II of LADM. In: 7th International Fig Workshop On The Land Administration Domain Model, Zagreb, Croatia, 2018.

LÓSCIO, B. F.; OLIVEIRA, H. R.; PONTES, J. C. S. NoSQL no desenvolvimento de aplicações Web colaborativas. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, v. 10, n. 1, p. 11, 2011.

SINTES, A. **Aprenda Programação Orientada a Objetos em 21 dias**. Tradução: Tortello, J. E. N. Makron Books. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.

## USO DE SISTEMA WEBGIS PARA AMBIENTAÇÃO VIRTUAL DE CALOUROS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

VICTOR DOS SANTOS MAROTTA<sup>1</sup>; LUIS FELIPE SANTOS NASCIMENTO<sup>2</sup>;  
GUILHERME ROSEMBERG FERNANDES MATOS MARTINS<sup>3</sup>; DANIEL CAMILO DE  
OLIVEIRA DUARTE<sup>4</sup>; PAULO SÉRGIO DE ALMEIDA BARBOSA<sup>5</sup>

### RESUMO

A representação do espaço geográfico é de suma importância para a percepção espacial de um determinado local. Em um contexto imposto pelas restrições sanitárias dada a pandemia de Sars-COVID-19, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) procurou por alternativas para a realização do evento de ambientação e recepção dos calouros recém-chegados à instituição em 2021, sendo uma das soluções encontradas a divulgação dos Câmpus através de um sistema WebGIS contendo panorâmicas 360° e vídeos de locais da universidade. O projeto realizado consistiu na execução de fotografias aéreas em formato esférico e multidirecional, tomadas de vídeo pelo campus e construção de um sistema WebGIS através do *framework* WebGENTE. Como resultado obteve-se os produtos resultantes dos levantamentos aéreos, e o sistema WebGIS, publicado junto ao evento na instituição contendo os dados levantados.

**Palavras-chave:** WebGIS. Universidade Federal de Viçosa. Ambientação Virtual. Mapeamento Aéreo 360°.

### 1 INTRODUÇÃO

A representação do espaço geográfico por meio de imagens tem sido amplamente utilizada para resolução de problemas em vários domínios do conhecimento. Uma das metodologias de grande utilidade, a obtenção das imagens através de sensores transportados em aeronaves, está ligada à Fotogrametria e ao Sensoriamento Remoto, tecnologias comumente empregadas na obtenção de ortomosaicos, ortofotocartas, imagens de satélite e demais produtos associados à visualização de um fenômeno geográfico através da captura de imagens fotográficas ou padrões de energia eletromagnética (WOLF, 2000).

Neste contexto, o Mapeamento Aéreo 360° têm possibilitado um considerável aumento de qualidade na percepção do espaço geográfico ao proporcionar uma

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, [victor.marotta@ufv.br](mailto:victor.marotta@ufv.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, [luiz.f.nascimento@ufv.br](mailto:luiz.f.nascimento@ufv.br)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, [guilherme.rosemborg@ufv.br](mailto:guilherme.rosemborg@ufv.br)

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, [daniel.duarte@ufv.br](mailto:daniel.duarte@ufv.br)

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, [pbarbosa@ufv.br](mailto:pbarbosa@ufv.br)



perspectiva estacionária do espaço com riqueza de informações. A tecnologia utilizada neste trabalho é composta por um sistema embarcado em uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e tem a função de capturar um conjunto de imagens para a elaboração de uma imagem panorâmica envelopada em uma esfera de visualização 360°. Além disso, são empregadas filmagens das principais vias de acesso à universidade e da infraestrutura universitária, a serem disponibilizadas no sistema.

A técnica se destina a prover o acesso e navegação remota em um ambiente de acolhimento e visita aos Câmpus da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A universidade tem realizado ao longo dos anos diversos eventos para recepcionar os novos estudantes da instituição, as programações contam com palestras, workshops, gincanas e eventos correlacionados. Em 2021, devido às restrições sanitárias destinadas à prevenção da pandemia de COVID-19, o evento foi realizado de forma *online*, neste sentido, fez-se necessária a criação de um ambiente virtual de acolhimento onde os novos estudantes pudessem conhecer, navegar e interagir com a universidade.

Para a criação do ambiente, fez-se uso da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica na Web (WebGIS). Também conhecidos como visualizadores de mapas de acordo com suas especificações, os WebGIS são páginas na Web construídas utilizando os protocolos convencionais HTTP, mas que possuem programação suficiente para permitir a interação com mapas pela Internet (MAROTTA, 2021). Na plataforma de acolhimento, fez-se uso do *framework* WebGENTE, desenvolvido desde 2019 pelo Grupo de Engenharia e Gestão Territorial (GENTE) da UFV.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a elaboração de um Ambiente Virtual de Acolhimento aos Calouros 2021 da UFV, por meio de uma plataforma WebGIS interligando produtos cartográficos já produzidos na Universidade, os panoramas esféricos e os vídeos da UFV.

## 2 INSUMOS TÉCNICOS

### 2.1 Legislação da UFV

A resolução nº 12/2011 do Conselho Universitário (CONSU) explicita que os eventos realizados na UFV serão analisados segundo a sua natureza e seu porte (UFV, 2011). Categoriza-se como evento na universidade toda atividade que envolve o deslocamento de pessoas em atividades a serem realizadas no espaço da UFV, e se torna necessária para sua realização a permissão dada por órgão superior competente.

Em consonância com as normas da instituição, enquadra-se o projeto realizado como um evento institucional, categoria que inclui aqueles promovidos e coordenados



por unidades acadêmicas ou administrativas da universidade e aprovados pela Comissão de Pró-Reitores ou pela Comissão de Eventos dos Campus de Florestal e de Rio Paranaíba.

Para a realização do planejamento foram utilizadas as Orientações Básicas para Reserva de Espaço Físico da UFV. Neste contexto, a Divisão de Eventos (DEV), vinculada à Pró-Reitoria de Extensão e Cultura, tem por finalidade assessorar os eventos nos Câmpus da UFV. O projeto foi submetido à reitoria tendo como anexos o registro da aeronave junto à ANAC, o seguro de responsabilidade civil do explorador ou transportador aéreo (RETA) e o plano de execução especificando em detalhes os trajetos, ambientes a serem utilizados e o período de execução do voo. Os detalhes dos planejamentos são apresentados na Seção 3.

## 2.2 WebGENTE

O WebGENTE é um *framework open source* desenvolvido com o objetivo de facilitar a criação de sistemas WebGIS e Sistemas de Informação Territoriais (SIT) em municípios de médio a pequeno porte (MAROTTA, 2021). O sistema vem de encontro à uma necessidade de difusão dos dados do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) por parte das prefeituras, possibilitando que a população e técnicos da gestão municipal fora da área dos cadastros tenham acesso aos dados geográficos e possam utilizá-los em prol da melhoria dos processos de tomada de decisão e planejamento municipal.

De acordo com Marotta (2021) o *framework* é um conjunto de três componentes principais: uma interface web, um servidor de mapas e uma base de dados. A interface do sistema é baseada na biblioteca Javascript Leaflet, expandida de forma a possibilitar o consumo de uma maior variedade de serviços especificados pela Open Geospatial Consortium (OGC). O sistema é disponibilizado através de uma interface de programação de aplicações (API) em conformidade com a arquitetura *Representational State Transfer* (REST), desenvolvida em Node.js.

O servidor de mapas é uma instância do *software* livre Geoserver, configurada de forma a fornecer dados geográficos e interfaces de download e pesquisa de dados através dos serviços *Web Map Service* (WMS) e *Web Feature Service* (WFS). A compatibilidade do Geoserver com os padrões OGC (OGC, 2010a; OGC, 2010b) é o que garante a interoperabilidade do WebGENTE junto a outras sistemas das prefeituras, uma vez que o sistema permite não só a alimentação de dados na interface web como também em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em estações de trabalho como o QGIS, ArcGIS ou mesmo em dispositivos móveis, como o QGIS Mobile.

O terceiro componente do WebGENTE são os dados propriamente ditos. Podendo ser armazenados no formato de *shapefiles*, imagens georreferenciadas em formato GeoTIFF ou em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados Geográficos (SGBDG) como o *software* livre PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS.

Dentre as características do WebGENTE algumas se destacam de forma a justificar seu emprego no ambiente de acolhimento dos calouros. Primeiramente, a capacidade do sistema em consumir serviços diretamente de uma base de dados em constante atualização é uma característica importante devido à atualização constante que esta base receberá ao longo do tempo, seja por outros projetos da UFV ou mesmo para o reuso em outros projetos de acolhimento. O emprego de uma base de dados armazenada em um SGBD é o que permite tal feito.

Quanto à interface de manipulação do mapa, o WebGENTE possibilita a personalização das ferramentas disponíveis ao usuário, permitindo que se desabilite ferramentas como seleção de feições, download, navegação por coordenadas, medições, entre outras. Tal decisão se baseou no entendimento de que, em termos de usabilidade por usuários com pouca ou nenhuma experiência em SIG, o sistema traria maior familiaridade pela semelhança com sistemas como o Google Maps.

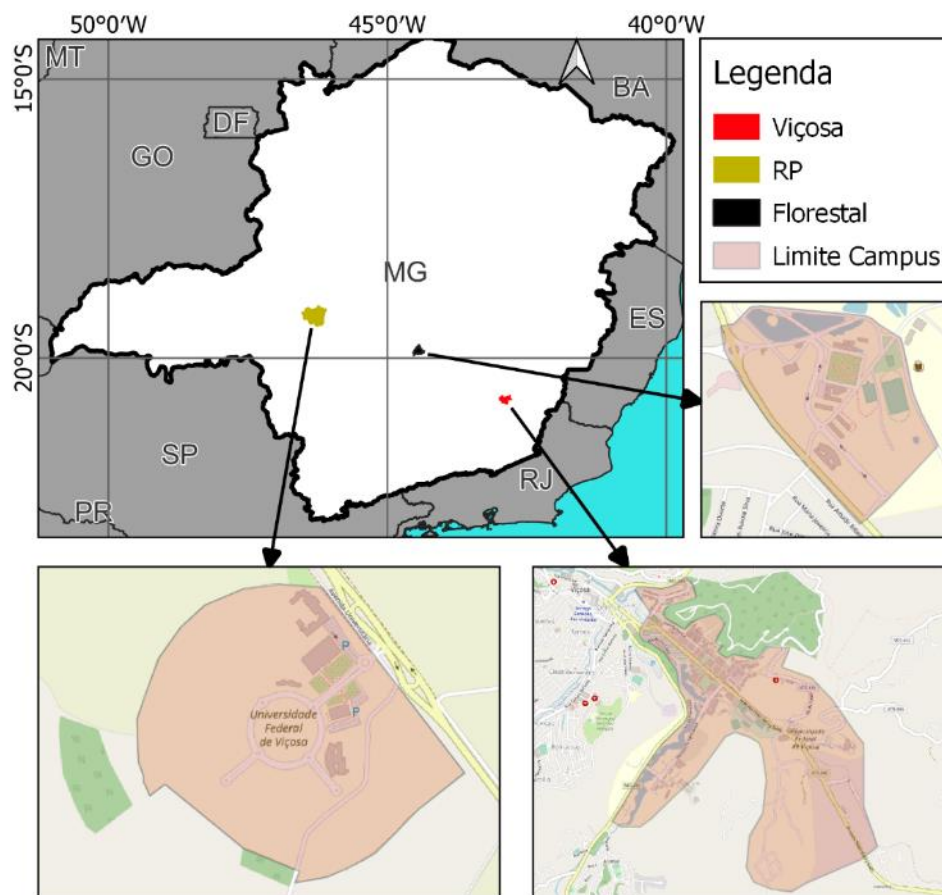
Por fim, o sistema foi desenvolvido tendo em vista o suporte a dados geográficos associados a arquivos multimídia, permitindo assim a visualização de panoramas 360° através de um visualizador de perspectiva esférica, além de ações relacionadas à execução de vídeos, entre outros. Tal característica se torna de suma importância dado o objetivo de disponibilizar tais mídias pela plataforma.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Áreas de Estudo

As áreas de estudo deste trabalho são os Câmpus da Universidade Federal de Viçosa nas cidades de Viçosa (MG), Florestal (MG) e Rio Paranaíba (MG), apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Áreas de estudo

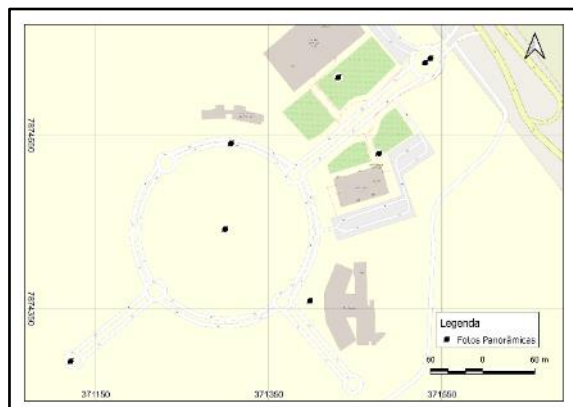


Fonte: Os Autores

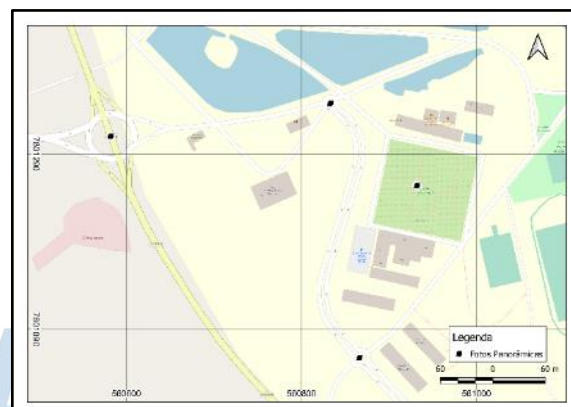
### 3.2 Mapeamento Aéreo 360°

O planejamento de tomada das fotografias 360° levou em consideração a visualização de importantes prédios e localidades da instituição, além de, quando possível, permitir a intervisibilidade entre as fotos de modo a possibilitar melhor navegação e ambientação virtual aos Câmpus. A Figura 2 apresenta os locais de tomada das fotografias nos três Câmpus.

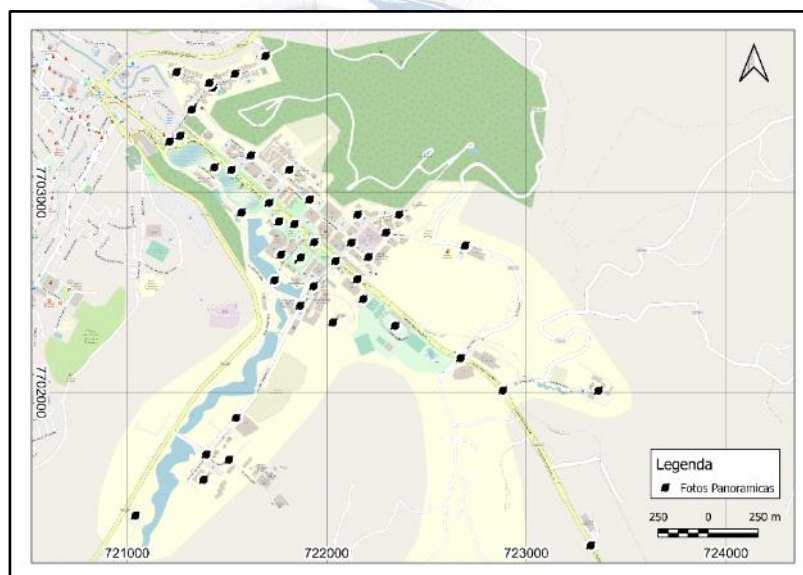
Figura 2 - Locais de tomada de fotografias 360°



(a) Panoramas no Campus Rio Paranaíba



(b) Panoramas no Campus Florestal



(c) Panoramas no Campus Viçosa

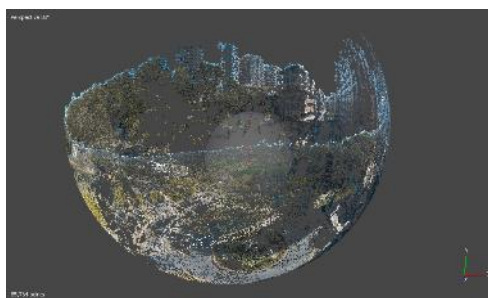
Fonte: Os Autores.

Com as localidades pré-estabelecidas, utilizou-se a ARP modelo Mavic Air, da fabricante DJI, e o aplicativo controlador DJI GO 4, instalado em um dispositivo Android. O *software* permite a tomada de fotos panorâmicas, em que se programa a aeronave para a tomada de 34 fotos em uma mesma coordenada, variando os ângulos *pitch* e *yaw* do estabilizador da câmera (*gimbal*) entre as fotografias. Determinou-se uma altura de 30 metros para a tomada de cada panorâmica, por ser baixo o bastante para identificar os elementos ao entorno e alto o bastante para que não haja obstruções, garantindo uma visão ampla do terreno.



Após a coleta, as imagens foram processadas no *software* Agisoft Metashape, sendo o alinhamento e *matching* das fotos processados em uma localidade estática, gerando uma nuvem de pontos esférica como mostra a Figura 3.a. O produto exportado após o processo é mostrado na Figura 3.b.

Figura 3 - Panoramas pré e pós processamento



(a) Nuvem de pontos após o processo de *matching*



(b) Panorama retangular processado

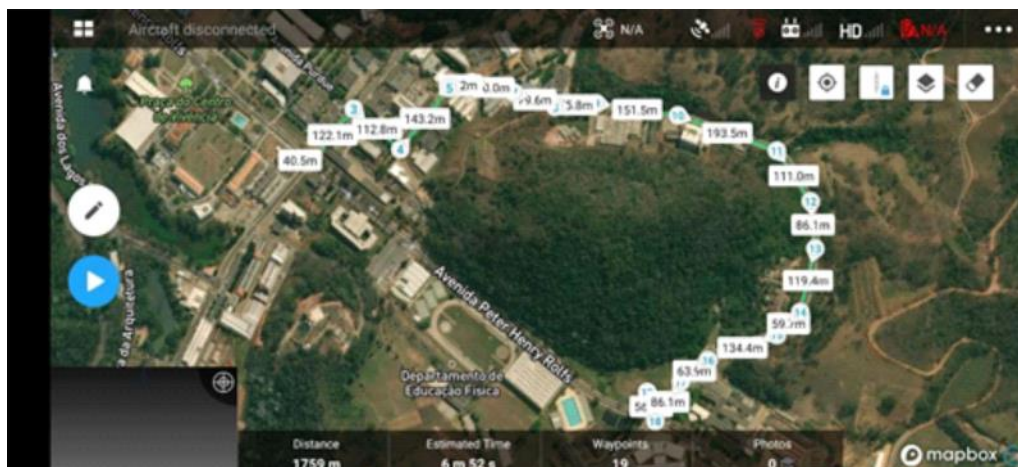
Fonte: Os Autores.

### 3.3 Tomadas de Vídeos

Com o intuito de tornar a experiência do usuário mais imersiva foram realizadas tomadas de vídeo através de trajetos percorridos pela mesma ARP. Os vídeos foram planejados para capturar as principais vias que cortam os três Câmpus da Universidade, com o objetivo de apresentar caminhos habituais percorridos para chegar nas salas de aula, departamentos e outros prédios importantes.

Para o controle do drone durante as filmagens foi utilizado o aplicativo DJI Pilot, que permite o planejamento de voo em escritório utilizando *waypoints* (pontos de interesse geolocalizados em um mapa) utilizados para dar apoio ao percurso e definir as ações realizadas pela ARP durante o levantamento, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Tela do aplicativo DJI Pilot com o planejamento de uma linha de voo



Fonte: Os Autores.

O uso dos *waypoints* possibilita a automatização de grande parte do processo de obtenção das imagens, sendo necessário apenas o controle do *gimbal* e da abertura da lente sob ajuste manual, de forma a permitir controlar a entrada de luz e evitar o arrastamento (borramento) nas imagens.

Após as gravações, as tomadas foram editadas com cortes, correções de luz e aplicação de efeitos, gerando sete clipes para o Campus Viçosa, quatro para o de Florestal e um para o de Rio Paranaíba. Todos os vídeos foram disponibilizados na Web através do YouTube para possibilitar seu rastreamento via *link*, com a possibilidade de adição de um momento específico ao vídeo, permitindo sua ligação com a posição geográfica.

Por fim, os trajetos dos vídeos foram traçados por meio de segmentos de linhas em SIG, dentro da base de dados a ser disponibilizada. Para cada segmento foi atribuído um link com uma localização temporal no vídeo correspondente ao momento em que o drone percorre aquele local, gerando assim o tour virtual através de vídeos aéreos.

### 3.4 Implementação do WebGIS

Os dados disponibilizados foram estruturados e estilizados objetivando sua disponibilização no WebGIS desenvolvido a partir do *framework* do WebGENTE. A infraestrutura utilizada foi disponibilizada pelo GENTE a partir dos servidores hospedados no Departamento de Engenharia Civil da UFV. O servidor, com o sistema operacional Ubuntu 20, possuía já instalados os sistemas WebGENTE em sua última versão (à época, 1.3), o Geoserver 2.19, PostgreSQL 13 com PostGIS 3.0.

A metodologia de implementação do WebGENTE passa inicialmente pela criação de uma nova instância do servidor da API, a conexão entre a base de dados e o Geoserver, a configuração das camadas a serem exibidas no servidor de mapas e sua configuração na interface de mapas para exibição final. As etapas de configuração são apresentadas em detalhes a seguir:

#### *Criação de nova instância do servidor da API*

A criação de uma nova instância do servidor da API do WebGENTE se deu através da clonagem do repositório do sistema no GitHub<sup>6</sup>. Após a clonagem, procedeu-se à instalação do sistema e suas dependências a partir do gerenciador de pacotes do Node.js.

#### *Conexão entre a base de dados e o Geoserver*

A base de dados vetoriais do sistema consistia nas linhas de voo contendo *links* para os vídeos em momentos específicos disponibilizados no YouTube, e em pontos contendo a localização na rede das imagens panorâmicas, armazenadas no diretório da instância do WebGENTE criada anteriormente. As informações foram armazenadas no PostgreSQL. A conexão com o Geoserver é realizada através da interface de administração do servidor de mapas.

#### *Configuração das camadas*

A configuração de exibição das camadas diz respeito aos estilos e simbologias a serem aplicados nestas para disponibilização pelo protocolo WMS. O Geoserver emprega a linguagem de marcação *Styled Layer Descriptor* (SLD) para a criação de estilos para as feições geográficas, o formato também é empregado pelo *software* livre QGIS, através do qual é realizada a conexão à base de dados, a estilização das camadas e posterior exportação do arquivo .SLD já configurado para o Geoserver.

#### *Configuração para exibição final na interface web do WebGENTE*

A configuração final das camadas é realizada no painel de administração do WebGENTE. Neste, é possível configurar os parâmetros de conexão da API ao Geoserver e os parâmetros da camada desejada. A Figura 5 apresenta a interface de adição de uma camada ao WebGENTE, sendo configuradas as linhas de voo com os vídeos do WebGENTE como uma camada de sobreposição.

Como camada base foi utilizada a base cartográfica livre do OpenStreetMap, disponibilizada através do serviço *Tile Map Service* (TMS) pela organização. A base cartográfica do OpenStreetMap é alvo frequente de estudos por estudantes da UFV

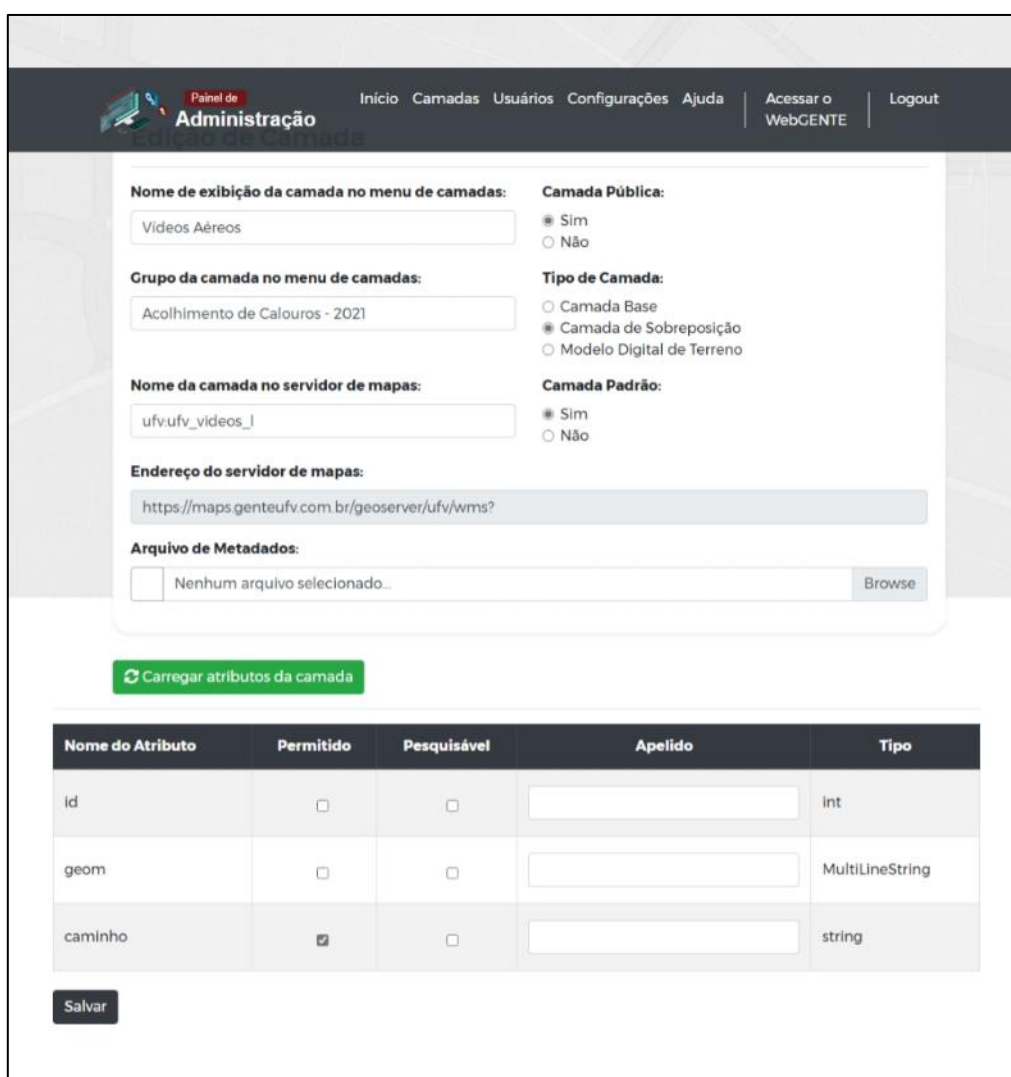
---

<sup>6</sup> O repositório está disponível no link: <https://github.com/paschendale/webgente-node>, acesso em 2 de Agosto de 2021



(SILVA et al, 2018), envolvidos em sua atualização constante. Neste sentido, as camadas de vídeos e panoramas deveriam se sobrepor à esta, facilitando a localização de prédios e pontos de referência pelos estudantes.

**Figura 5 - Painel de adição de camadas do WebGENTE**



**Painel de Administração**

Nome de exibição da camada no menu de camadas:

Grupo da camada no menu de camadas:

Nome da camada no servidor de mapas:

Endereço do servidor de mapas:

Arquivo de Metadados:

☒ Camada Pública:   
☐ Não

☒ Camada Padrão:   
☐ Não

Tipo de Camada:   
☐ Camada Base   
☒ Camada de Sobreposição   
☐ Modelo Digital de Terreno

Nome do Atributo	Permitido	Pesquisável	Apelido	Tipo
id	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	int
geom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	MultiLineString
caminho	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	string

Fonte: Os Autores.

Após a adição das camadas o sistema foi personalizado em código de forma a possibilitar a abertura automática dos vídeos e panoramas com o clique do usuário. Usualmente, o WebGENTE possui uma interface semelhante à do QGIS em que, para que o usuário obtenha uma informação de uma determinada camada, este deve selecionar a ferramenta de identificar feições e selecionar a feição desejada, abrindo então um formulário com as informações.

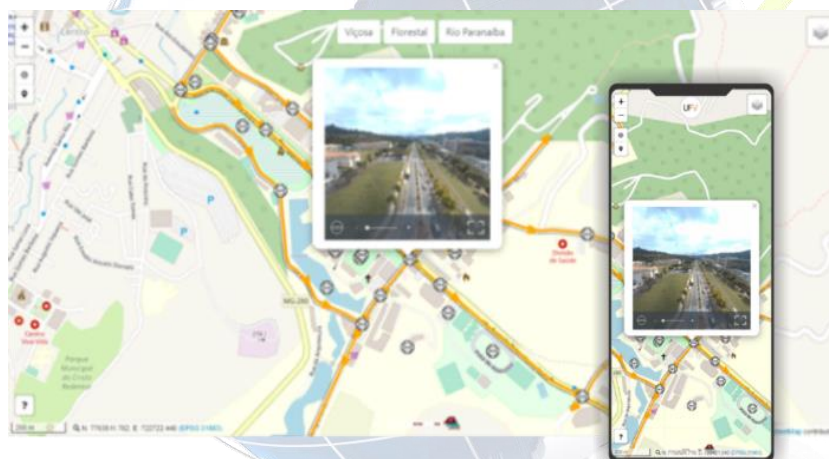


De forma a facilitar a manipulação no sistema por usuários com pouca experiência em SIG, o WebGENTE foi personalizado de forma a já inicializar com a ferramenta de identificação de feições ativada, sendo que caso um dos atributos a serem exibidos no formulário apresentasse o nome ‘caminho’ fosse atribuída uma ação automática. No caso da camada de vídeos, é aberta uma nova janela do vídeo no YouTube e, no caso da camada de panoramas, é aberto em uma janela de contexto no mapa o visualizador de panoramas 360°.

#### 4 RESULTADOS

O resultado principal deste trabalho é apresentado na Figura 6. Na imagem, o WebGIS é acessado por um navegador em desktop e em dispositivo móvel, sendo exibido um panorama 360° no Campus Sede da UFV. O acesso ao sistema é possível através da página oficial<sup>7</sup> do programa de acolhimento da UFV ou através do link direto ao sistema<sup>8</sup>.

Figura 6 - Interface do WebGIS



Fonte: Os Autores.

Adicionalmente, têm-se como objetivos os resultados dos panoramas 360° e dos vídeos realizados. Os primeiros podem ser consultados através da interface de acolhimento, ao passo que os segundos podem ser visualizados tanto através da interface quanto pela lista de reprodução<sup>9</sup> no YouTube.

A visualização dos panoramas pode ser realizada ainda em modo de tela cheia,

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.integracalouros.ufv.br/>, acesso em 2 de Agosto de 2021.

<sup>8</sup> Disponível em: <https://webgente.ufv.genteufv.com.br/>, acesso em 2 de Agosto de 2021.

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL7IoZ1L8coKMoYysdM01Qt1x1jCX-XYcA>, acesso em 2 de Agosto de 2021.

possibilitando ao usuário o uso das ferramentas de zoom e panorâmica para se aproximar e identificar detalhes nas imagens, como aponta a Figura 7.

Figura 7 - Vista aproximada ao Supermercado Escola, no Campus Viçosa.



Fonte: Os Autores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego do WebGENTE para a disponibilização da plataforma virtual de acolhimento se mostrou de grande utilidade uma vez que tornou o processo de disponibilização dos dados rápido e com relativa facilidade, dada a complexidade de ferramentas disponibilizadas pelo sistema desenvolvido para lidar com a amplitude de necessidades correlacionadas ao CTM. Neste sentido, o WebGIS se mostrou capaz de atender às expectativas da instituição em apresentar os Câmpus de forma virtual aos alunos, tendo adesão ao sistema desde o lançamento.

A difusão de dados geográficos é uma ferramenta importante para a percepção do espaço ao nosso redor, e, ao agregar informações temáticas sobre uma base cartográfica o ator tem a possibilidade de agregar mais conhecimento e amplificar a experiência do usuário com o espaço. Neste contexto, o WebGIS se mostrou uma ferramenta adequada ao possibilitar aos usuários não só o conhecimento espacial convencional através de mapas mas também a interação com panoramas aéreos e vídeos geolocalizados.

É fato que tais ferramentas têm sido amplamente exploradas por instituições como a Google, através do Street View, Microsoft, através do StreetSide, e outras iniciativas diversas. Entretanto, a comunidade *open source* carece ainda de um sistema que permita a autonomia de publicação e gestão de seu próprio conteúdo multimídia. Neste sentido, o WebGIS vem como uma boa opção, fornecendo às instituições meios adequados de disponibilização e interação do usuário com os dados.

Com a boa experiência da plataforma de acolhimento a administração da UFV tomou interesse em disponibilizar novas informações no visualizador, objetivando trabalhos futuros como a inclusão dos dados da IDE-UFV (SILVA, 2019), projetos de extensão que possibilitem a visualização tridimensional do interior e exterior de prédios e projetos ligados ao acervo histórico da UFV.

## REFERÊNCIAS

MAROTTA, Victor dos Santos. **Um Framework para Disponibilização de Informação Geográfica Municipal na Web**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2021.

OGC, Open Geospatial Consortium. **OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard**. [S. l.]: OGC, 2010a. Disponível em: [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=35326](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326). Acessado em: 20 Dez 2020.

OGC, Open Geospatial Consortium. **OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard – With Corrigendum**. [S. l.]: OGC, 2010b. Disponível em: <http://docs.opengeospatial.org/is/09-025r2/09-025r2.html>. Acessado em: 20 Dez 2020.

SILVA, Priscila de Lima e. **IDE-UFV: Proposta de Infraestrutura de Dados Espaciais Acadêmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2019.

SILVA, Priscila; SPERANDIO, Vinicius; RODRIGUES, Larissa; DIAS, Vitor; LOTI, Layane; LISBOA, Matheus; OLIVEIRA, Gabriel; MIRANDA, Gisele; MARTINS, Gustavo; MONTEIRO, Cleiton. Bases Cartográficas para Municípios de Pequeno Porte geradas por Informação Geográfica Voluntária. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.L.], v. 70, n. 5, p. 1664-1685, 31 dez. 2018. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv70n5-44572>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Conselho Universitário. **Resolução n. 12/2011, de 12 de dezembro de 2011**. Viçosa, MG: Conselho Universitário, 2011. Disponível em: [http://arquivo.ufv.br/soc/files/pag/consu/completa/2011/12\\_11.pdf](http://arquivo.ufv.br/soc/files/pag/consu/completa/2011/12_11.pdf). Acesso em: 2 ago. 2021.



## UM COMPÊNDIO DE PLATAFORMAS LIVRES E TÉCNICAS PARA O ESTUDO E MONITORAMENTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO BRASIL

BIANCA FREIRE<sup>1</sup>, VÍTOR PAGADIGORRIA ZUCCHI<sup>2</sup>, PÂMELA INÊS DE SOUZA CASTRO<sup>3</sup>, ANNA CAROLINE COSTA FANALLI<sup>4</sup>, JOÃO VITOR MEZA BRAVO<sup>5</sup>, ,

### RESUMO

O fogo foi, seguramente, um dos gatilhos da evolução e prosperidade tecnológica da humanidade. Apesar de utilizarmos o fogo como fonte de calor, luz e energia, direcionando-o a atividades como, por exemplo, a preparação de alimentos, a fundição de materiais, quando em condições propícias à sua ignição e propagação pode, também, dar origem a eventos de destruição em massa, a exemplo dos incêndios florestais. É notório que os incêndios florestais representam um problema crônico no Brasil, especialmente em virtude das características de alguns biomas brasileiros – como o Cerrado – e das ações antrópicas, como o desmatamento, o avanço de atividades industriais e agropecuárias. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo apresentar fontes de consulta gratuitas que auxiliam no monitoramento e fiscalização dos incêndios florestais, com ênfase no bioma Cerrado. O INPE, em conjunto com demais institutos e políticas públicas, fornecem dados importantes e consolidados para a análise temporal e espacial dos danos causados pelos incêndios florestais. Sendo assim, tais ferramentas permitem um maior conhecimento a respeito das regiões mais afetadas e, em conjunto com os órgãos competentes, subsidiam um melhor planejamento de ações que visam mitigar, fiscalizar e combater os incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Incêndios Florestais. Plataformas gratuitas. Dados espaciais livres.

### 1 INTRODUÇÃO

Conforme Soares e Batista (2017), o termo incêndio florestal é o que define um fogo de propagação livre e incontrolada, que consome os materiais combustíveis presentes em uma floresta. Tais eventos, são responsáveis por extensos danos à natureza e à vida humana (SILVEIRA et al., 2019) e estão diretamente condicionados às variáveis naturais como o clima, a topografia e o material combustível, assim como às variáveis antropogênicas (BATISTA et al., 2018).

Os combustíveis dos incêndios florestais, são todos os materiais orgânicos vivos ou mortos, no solo ou acima deste, que podem entrar em combustão (SOARES, 1985; BATISTA, 1990). Segundo Martins (2010) o combustível vegetal - biomassa - tem em sua composição

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [bianca.freire@ufu.br](mailto:bianca.freire@ufu.br)

<sup>2</sup> Corpo de Bombeiros do estado do Paraná, [vitor.pagadigorria@bm.pr.gov.br](mailto:vitor.pagadigorria@bm.pr.gov.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [pamelaisc@outlook.com](mailto:pamelaisc@outlook.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [annafanalli@hotmail.com](mailto:annafanalli@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [jvbravo@gmail.com](mailto:jvbravo@gmail.com)



herbáceas, arbustos, árvores, folhadas, ramos e troncos mortos, sendo que, os materiais finos mortos são os que têm significativa parcela de culpa na ignição e na propagação do fogo. Combustíveis vivos, por sua vez, como os arbustos, árvores e herbáceas verdes, em virtude da elevada umidade que possuem acabam por retardar a propagação do fogo (RIGOLOT, 1990). Martins (2010) destaca, ainda, que além do tipo e umidade do material vegetal, a quantidade e o arranjo também influenciam diretamente na propagação do fogo.

No Brasil os incêndios florestais têm se intensificado em frequência, especialmente na região amazônica e no Cerrado. Geralmente, os incêndios de grandes proporções ocorrem em regiões de vegetação savânica, onde as condições de clima seco, com temperaturas elevadas, baixo índice pluviométrico e ventos fortes corroboram para uma rápida e fácil propagação (BATISTA et al., 2018). Nesses ambientes a ignição ocorre, comumente, em função de ações humanas e, em menor proporção, por causas naturais (SOARES e BATISTA, 2017; BATISTA et al., 2018). Quando a causa é antrópica, a ignição está associada, principalmente, ao manejo inadequado do fogo em culturas agrícolas e à limpeza de terrenos e pastagens (SILVA JUNIOR et al., 2015).

Diante do exposto, órgãos e entidades envolvidos com a proteção e conservação da natureza buscam desenvolver tecnologias, métodos e produtos com intuito de monitorar causas e mitigar a devastação causada pelos incêndios florestais. Neste contexto destacam-se, no Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), as secretarias estaduais de meio ambiente, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o projeto MapBiomass, a Defesa Civil e os corpos de bombeiros militares. Essas instituições, produzem dados espaciais e não-espaciais que podem ser reutilizados por pesquisas científicas engajadas em contribuir com o combate e prevenção de incêndios florestais. Muitas vezes os dados são armazenados e disponibilizados em plataformas de fácil e livre acesso como, por exemplo, o BDQUEIMADAS, ou a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE-BR). Alguns corpos de bombeiros militares também disponibilizam, em seus sites, consulta pública aos registros de ocorrências de incêndios.

Dada a relevância do assunto, neste trabalho apresentamos algumas fontes de dados e técnicas que podem auxiliar pesquisadores engajados no estudo e no monitoramento de incêndios florestais no Brasil em suas pesquisas. Outrossim, aqui incentivamos o uso de dados livres e multimodais na concepção de tecnologias, métodos e análises sobre a temática de incêndios florestais.

## 2 PLATAFORMAS COM DADOS LIVRES SOBRE INCÊNDIOS NO BRASIL

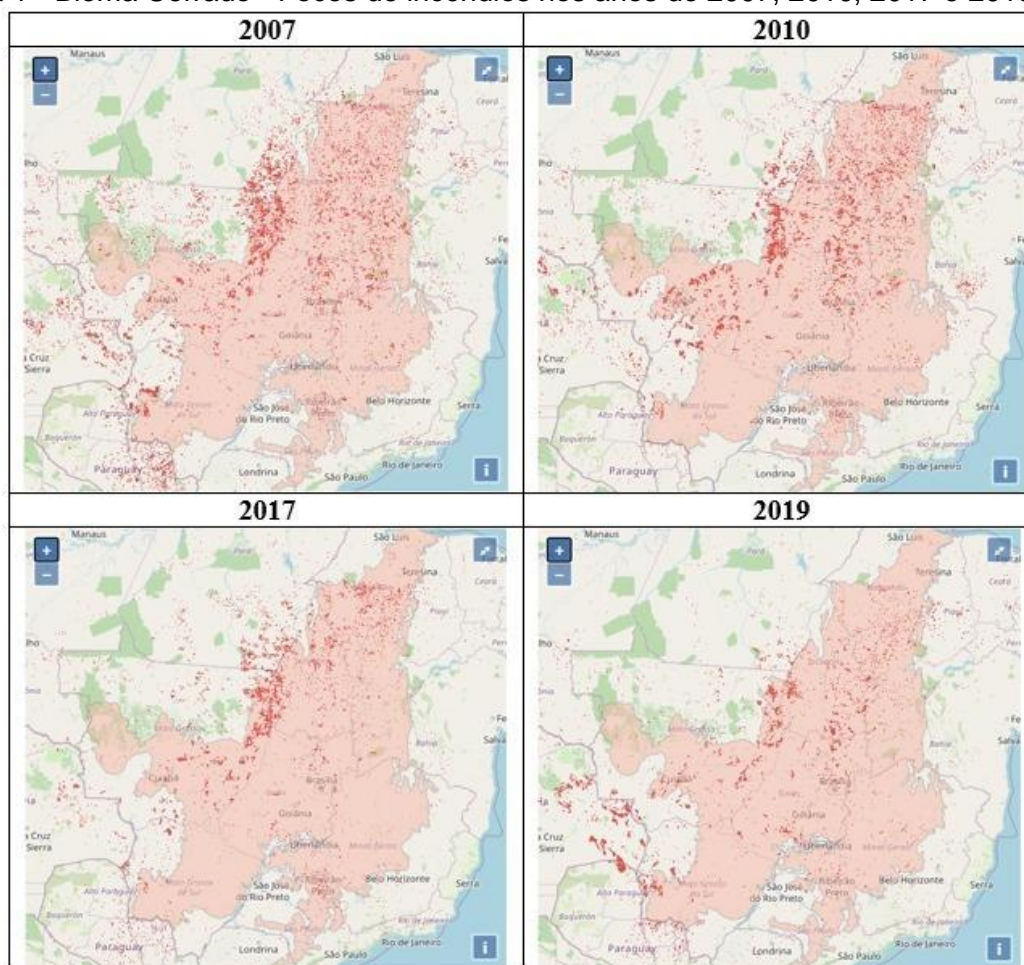
No Brasil, entendemos que o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais é o órgão público de destaque na produção de dados espaciais, especialmente aqueles relativos ao monitoramento do meio ambiente brasileiro. Os pesquisadores do INPE e métodos de monitoramento criados por esses profissionais, são notoriamente reconhecidos e validados pela comunidade internacional. Interessante é que o material produzido está disponibilizado seja em artigos publicados em revistas, seja na forma de plataformas web que permitem acesso fácil ao conteúdo mapeado. Aqui destacamos este conteúdo.

Por exemplo, em 2014 o INPE, juntamente com o IBAMA, criou o Centro Integrado Multiagências de Coordenação Operacional (CIMAN), uma plataforma de monitoramento de incêndios e queimadas que disponibiliza informações em tempo real (ASCOM, 2014; INPE, 2020). Outro projeto destacável do qual o INPE participa é o Platform of Monitoring and Warning of Forest Fires in the Cerrado, conhecido como Projeto Monitoramento Cerrado, que surgiu através da cooperação entre os governos do Brasil e do Reino Unido, com apoio do Banco Mundial, e tem como coordenador geral do programa o Ministério do Meio Ambiente. O objetivo do programa é prover melhorias na gestão dos recursos naturais do Cerrado através do aprimoramento de políticas públicas e práticas de produção rural (PROJETO MONITORAMENTO CERRADO, 2021).

No programa *Queimadas*, também do INPE, faz-se o monitoramento e a modelagem da ocorrência e da propagação do fogo ativo na vegetação. Com isso, quantifica-se o risco, a extensão e a severidade dos incêndios com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento (BDQUEIMADAS, 2021). Neste programa destaca-se o *Banco de Dados Queimadas (BDQ)*, uma plataforma de livre acesso com modo interativo de análises espaciais e temporais dos focos de incêndios florestais, através de imagens de satélites atualizadas a cada três horas (BDQUEIMADAS, 2021).

Outra interessante forma de análise, que pode ser realizada na plataforma BDQueimadas são consultas às áreas em que houve registros de incêndios em anos anteriores e nos anos atuais. É possível filtrar as áreas de interesse, as áreas conforme limite espacial, ou pelos próprios biomas. Desta forma, pode-se obter os seguintes dados: o mapa da área queimada; a área queimada (km<sup>2</sup>); a proporção de área queimada (km<sup>2</sup>); a área queimada (km<sup>2</sup>) no Brasil, por ano; e área queimada (km<sup>2</sup>) por bioma, por ano completo. A Figura 1, apresenta os focos de incêndios registrados no mês de setembro nos anos de 2007, 2010, 2017 e 2019 no Bioma Cerrado. Este mês, foi o que apresentou os maiores registros de incêndio nos anos supracitados.

Figura 1 - Bioma Cerrado - Focos de incêndios nos anos de 2007, 2010, 2017 e 2019



Fonte: BDQUEIMADAS (2021).

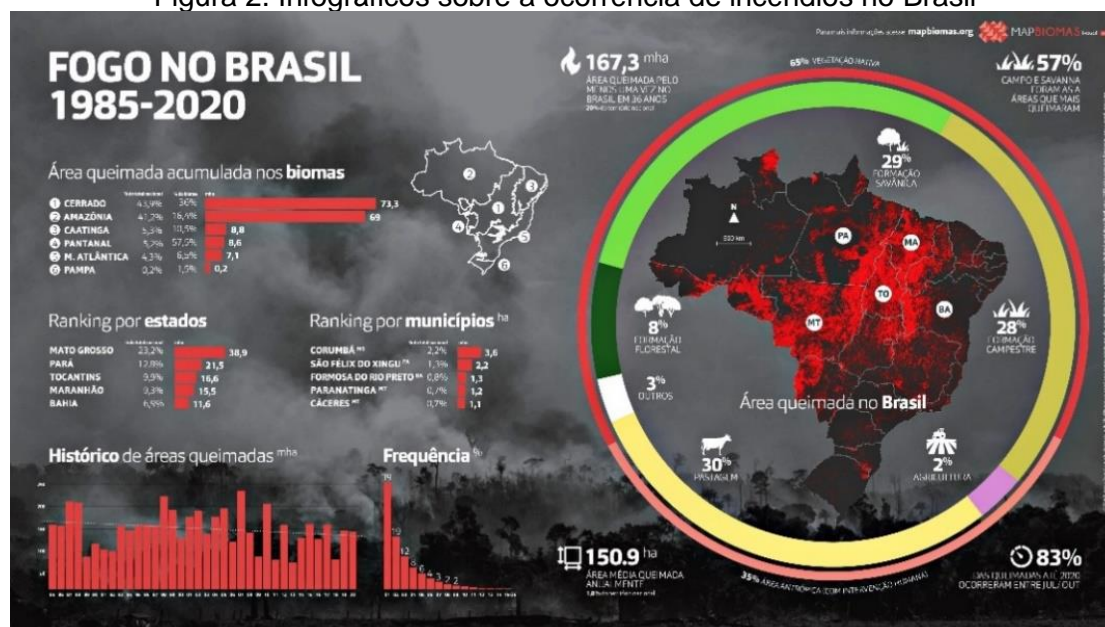
Outra plataforma disponível, que possibilita o estudo de incêndios florestais é o Projeto MapBiomas, criado a partir de uma iniciativa do Observatório do Clima com uma rede multi-institucional constituída por empresas, ONGs e universidades, no mapeamento e monitoramento no uso do solo no Brasil. De acordo com imagens de satélite, obtidas entre 1985 e 2020 pelo MapBiomas (2021), o Brasil registrou cerca de 150.957 km<sup>2</sup> de áreas queimadas por ano, ou seja, 1,8% da área total do país. O montante queimado neste período corresponde a 1/5 de todo território nacional (1.672.142 km<sup>2</sup>), sendo que 65% dessas queimadas ocorreram em áreas de vegetação nativa, especialmente nos estados do Mato Grosso, Pará e Tocantins.

Destarte, o aumento desenfreado das queimadas no país evidencia o agravamento do desmatamento nos biomas brasileiros. Por sua vez, os dados disponibilizados pelo MapBiomas no formato de mapas, tabelas e infográficos – de estatísticas anuais, mensais e acumuladas - analisam os registros de incêndio entre 1985 e 2020 e destacam a importância



deste fenômeno. A Figura 2, apresenta um dos diversos infográficos produzidos pelo MAPBIOMAS, que pode ser acessado pelo link <https://mapbiomas.org/infograficos-1>.

Figura 2. Infográficos sobre a ocorrência de incêndios no Brasil



Fonte: MAPBIOMAS (2021).

A seguir, os Quadros 1 e 2 apresentam, respectivamente, os sites de monitoramento disponibilizados pelo INPE e outras plataformas de monitoramento e detecção de incêndios.

Quadro 1. Exemplos de sites para monitoramento de focos de incêndios – INPE

<a href="http://www.inpe.br/queimadas">http://www.inpe.br/queimadas</a>
<a href="http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas">http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas</a>
<a href="https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/risco-de-fogo-meteorologia">https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/risco-de-fogo-meteorologia</a>
<a href="http://cerrado.obt.inpe.br/">http://cerrado.obt.inpe.br/</a>

Fonte: Os autores (2021).

Quadro 2. Exemplos de outras plataformas de monitoramento

NASA-Earth observatory
PREVFOGO
INMET/ MAA - Previsão de incêndios florestais
SEMAD/PrevIncêndios
SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental - Prevenção de Incêndio
IEF-Previncêndios
SIMGE - Risco de fogo para o estado de MG
CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Desastres Naturais

Fonte: Os autores (2021).



Importante destacarmos o trabalho feito pelos pesquisadores do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), que têm atuado na fronteira do conhecimento para desenvolver técnicas, produtos e métodos que auxiliem na detecção, no monitoramento e na mitigação dos problemas causados pelos incêndios florestais no Brasil. Geralmente são trabalhos que se apoiam em técnicas de mapeamento via imagens multiespectrais, tópico que abordaremos na sequência.

### 3 TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS BASEADAS EM IMAGENS MULTIESPECTRAIS

Sabe-se que os incêndios florestais ocorrem em todo o território do país, principalmente nos períodos de estiagem, com maior incidência em solos utilizados pela agricultura e pecuária (SANTOS et al., 2018; de SÁ et al., 2019). Com a destruição da cobertura vegetal e a consequente redução da biodiversidade, é inevitável o desequilíbrio ambiental (PAIVA, 2019).

Os impactos causados pelos incêndios florestais são diversos e extenso, por esse motivo o sensoriamento remoto tem métodos robustos que auxiliam na investigação e detecção da frequência e distribuição espacial desses eventos (ADDISON & OOMMEN, 2018). Nesse sentido, as imagens de sensoriamento remoto, combinadas com índices espectrais de severidades, constituem as principais ferramentas para a avaliação dos impactos causados pelos incêndios em ambientes florestais.

Neste contexto, os índices espectrais que têm destaque em estudos para a detecção de incêndios florestais são: *Normalized Burn Ratio* (NBR), *Differenced Normalized Burn Ratio* (dNBR) e o *Relative Differenced Normalized Burn Ratio* (RdNBR) (CARDIL et al., 2019). Com o NBR (Equação 1) é possível determinar a gravidade da queimada utilizando as bandas do infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR) (KEY; BENSON, 2006).

O dNBR (Equação 2), por sua vez, compara os dados do NBR pré-fogo (antes da queimada) com os dados do NBR pós-fogo (depois da queimada) apresentando, ao final, a mudança provocada pela queimada (KEY; BENSON, 2006). Já o RdNBR (Equação 3), analisa a quantidade relativa de variação de pré e pós incêndio, removendo viés em decorrência da densidade da vegetação quando está em pré-incêndio. O Quadro 3 mostra, em detalhe, os índices espectrais de incêndios que relatamos.

Quadro 3 - Índices espectrais de severidade de incêndio

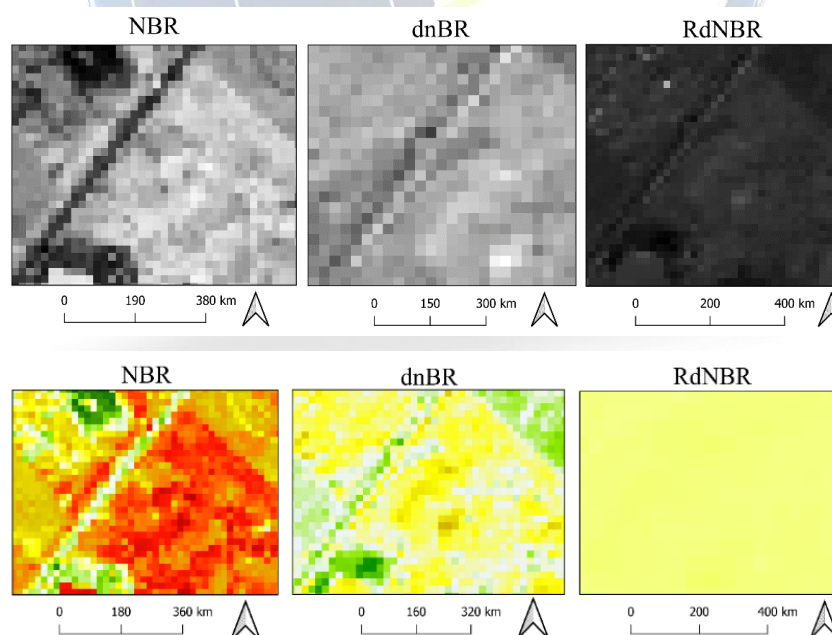
(1) Normalized Burn Ratio (NBR)	$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \times 1000$
(2) Differenced Normalized Burn Ratio (dnBR)	$dnBR = NBR(\text{pré} - \text{fogo}) - (pós - \text{fogo})$
(3) Relative Differenced Normalized Burn Ratio (RdNBR)	$RdNBR = \frac{(NBR_{\text{pré}} - \text{fogo} - NBR_{\text{pós}} - \text{fogo})}{\sqrt{ABS \frac{NBR_{\text{pré}} \text{fogo}}{1000}}}$

Fonte: KEY e BENSON (2006).

Aqui mostramos um exemplo da aplicação dos índices em uma área localizada nas proximidades do Parque Estadual do Pau Furado, em Minas Gerais. Selecionamos imagens do satélite SENTINEL-2 tomadas no mês de março (período pré-fogo) e no mês de junho (período pós-fogo). A Figura 4 apresenta as imagens geradas com os índices NBR, dnBR e RdNBR.

Embora os índices espectrais de severidade de incêndio auxiliem significativamente na análise das áreas de ocorrências de incêndios, podem ocorrer confusões na interpretação de suas imagens, a exemplo na identificação de áreas de solo exposto, áreas úmidas ou queimadas. Recomenda-se a utilização de outras técnicas para complementar e melhorar os estudos, como, por exemplo, a aplicação de índices específicos para as variáveis que se assemelham e acabam gerando interpretações equivocadas (e.g. solo exposto, água).

Figura 4 – Aplicação dos Índices espectrais de severidade de incêndio



Fonte: Os autores (2021).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, entendemos que a maior acessibilidade e confiabilidade dos dados disponibilizados nas plataformas de monitoramento de incêndios tem permitido que pesquisadores e população conheçam os reais problemas causados pelos incêndios no Brasil. O desenvolvimento de pesquisas e políticas públicas nesse campo de atuação estão cada vez mais frequentes, visto que a identificação dos riscos e dos focos de incêndios possibilitam o próprio aperfeiçoamento das ações dos órgãos competentes. Deste modo, com ferramentas disponíveis para prevenção e controle de forma mais ágil, atenuam-se os danos sociais, ambientais e econômicos.

Ainda, é válido destacar o uso dos sistemas de informações geográficas (SIG) como ferramentas de gestão, auxiliam na tomada de decisões, especialmente quando voltadas para a proteção de áreas susceptíveis à ocorrência de incêndios florestais (BUI; VAN LE; HOANG, 2018). Através do mapeamento e da análise da distribuição espacial dos incêndios, melhoram-se técnicas e métodos de controle do fogo - um dos maiores destruidores de paisagens, reservas naturais e ecossistemas brasileiros (BATISTA et al., 2018).

Por fim, aqui destacamos a relevância da utilização de plataformas gratuitas de monitoramento de incêndios, por possibilitarem não somente o estudo e desenvolvimento de novas pesquisas em torno de um fenômeno que tanto afeta o país, mas, sobretudo, por certificarem a confiabilidade e qualidade dos dados gerados e disponibilizados, evidenciando a importância e o trabalho resultante de diversas parcerias firmadas entre instituições nacionais para o desenvolvimento das respectivas plataformas.

#### REFERÊNCIAS

- ADDISON, P.; OOMMEN, T. 2018. Utilizing satellite radar remote sensing for burn severity estimation. *International Journal of Applied Earth Observing Geoinformation*, 73: 292–299.
- ASCOM, Ibama. **Ibama e Inpe lança monitoramento de queimadas em tempo real**. 2014. Disponível em: <<https://portogente.com.br/noticias/meio-ambiente/83985-ibama-e-impe-lanca-monitoramento-de-queimadas-em-tempo-real>>. Acesso em: 29 ago. 2021.
- BATISTA, A. C. Incêndios florestais. Recife. **Imprensa Universitária da UFRPE**. 1990. p.115
- BATISTA, E. K. L.; RUSSELL-SMITH, J.; FRANÇA, H.; FIGUEIRA, J. E. C. An evaluation of contemporary savanna fire regimes in the Canastra National Park, Brazil: Outcomes of fire suppression policies. *Journal of Environmental Management*, New York, v. 205, p. 40-49, 2018.
- BDQUEIMADAS. **SOBRE O BDQUEIMADAS**. 2021. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#sobre-o-bdqueimadas>>. Acesso em: 29 ago. 2021.



BUI, DIEU TIEN; VAN LE, HUNG; HOANG, NHAT-DUC. GIS-based spatial prediction of tropical forest fire danger using a new hybrid machine learning method. **Ecological Informatics**, [s.l.], v. 48, p.104-116, nov. 2018. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.08.008>.

de Sá, S.S., RIZZO, L.V., PALM, B.B., CAMPUZANOJOST, P., DAY, D.A., YEE, L.D., WERNIS, R., ISAACMAN-VANWERTZ, G., BRITO, J., CARBONE, S., LIU, Y.J., SEDLACEK, A., SPRINGSTON, S., GOLDSTEIN, A.H., BARBOSA, H.M.J., ALEXANDER, M.L., ARTAXO, P., JIMENEZ, J.L., MARTIN, S.T., 2019. Contributions of biomass-burning, urban, and biogenic emissions to the concentrations and light-absorbing properties of particulate matter in central Amazonia during the dry season. **Atmospheric Chemistry and Physics** 19, 7973-8001. doi:<https://doi.org/10.5194/acp-19-7973-2019>.

CARDIL, A. *et al.* Fire and burn severity assessment: calibration of relative differenced normalized burn ratio (RdNBR) with field data. **Journal of Environmental Management**, v. 235, p. 342-349, 2019.

INPE. Programa de Monitoramento de Queimadas.2020. Disponível em <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

KEY, C. H.; BENSON, N. C. **Landscape assessment**: sampling and analysis methods. USDA Forest Service, General Technical Report RMRS-GTR-164-CD, 2006.

MARTINS, S.R. 2010. **Incêndios Florestais**: Comportamento, Segurança e Extinção. Tese de Mestrado. Universidade de Coimbra.

MAPBIOMAS. **A cada ano, Brasil queima área maior que a Inglaterra**. 2021. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/a-cada-ano-brasil-queima-area-maior-que-a-inglaterra>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

PAIVA, Y. R. Y. 2019. Burned area and fuel load mapping in a protected area situated in the Brazilian Cerrado, using linear spectral unmixing model. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. **Anais eletrônicos...** São José dos Campos, INPE, 2019.

PROJETO MONITORAMENTO CERRADO. **Monitoramento do Desmatamento no Cerrado Brasileiro por Satélite**. 2021. Disponível em: <<http://cerrado.obt.inpe.br/>>. Acesso em: 10 set. 2021.

RIGOLOT, E. **Combustíveis**. Trás-os-Montes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro 1990

SANTOS, F.; LONGO, K.; GUENTHER, A.; KIM, S.; GU, D.; ORAM, D.; FORSTER, G.; LEE, J.; HOPKINS, J.; BRITO, J.; FREITAS, S.; 2018. Biomass burning emission disturbances of isoprene oxidation in a tropical forest. **Atmospheric Chemistry and Physics** 18, 12715-12734. doi: <https://doi.org/10.5194/acp-18-12715-2018>

SILVA JUNIOR, C. H. L.; FREIRE, A. T. G.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SILVA, F. B.; MENDES, J. J. A zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado no estado do Maranhão. Parte II: Caracterização preliminar dos dados de área queimada (Produto MODIS MCD45A1). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17.



(SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7478-7485. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. IBI.

SILVEIRA, E. M. O.; TERRA, M. C. N. S.; STEEGE, H.; MAEDA, E. E.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S. Carbondiversity hotspots and their owners in Brazilian southeastern Savanna, Atlantic Forest and Semi-Arid Woodland domains. **Forest, Ecology and Management**, Flagstaff, v. 452, 117575, 2019.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais - Controle e Uso do Fogo**. Curitiba: FUPEF, 213 p, 1985.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba: Ronaldo Viana Soares, 2017. 264 p.



## CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E VARIÁVEIS RELACIONADAS À FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO CERRADO MINEIRO

ANNA CAROLINE COSTA FANALLI<sup>1</sup>, JOÃO VITOR MEZA BRAVO<sup>2</sup>, MARCO ANTÔNIO DELINARDO DA SILVA<sup>3</sup>, JORGE EDUARDO FERREIRA CUNHA<sup>4</sup>, PÂMELA INÊS DE SOUZA CASTRO<sup>5</sup>, BIANCA FREIRE<sup>6</sup>

### RESUMO

Neste trabalho exploramos algumas causas, consequências e variáveis relacionadas à fragilidade ambiental de unidades de conservação do Cerrado. Apoiados nos exemplos do Parque Estadual do Pau Furado e do Parque Estadual da Lapa Grande, discutimos algumas das condições que fragilizam a conservação da natureza do Cerrado no Estado de Minas Gerais. Entendemos que o Cerrado tem sofrido com a devastação causada pela ocupação desordenada de seu território e pelo uso indiscriminado de recursos naturais existentes em áreas que deveriam ser preservadas. Ainda, explicamos a importância da adoção de métricas como a Fragilidade Ambiental no diagnóstico situacional de áreas de preservação. Com efeito, esperamos fomentar discussões no campo da conservação da natureza, colaborando com aqueles pesquisadores e estudantes que queiram iniciar os estudos nesta área do conhecimento.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental. Conservação. Cerrado. Unidades de Conservação

### 1 INTRODUÇÃO

O Cerrado tem sofrido com a devastação causada pela ocupação desordenada de seu território. Estima-se que este bioma foi 2,5 vezes mais desmatado do que a Amazônia, com aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> de mata nativa foi transformado em pastagens (KLINK; MACHADO, 2004; SANTOS; ROSS, 2012; STRASSBURG, et al., 2017).

O desenfreio do uso dos recursos naturais gerou necessidade de se debater a regulamentação da ocupação deste bioma, especialmente para se proteger áreas que funcionam como santuários da vida selvagem. Em paralelo, a legislação deve considerar a necessidade de manutenção da produção de insumos que alimentam a população mundial (MULLAN e HAQQ-MISRA, 2019; TRIPATHI et al., 2018). Adicionalmente, o ordenamento territorial deve orientar políticas públicas que permitam a conservação da natureza e a exploração sustentável dos recursos naturais disponíveis. Para tanto a Fragilidade Ambiental é uma métrica importante no entendimento de quais regiões devem

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [annafanalli@hotmail.com](mailto:annafanalli@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [jvbravo@gmail.com](mailto:jvbravo@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [marco.delinardo@ufu.br](mailto:marco.delinardo@ufu.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [jorgeagronomia@yahoo.com.br](mailto:jorgeagronomia@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [pamelaisc@outlook.com](mailto:pamelaisc@outlook.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [bianca.freire@ufu.br](mailto:bianca.freire@ufu.br)

ser preservadas (SANTOS; ROSS, 2012; SCHIAVO et al., 2016; TROMBETA et al., 2014; VALLE et al., 2016).

A fragilidade ambiental é mensurada pela (i) instabilidade/fragilidade potencial e pela (ii) instabilidade/fragilidade emergente (PERIÇATO; SOUZA, 2019; ROSS, 1994;). A fragilidade potencial define a tipologia de valoração de fragilidade considerando as instabilidades naturais de ambientes preservados (ROSS, 1994). Associam-se à fragilidade potencial as características naturalmente presentes na paisagem como, por exemplo, o tipo de solo, a inclinação das vertentes, tipo de vegetação e a potencial intervenção antrópica (PERIÇATO; SOUZA 2019). Em contrapartida, a fragilidade emergente mede a instabilidade emergente de uma unidade ecodinâmica, a qual se associa às características naturais do ambiente, em comunhão com o potencial perturbador dos seres humanos, na medida em que se apropriam dos recursos naturais (FRANÇA et al., 2019; PERIÇATO; SOUZA, 2019; ROSS, 1994).

A mensuração da Fragilidade Ambiental em zonas especiais é um caminho para se reconhecer a necessidade de preservá-las (SCHIAVO et al., 2016; TROMBETA et al., 2014; VALLE et al., 2016). As Unidades de Conservação (UCs) dentro do território brasileiro, são regulamentadas pela lei nº 9.985/2000, que preconiza a preservação e o uso sustentável de áreas naturais de relevância ambiental, cultural, científica e social (BRASIL, 2000). As UCs devem ter um plano de manejo específico e adequado à sua realidade, com a presença de corredores ecológicos que liguem fragmentos florestais, bem como, uma zona de amortecimento que evite contato direto com ações antrópicas prejudiciais à região conservada (COSTA et al., 2009; RIBEIRO et al., 2010).

Existem duas categorias de UCs, sendo elas as de proteção integral (PI), nas quais não pode ocorrer a intervenção humana, seja para pesquisa, exploração, visitação, dentre outras atividades, e as unidades de uso sustentável (US). Todas estas unidades são comandadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000). Entretanto, no cenário atual de devastação ambiental, sabe-se que as intervenções humanas têm sido recorrentes nas UCs, especialmente nas do Cerrado, independentemente da classe – PI ou US – na qual se enquadram (DUARTE et al., 2019; MACHADO et al., 2004).

Dessa forma, aqui apresentaremos causas, consequências e variáveis que impactam na fragilidade ambiental das UCs do Cerrado Mineiro. Através de dois exemplos, relatamos as condições que potencializam o uso desordenado dos recursos naturais, quer seja na porção interna dessas regiões ou em seu entorno. Com isso, esperamos fomentar

discussões no campo da conservação da natureza, colaborando com aqueles pesquisadores e estudantes que queiram iniciar os estudos nesta área do conhecimento.

## 2 Causas e Consequências do aumento da fragilidade ambiental nas unidades de conservação do Cerrado mineiro: exemplos

Sabe-se que 8,21% da área do Cerrado é ocupada por UCs, das quais 2,85% são de proteção integral (PI) e 5,36% de uso sustentável (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, [na]). Sabe-se, também, que algumas fitofisionomias dentro do domínio Cerrado não possuem UCs suficientes para sua proteção (SANTOS et al., 2020). As UCs presentes no Estado de Minas Gerais estão listadas na Tabela 1, e somente 7 parques estaduais estão inseridos dentro do domínio do Cerrado.

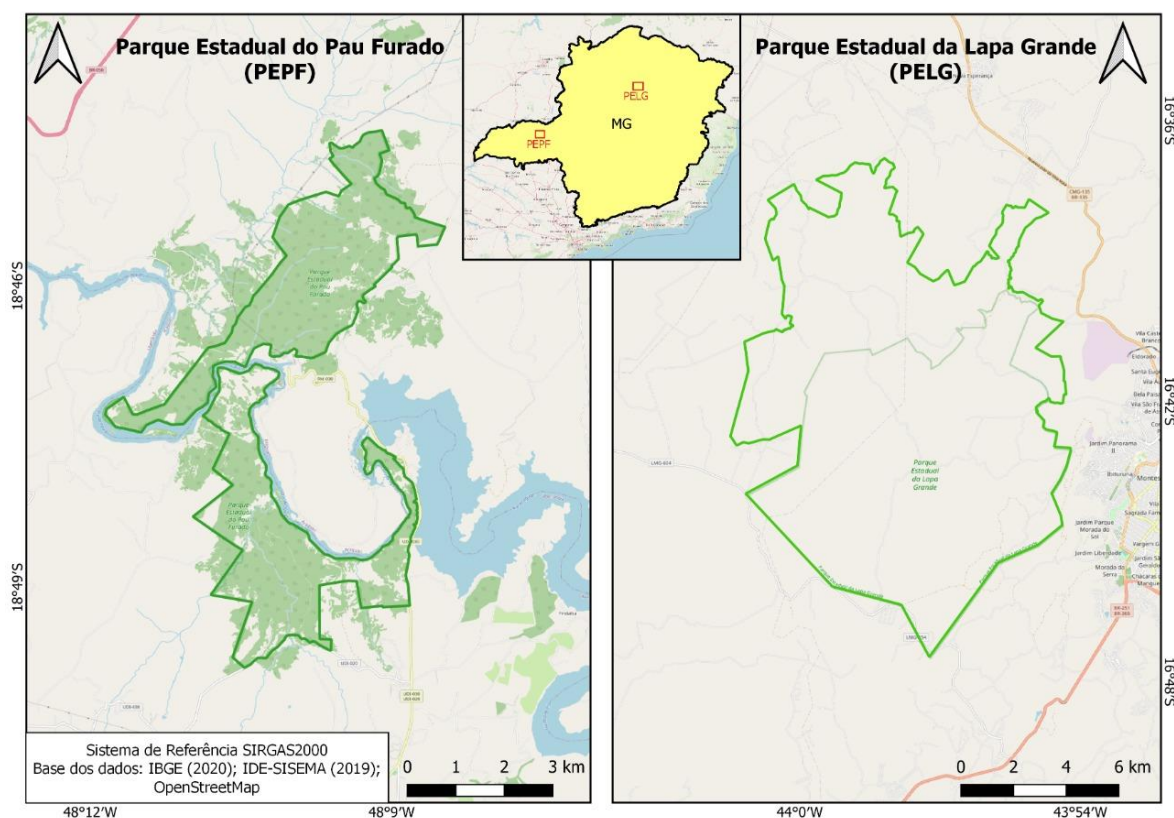
**Tabela 1:** Exemplo de Parques Estaduais, dentro do estado de MG

UCS EM MG	BIOMA
Parque Estadual do Ibitipoca	Mata Atlântica
Parque Estadual da Serra do Brigadeiro	Mata Atlântica
Parque Estadual do Itacolomi	Mata atlântica
<a href="#">Parque Estadual Nova Baden</a>	Mata Atlântica
Parque Estadual da Serra do Rola-Moça	Cerrado e Mata Atlântica
Parque Estadual do Pico do Itambé	Mata Atlântica e Cerrado
Parque Estadual do Biribiri	Cerrado
Parque Estadual do Rio Preto	Cerrado
Parque Estadual do Sumidouro	Cerrado e Mata Atlântica
Parque Estadual Serra das Araras	Cerrado
Parque Estadual Serra do Intendente	Cerrado e Mata Atlântica
Parque Estadual da Lapa Grande	Cerrado
Parque Pau Furado	Cerrado e Mata Atlântica

Fonte: IEF, adaptado pelo autor.

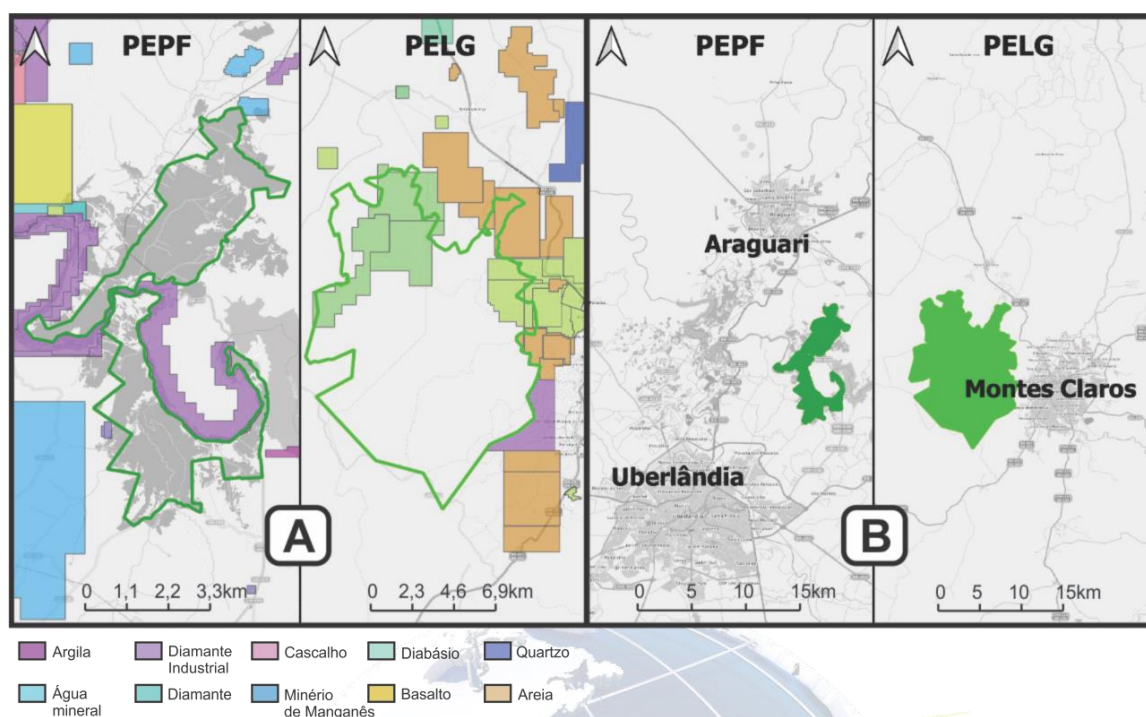
Como indicado anteriormente, neste trabalho usamos dois exemplos para explicar as causas, consequências e variáveis relacionadas à fragilidade ambiental das unidades de conservação do Cerrado em Minas Gerais: o Parque Estadual do Pau Furado e o Parque Estadual da Lapa Grande. Essas unidades foram selecionadas pois compartilham de características comuns: ambas são impactadas pela expansão territorial e a mineração, apesar da distância e do contexto geográfico distintos. Estas condições ilustram que, apesar de geograficamente distantes, as fragilizações são causadas por fenômenos semelhantes. O mapa da Figura 1 mostra a localização dessas UCs no contexto do Estado de Minas Gerais.





**Figura 1:** Evidencia as UCs dentro de Minas Gerais. Fonte: Autores (2021).

O Parque Estadual do Pau furado - PEPF é uma UC, que se encontra em conflito com a expansão urbana desordenada de Uberlândia-MG e a extração de recursos minerais. A mineração é uma atividade que degrada o meio ambiente e, embora seja obrigatória a recuperação do impacto causado, as mineradoras acabam abandonando as áreas nas quais atuaram, após a exploração (JÚNIOR et al., 2021). Vale lembrar que o PEPF é importante para a conservação do Cerrado, preservando as diferentes fitofisionomias desse bioma como, por exemplo, o cerradão, o Cerrado sensu strictu, floresta ciliar, floresta de galeria, floresta estacional decidual e floresta estacional semidecidual (IEF, [n.a]). Permissões de lavra em sua zona de amortecimento e, também, dentro da área do parque, fragilizam a preservação da natureza local e regional, o que deve ser observado – atentamente – pelos pesquisadores e pelos cidadãos. A Figura 2 ilustra as situações relatadas.



**Figura 2:** Em “A” destaque é dado às atividades de mineração no entorno dos parques; em “B” temos as áreas urbanas próximas aos parques do PEPF e do PELG. Fonte: Autores (2021).

Apesar da condição de destaque na preservação da vida silvestre no triângulo mineiro, o PEPF tem sofrido com incêndios, ocasionados, na maioria das vezes, intencionalmente. Essa situação se intensifica ao passo que há aproximação com as áreas urbanas de Uberlândia e de Araguari. A Figura 3 mostra um exemplo recente de incêndio florestal que afetou a vida silvestre do PEPF em 2019.



**Figura 3:** Evidencia o incêndio no Parque Estadual do Pau Furado. Fonte: G1- Globo (2019).



Similarmente ao PEPF, o Parque Estadual da Lapa Grande - PELG sofre com a expansão urbana de Montes Claros, localizada a aproximadamente 5 km de distância (Figura 2). As mineradoras atuantes na região do PELG, as atividades de agricultura e pecuária e os incêndios têm causado grande preocupação nos pesquisadores e na população. Além disso, a vida silvestre do PELG tem sofrido com o fogo (Figura 4) e com a prática da caça, com a introdução de espécies não autóctones na área de preservação, bem como, desmatamentos ilegais e a constante pressão de movimentos sociais como dos “Sem Terras” nos limites da Unidade.” (IEF, 2014 b, p. 43). Interessante relatar que a administração do PELG tem contratado pessoas que moram ao entorno do parque para trabalhar na unidade como brigadistas, promovendo a integração da população com o meio ambiente local. Entretanto, a ausência de instrumentos de manejo essenciais como regularização fundiária, plano de manejo, infraestrutura, funcionários capacitados e gestão participativa têm gerado problemas socioambientais, o que ocasiona tensão e incertezas sobre o futuro da preservação dessa unidade de conservação (JÚNIOR et al., 2016).



**Figura 4:** Fauna e flora afetadas pelo fogo no PELG. Fonte: Corpo de bombeiros.

Portanto, é importante que a preservação de ambientes naturais seja instrumentalizada por técnicas e/ou métricas que permitam a detecção e a quantificação de áreas potencialmente frágeis. A Fragilidade Ambiental é, sobremaneira, um dos instrumentos adequados, que merece nossa atenção no próximo tópico.

### **3 A Fragilidade Ambiental como métrica de apoio ao diagnóstico de áreas prioritárias de conservação**

Para o planejamento do uso dos recursos naturais, é importante que se reconheça as fragilidades de uma região geográfica. O conceito de fragilidade ambiental foi primeiro

trabalhado por Ross (1994). Ross atribuiu pesos as variáveis de interesse, utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 2. Os Estudos que relacionam a conservação e a fragilidade ambiental podem ser consultados em detalhe em (ABRÃO; BACANI 2018; PERIÇATO; SOUZA, 2019; ROSS, 1994; SANTOS et al., 2020).

**Tabela 2:** Variáveis utilizadas na classificação da fragilidade ambiental.

Referências	Variáveis
Abrão; Bacani, 2018	Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade Intensidade Pluviométrica Mapas de solos Declividade Uso e cobertura do solo
Ross 1994	Declividade Uso/Aptidão agrícola Tipos de solos Tipos de cobertura vegetal Dissecação do relevo Erodibilidade dos solos Erosividade das chuvas Perda total do solo por área (ha)
Santos et al, 2020	Modelo Digital de Elevação do terreno (Hipsometria + declividade) Drenagem (Dissecação do relevo) Precipitação anual (Precipitação) Uso e cobertura do solo
Santos, 2018	Declividade média Erosividade das chuvas Erodibilidade dos solos Índice de cobertura vegetal SAVI

Fonte: adaptado pelo autor.

A caracterização da fragilidade ambiental é importante, pois permite que esse reconhecimento seja feito mediante o estudo do relacionamento entre variáveis antropogênicas e variáveis naturais (CREPANI, 1996; ROSS, 1994). Dessa forma, os pesquisadores interessados em estudar a fragilidade ambiental devem se atentar às variáveis descritas na Tabela 2.

É notório que a Fragilidade Ambiental é uma métrica de apoio à definição de áreas prioritárias de conservação; serve também ao planejamento do uso e ocupação da terra e dos recursos naturais. A aplicação deste conceito na detecção de regiões com prioridade de conservação é um subterfúgio que evita a arbitrariedade das decisões sobre o uso dos recursos naturais, tomadas sem respaldo científico adequado. É, portanto, um caminho interessante à proposição de estudos de diagnóstico e análise do espaço geográfico no entorno de zonas de proteção ambiental.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proteção de áreas naturais é importante para conservação e preservação da biodiversidade. No entanto nas Unidades de Conservação do Cerrado a proteção é precária e irregular, o que atenta à vida selvagem (fauna e flora) deste bioma. A manutenção das UCs impede a extinção de espécies vegetais e animais, a erosão dos solos, mantendo os processos biogeoquímicos saudáveis nos ecossistemas florestais.

A expansão agrícola e a criação do gado de corte, que são atividades que impactam – demasiadamente – a conservação da natureza do Cerrado, devem ser fiscalizadas (MACHADO et al., 2004; DUARTE et al., 2019). Geralmente, a expansão agrícola causa, como primeiro efeito, a erosão nos solos e fragmentação dos habitats (KLINK; MACHADO, 2005). Similarmente a ocupação humana transforma as paisagens naturais, quer seja pelo uso agrícola ou pela expansão urbana (TROMBETA et al., 2014). Estas variáveis são determinantes na degradação ou na fragilização das unidades de conservação do Cerrado e devem ser observadas com atenção pelos pesquisadores e agentes envolvidos no estudo da conservação deste bioma.

Por essas razões, métricas como a Fragilidade Ambiental podem ser utilizadas em favor da proteção de áreas prioritárias de conservação. O correto manejo dos recursos naturais será determinante para o futuro da humanidade, especialmente quando se fala da escassez hídrica e manutenção da vida. Nesse sentido, a conservação das UCs do Cerrado mineiro pode trazer benefícios à população e à preservação do patrimônio natural do Brasil e, em especial de Minas Gerais.

#### REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnosing environmental fragility on the hydrographic basin of santo antônio river, ms: subsidy to environmental zoning. Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 38, n. 3, p. 619-645, set./dez. 2018.

BRASIL. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **LEI No 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000..** 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 6 out. 2021.

COSTA, N. M. C. DA; COSTA, V. C. DA; SANTOS, J. P. C. DOS. Definição e Caracterização de Áreas de Fragilidade Ambiental, com Base em Análise Multicritério, em Zona de Amortecimento de Unidades de Conservação. In: 12º Encuentro de Geógrafos de América Latina - EGAL 2009, 2009, Montevideo - Uruguai. 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina - Caminando en una América Latina en transformación, 2009.

DUARTE, M.; SILVA, T.; CERQUEIRA, C.; SILVA FILHO, E. Pressões Ambientais em Unidades de Conservação: estudo de caso no sul do Estado do Amazonas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**. n.º 18, 2019.

FRANÇA, L. C. DE, J.; MUCIDA, D. P.; MORAIS, M. S. DE; CATUZZO, H.; ABEGÃO, J. L. R.; PEREIRA, I. M. Zoning environmental fragility of natural and anthropized ecosystems by multicriteria evaluation. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 589-599, set./out. 2019.

IEF. **Parque Estadual do Pau Furado**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/unidades-de-conservacao/205?task=view>>. Acesso em: 31 de agosto de 2021

IEF. Parque Estadual do Pau Furado. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/unidades-de-conservacao/205?task=view> Acesso em 31 de agosto de 2021.

IEF. Posse de conselheiros amplia proteção a parque em Montes Claros. Portal meio ambiente. mg, 2014d. Disponível em: [www.ief.mg.br/noticias/1/1791](http://www.ief.mg.br/noticias/1/1791) Acesso em: 31 de agosto de 2021.

JÚNIOR, E. R. M.; SILVA, I. DE, S.; SILVA, L. G. DA,. Frontiers, conflicts and pressures on the indigenous lands on the brazilian cerrado. **Revista de geografia Agrária**. v.16, n.40, p.115-135, 2021.

JÚNIOR, J. A. C.; OLIVEIRA, F. M. DE; GOMES, P. I. J.; LEITE, P. D. P. Criação, implantação e manejo de unidades de conservação no brasil: o caso do parque estadual da lapa grande, em Montes Claros – MG. In: V Congresso em desenvolvimento social, 2016.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**. v.1 n.1, 2005.

MACHADO, R. B.; M. B. RAMOS NETO; P. G. P. PEREIRA; E. F. CALDAS; D. A. GONÇALVES; N. S. SANTOS; K. TABOR E M. STEININGER. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Relatório técnico não publicado**. Conservação Internacional, Brasília, DF.

MULLAN B, HAQQ-MISRA J. Population Growth, Energy Use, and the Implications for the Search for Extraterrestrial Intelligence, Futures (2018), <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.06.009>.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. O Bioma Cerrado. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html> Acesso em: 15 de setembro de 2021.

PERICATO, A. J.; SOUZA, M. L. DE. O Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v.29, n.59, 2019.

RIBEIRO, M. F.; FREITAS, M. A. V. DA; COSTA, V. C. O desafio da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, maio de 2010.

ROSS, Judandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. V.8, 1994.

SANTOS, J. DE, O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, n. 10, p. 127 -144, ago./dez. 2012.

ROSS, Judandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. V.8, 1994.

SANTOS, S. A. As unidades de conservação no cerrado frente ao processo de conversão. 2018. 105 f. Dissertação (**Mestrado em Geografia**) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SANTOS, L. A. N. NASCIMENTO, P. S. DE, R.; BARROS, G. V. P. DE,. Processamento analítico hierárquico no mapeamento da fragilidade ambiental à erosão do solo. R. bras. Geom., Curitiba, v. 8, n. 4, p. 275-298, out./dez. 2020.

SCHIAVO, B. N. DE,. Characterization of the environmental fragility of a urban river basin in the municipality of Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 464-474. DOI: 105902/2236117019981.

STRASSBURG, B. B. N., BROOKS, T., FELTRAN-BARBIERI, R., IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R., LOYOLA, R., BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 0099, 2017.

TRIPATHI, A. D.; MISHRA, R.; MAURYA, K. K.; SINGH, R. B.; WILSON, D. W. Estimates for world population and global food availability for global health. 2019. The Role of Functional Food Security In: Global Health. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813148-0.00001-3>.

TROMBETA, L. R.; GARCIA, R. M.; NUNES, R. DA, S.; GOUVEIA, I. C. M. C.; LEAL, A.C.; GOUVEIA, J. M. C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do paranapanema, são paulo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 159-173, 2014.

VALLE, I. C. et al. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ**. Floresta e Ambiente 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/floam/a/CLKFqFSkdjXRDqvZ6VmdPBj/?lang=pt>>. Acesso em: 27 de agosto de 2021



## MAPEAMENTO DO RISCO DE INCÊNDIO DO MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT

CLAUDIONEI PEREIRA DA CUNHA FILHO<sup>1</sup>, MIRNA KARLA AMORIM DA SILVA<sup>2</sup>,  
ISABELA ALVES CAMPOS<sup>3</sup>

### RESUMO

O ano de 2020 foi marcado pelas severas queimadas ocorridas no Pantanal brasileiro. Sendo de rara ocorrência, visto que este consiste na maior área úmida do mundo, o incêndio assolou o bioma e chocou os brasileiros, principalmente os que ali vivem. Os fatores que acarretam incêndios florestais podem ser naturais e/ou antrópicos. O objetivo aqui presente se sustenta sobre a elaboração de um mapa de risco de incêndio para o município de Cáceres, Estado do Mato Grosso. O mapa de risco de incêndio do município de Cáceres-MT mostrou áreas de baixo a médio risco, de acordo com a avaliação das variáveis mapeadas como: altitude, declividade e orientação de encostas, a disposição de estradas e rodovias, uso e ocupação do solo e pluviometria. Todos esses fatores foram mapeados individualmente e, posteriormente, combinados a partir de uma análise multicriterial resultando em um mapa final de risco de incêndios para a área de estudo. Este mapeamento pode ser aplicado em outras áreas de estudo como no manejo de bacias hidrográficas e na agricultura de precisão.

**Palavras-chave:** Incêndios florestais. Mapeamento de risco. Geoprocessamento.

### 1 INTRODUÇÃO

O ano de 2020 foi marcado pelas severas queimadas ocorridas no Pantanal brasileiro. Sendo de rara ocorrência, o incêndio assolou o bioma e chocou os brasileiros, principalmente os que ali vivem. O motivo do forte impacto e danos causados pelas queimadas no bioma Pantanal foi um conglomerado de fatores, sendo eles naturais e antrópicos. São vários os elementos naturais que podem vir influenciar a ocorrência de um desastre ecológico como este, entre eles, pode-se destacar o relevo, a vegetação, e até mesmo a umidade e temperatura que o local possui. Estas causas, de acordo com Eugenio (2017), são previstas nos principais modelos de risco de incêndio, como por exemplo, *FireWeather Index*, Fórmula de Monte Alegre e Risco de Fogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Os incêndios florestais são fenômenos naturais poderosos, mas os incêndios mais severos e potencialmente perigosos são os provocados pelo homem fora do período natural de sua ocorrência (IEF, 2020). Isto ocorre devido às práticas ilegais de queimadas com o intuito de limpar terrenos, sendo muito eficiente para manejo de pastagens e áreas com

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [claudionei.cunha@ufu.br](mailto:claudionei.cunha@ufu.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [mirnakarla@ufu.br](mailto:mirnakarla@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [isabelaacampoos@gmail.com](mailto:isabelaacampoos@gmail.com)



destino à agropecuária.

É importante destacar que um incêndio não apenas queima a vegetação existente em determinada região. Muito pelo contrário, ela devasta toda a fauna, flora e recursos minerais presentes no solo acarretando fenômenos como a erosão do mesmo e o empobrecimento dos recursos hídricos. Isto reflete diretamente nos ciclos de cheia e seca. O problema se intensifica quando tais práticas afetam, além dos famigerados danos ambientais, também aspectos culturais e socioeconômicos da região a qual a área afetada faz parte. Como é o caso do município de Cáceres, onde os incêndios que atingiram o Pantanal Mato-grossense deixaram o Rio Paraguai em demasia debilitado, fazendo com que a Prefeitura Municipal da cidade recorra a um decreto de emergência para o governo (G1, 2020).

A bacia hidrográfica do Rio Paraguai ocupa 4,3% do território brasileiro, abrangendo parte dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o que inclui a maior parte do Pantanal Mato-grossense, a maior área úmida do planeta (ANA, 2020). O rio apresenta papel crucial na vida dos cidadãos cacerenses devido a sua importância para o abastecimento de água da cidade.

Visando evitar futuros incêndios florestais, este trabalho dispõe de metodologias para a identificação de potenciais áreas de sua ocorrência. Para tal, faz-se necessário reconhecer e esmiuçar, ao máximo, quais fatores induzem tais ocorrências. Em suma, são eles fatores como chuva, umidade, relevo, temperatura, velocidade dos ventos, época do ano, causa provável, localização geográfica, tipo de vegetação e até mesmo a área atingida. Visto isso, o objetivo aqui presente se sustenta sobre a elaboração de um mapa de risco de incêndio para o município de Cáceres, em Mato Grosso. Para tal faz-se necessário também identificar as áreas com risco de novos focos de incêndio e gerar uma série de mapas destacando-os, dentro dos limites do município. Estes mapas irão salientar a topografia do município, em especial sua altitude, declividade e orientação de encostas, a disposição de estradas e rodovias, além do uso e ocupação do solo e quantidade de chuvas.

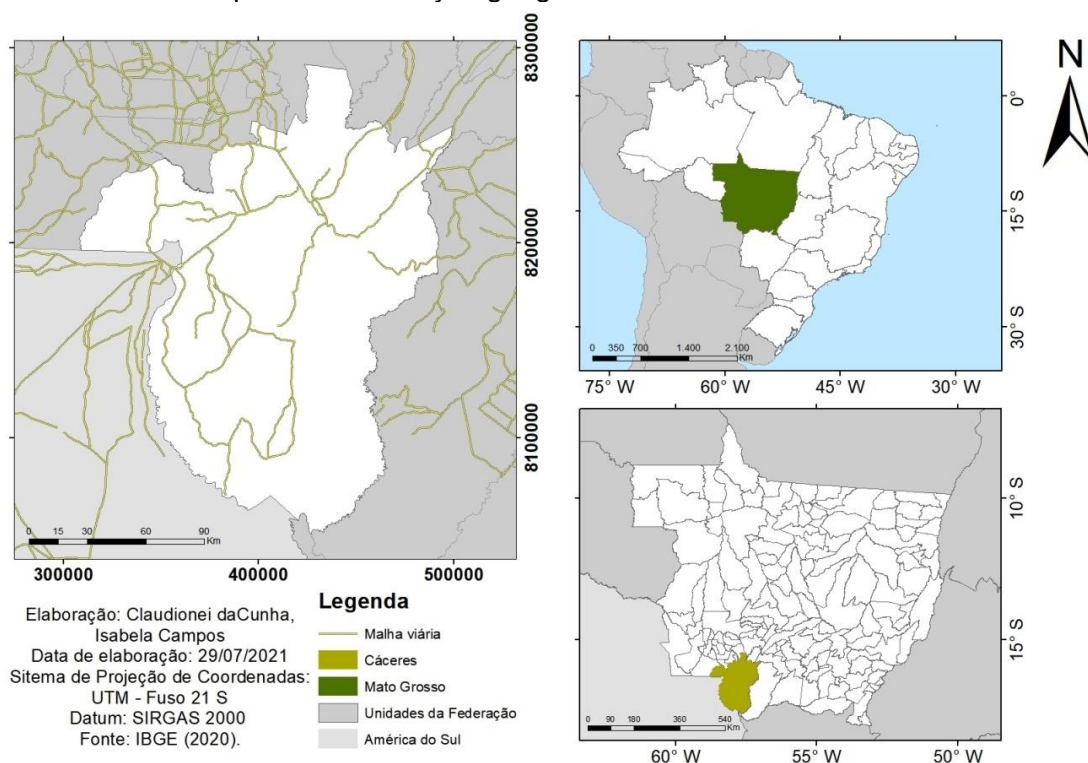
## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e caracterização da área de estudo**

O município de Cáceres está inserido no Estado do Mato Grosso, na mesorregião Centro-Sul do estado e na microrregião do Alto Pantanal, conforme esboçado no Mapa 1. Tem uma população de 87.942 habitantes, conforme o último censo realizado em 2010. O

município abrange uma área territorial de 24.593,123 km<sup>2</sup>, de acordo com censo feito em 2019. Cáceres é uma cidade que abrange três biomas brasileiros: Pantanal; Cerrado; e Amazônia. A temperatura média anual é de 22,6°C e a principal atividade econômica é a pecuária. Todos os dados sobre Cáceres foram coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2020).

Mapa 1 – Localização geográfica da área de estudo



Elaboração: Os autores (2021).

## 2.2 Mapas temáticos

Para a identificação das áreas de risco de incêndios florestais da área de estudo, foram elaborados uma série de mapas os quais evidenciam a suscetibilidade da ocorrência dos mesmos, por fatores naturais e pela atividade antrópica. Todos os mapas foram concebidos pelo *software* ArcMap, um dos componentes do ArcGIS. O *software* usa arquivos de um banco de dados, em formato *shapefile* (.shp) e *raster*, para mapear as feições desejadas.

Inicialmente foi constatada a relação entre a altitude, declividade e os riscos de incêndio. O elo que une os dois indicativos ao evento se encontra no fato de que, quanto maior a declividade, ou seja, maior a diferença de altitude num trecho, maior a facilidade do fogo em se alastrar. Para estruturar os mapas de altitude e declividade do município de Cáceres foi

utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE), de formato raster, obtido através do site Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (EMBRAPA, 2020). Vale ressaltar que o arquivo contempla uma área além do limite do município e, para corrigir este exagero, foi utilizado o comando *ExtractbyMask*, que recorta arquivos com base numa outra feição.

Por conseguinte, foi estruturado o mapa de orientação de encostas. Este denota seu valor para este caso, pois, segundo Torres et al.(2016), a exposição das vertentes em relação ao Sol tem uma correlação direta com as ocorrências de incêndios, logo, as vertentes orientadas para o Norte, no hemisfério Sul, apresentam maiores índices de ocorrências, visto que a mesma recebe maior quantidade de energia solar durante o ano. Ademais, as vertentes orientadas para o Oeste ficam em segundo lugar na quantidade de ocorrências apresentadas, o que pode ser explicado pelo horário no qual as mesmas recebem maior radiação solar, que coincide com aquele de menor umidade relativa, e também, as vertentes que favorecem a dispersão da água tendem a apresentar mais ocorrências.

Para a composição deste mapa foi empregado a ferramenta *Aspect*, a qual se encontra inserida na caixa de comandos *ArcToolbox* e dentro das subcaixas *SpatialAnalyst Tools* e *Surface*, respectivamente. Novamente, vale ressaltar que o arquivo de entrada ultrapassa os limites do município de Cáceres, entretanto, o recorte, dado pela função *ExtractbyMask*, já foi efetuado para a confecção dos mapas hipsométrico e de declividade, haja visto que o arquivo de entrada *tif* é o mesmo MDE.

Outra variável que se demonstrou determinante no risco de incêndios florestais é a proximidade de estradas e rodovias. Estas são atreladas a incidentes como o lançamento de objetos para fora de veículos que por elas passem, como por exemplo, pontas de cigarro e garrafas de vidro. Estes dois, em especial, são grandes causadores de incêndios à beira de rodovias, portanto, as proximidades de rodovias são mais suscetíveis a tais eventualidades. A confecção do mapa de proximidade de rodovias se deu a partir de arquivo *shapefile*, o qual foi adquirido pelo site do IBGE. Esta, relativa às demais já destrinchadas, contempla a rede de estradas de todo o país, posto isto, fez-se necessário realizar seu recorte sob o limite do município de interesse, seguindo a metodologia compatível às demais. Por conseguinte, foi convencionada a proximidade das rodovias pelo comando *Multiple Ring Buffer*, o qual tem capacidade de delimitar uma região a determinada distância, aqui foram destacadas as distâncias de 10 metros, 20 metros e maior que 20 metros.

Ademais, outra condição determinante para o mapeamento do risco de incêndios florestais é o índice pluviométrico anual da região. Sendo este a representação da quantidade em milímetros (mm) de chuva de tal região, que é de grande valia que seja incluso na análise deste trabalho, pois, quanto maior for o índice pluviométrico, menor será a proporção que um



incêndio poderá atingir. O mapa pluviométrico foi arquitetado utilizando-se os dados fornecidos pela Agência Nacional das Águas – ANA acerca a quantidade de chuva registrada nas estações pluviométricas operantes no país. No site HidroWeb Ana estão dispostas as estações e suas respectivas localidades, o que facilita na definição de quais são as estações de interesse. Ademais, é de livre acesso o relatório anual das ocorrências em cada estação, o qual contempla com o registro de cada mês. Com o intuito de se encontrar as médias anuais, foi empregue o *software* Excel, nele foram abertas as tabelas com os relatórios fornecidos pela ANA, e, por conseguinte, calculadas as médias anuais para os anos de 2017 a 2020.

Para tal foi empregue a *shapefile*, fornecida no site ANA, a qual comporta todas as estações pluviométricas e fluviométricas do Brasil, portanto, fez-se necessário o recorte de apenas as estações utilizadas no estudo. Por conseguinte, é aberta a tabela de atributos e criada uma coluna com o comando *Add Field*. Dessa forma, aciona-se o modo de edição com o comando *Start Editing* e são inseridos os dados obtidos através dos cálculos das informações das estações pluviométricas na coluna correspondente da *shapefile*.

Consecutivo a isto, realiza-se a interpolação dos dados para a geração de curvas de chuvas, ou mapa pluviométrico. Para tanto é acionada a ferramenta *IDW*, também chamada *Inverse Distance Weighted*, a qual correlaciona a distância à interferência causada nos demais pontos dentro da área de interpolação. Isto é, pontos mais próximos às estações têm valores de chuva mais próximos ao da estação, enquanto pontos mais longínquos tendem a se afastar dos valores de chuva. Vale ressaltar ainda que, para se obter uma boa interpolação de dados é necessário que se adote estações para além dos limites do município. A ferramenta *IDW*, disposta na caixa de comandos *3D Analyst Tools* e *Raster Interpolation*, solicita ao usuário como dados de entrada a *shapefile* das estações pluviométricas, do tipo ponto e os valores de chuva calculados. Assim sendo, a resposta gerada é exatamente a região que abrange as estações selecionadas com seus respectivos valores de chuva, isto é, para além dos limites de Cáceres. E ainda, o arquivo de saída da ferramenta se caracteriza em formato *raster*, logo, seu recorte se dá pela ferramenta *Extract by Mask*, sendo a máscara de recorte, a *shapefile* do limite municipal de Cáceres-MT.

Por fim escolheu-se confeccionar o mapa de uso e ocupação dos solos devido ao fato de que este é um fator decisivo na ocorrência de incêndios florestais, além do alastramento do mesmo, através da identificação de materiais potencialmente combustíveis. Para tal foi usado a *shapefile* a qual detém informações sobre o uso e cobertura do solo, disponível pelo site do IBGE, novamente, a *shapefile* foi devidamente recortada pelo limite do município de Cáceres, conforme os demais já detalhados. Vale ressaltar que, semelhante ao mapa temático de isoietas, esta conta com diferentes categorias, por exemplo, pastagens, matas e



área urbana, logo, faz-se necessário a evidenciação das mesmas, as quais são diferenciadas na simbologia dos atributos, acessada pela propriedade da *layer*.

### 2.3 Classificação dos riscos de incêndio

Após a elaboração de todos os mapas temáticos utilizados como critério para o mapeamento do risco de incêndios florestais, no município de Cáceres-MT, torna-se necessário uma reclassificação de cada um. Tal reclassificação implica em determinar qual região do município ou categoria do mapa possui alto, médio ou baixo risco de incêndios florestais, devido a susceptibilidade das variáveis mapeadas. Assim, abre-se uma gama de oportunidades para a análise quanto ao risco de incêndios, visto, pois que, em separado, cada mapa apresenta um tipo de categoria, entretanto, quando postos sob uma mesma perspectiva, ou seja, alto, médio e baixo, aplica-se, também uma melhor inferência quanto ao objetivo. Isto é, os diferentes dados obtidos e processados serão, agora, analisados em uma única unidade de medida, e podem ser cruzados entre si.

A reclassificação para os atributos baixo, médio e alto, foi feita a partir da ferramenta *Reclassify*, a qual se encontra na caixa de comandos *Spatial Analyst Tools* e acionada através do grupo *Reclass*. A ferramenta abre uma caixa de diálogo onde se define a *layer* de importância, logo após definida, o *software* já resgata todos os valores do atributo destacado no mapa e pede a nova classificação para cada um numa tabela de *Old values* e *New values*, nela os novos valores são inseridos pelo usuário. Por fim, define-se a saída de dados, ou seja, os *outputs*, a resposta gerada pela ferramenta.

Todavia, tal ferramenta só pode ser aplicada pelo *ArcMap* em arquivos de formato *raster*. Isto demanda uma conversão de alguns mapas temáticos gerados no formato vetorial para *raster*. Esta conversão é feita pelo comando *Polygon to Raster*, disponibilizado pelo *software* na caixa de ferramentas *Conversion Tools*, dentro do grupo *To Raster*. O comando solicitado abre uma caixa de diálogo onde se insere o polígono de interesse. Neste caso foi necessário converter os mapas vetoriais de uso e ocupação do solo e proximidade de rodovias, visto que os demais mapas já foram confeccionados em formato raster. E ainda, o comando solicita ao usuário o tamanho do pixel pretendido, no presente trabalho adotou-se o valor igual ao do MDE utilizado, para manter a padronização da resolução espacial.

Feita a reclassificação de todos os mapas, já se torna possível o cruzamento dos dados obtidos e processados. Para tal, foi empregada a ferramenta *Weighted Overlay*, pois esta consegue cruzar informações estabelecendo diferentes pesos a elas. Ou seja, infere uma maior ou menor importância a cada informação contida nos mapas temáticos. Vale ressaltar

que o método adotado não é o único capaz de tal operação, contudo, se mostrou mais eficiente, pois este permite a sobreposição de camadas. Ao se acionar o comando, abre-se uma caixa de diálogo onde são inseridas as camadas a serem analisadas. À medida que são adicionadas as *layers* de interesse, forma-se também uma tabela onde é possível, alterar os pesos relativos a cada uma. Os pesos são dados em porcentagem, logo, o somatório de todos é, obrigatoriamente, igual a cem.

A escolha dos pesos é um passo de grande importância. Visto que este pode mudar completamente o mapa final, ou ainda, gerar certos vícios de dados, o que implicaria, consequentemente, em falsas análises. Portanto foram adotados os pesos conforme estudados na metodologia proposta por Santos, Louzada e Eugênio (2010). Segundo os autores, as variáveis hipsometria; declividade; orientação de vertentes; proximidade de rodovias; pluviosidade; e uso e ocupação do solo, denotam dos pesos 10, 10, 10, 20, 30 e 20, respectivamente. Por fim, resta determinar o diretório para a saída gerada. Sendo que, esta, é justamente o mapa de risco de incêndios florestais no município de Cáceres – MT.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios aqui utilizados como embasamento para a análise de riscos de incêndios florestais são os mapas temáticos elaborados os quais representam características da superfície física do terreno, sejam elas antrópicas ou naturais.

O mapa hipsométrico, que demonstra as cotas do município, nos mostra que o território é, predominantemente, de baixa altitude, variando entre 40 e 950 metros. Isso não é um bom indicativo, visto que as vegetações em baixas altitudes tendem a ter mais folhas contribuindo para o aumento de combustível ao fogo, temperaturas mais altas e menor umidade. Conforme metodologia proposta por Santos, Louzada e Eugênio (2010), até a cota de 1.000 metros, o relevo é considerado de médio risco. O município se destaca em elevadas altitudes apenas numa pequena região nordeste.

O mapa de declividade, por sua vez, já se apresenta mais positivo. Tendo, o município, poucas variações de altitude, sua extensão é predominantemente plana, o que denota um indicador favorável visto que acentuados declives são propícios ao alastramento do fogaréu. A declividade do terreno do município de Cáceres apresenta, em sua maioria, baixo risco, isto é, menor que 12%.

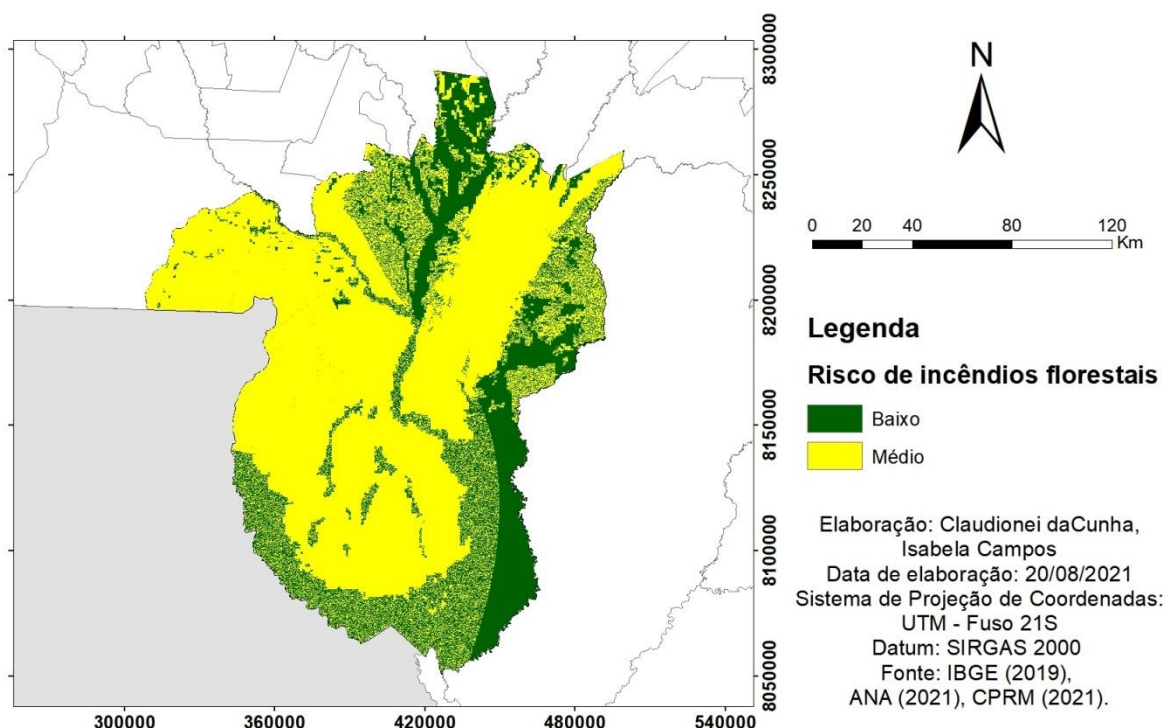
O mapa de orientação de encostas, outro bastante importante, determina o rumo para o qual as vertentes do terreno estão orientadas. Este denota seu valor, pois, a incidência de raios solares no terreno deixa a superfície mais vulnerável ao risco de incêndio. É difícil de

definir, neste caso, a região de maior risco, entretanto, segundo Teixeira (2009), as encostas orientadas ao norte, nordeste e noroeste são mais suscetíveis a tal fenômeno, no município prevalecem àquelas as quais acarretam médio e alto risco.

O mapa de proximidade de rodovias indica a área que envolve as rodovias que cortam o município sob determinado raio de distância. Vale ressaltar que quanto maior for a proximidade às rodovias maior é, também, o risco de incêndios florestais. Entre os critérios antrópicos, este se mostra o de maior risco, entretanto, o alto risco se apresenta como minoria.

O mapa de isoietas demonstra a média de chuvas anuais, em milímetros, no município. Quanto maior for o índice de chuvas, consequentemente será também, maior o índice de umidade do local e maior o vigor vegetativo das plantas, fatores decisivos na ocorrência de incêndios. A área de menor quantidade de chuvas no município se encontra no seu centro e aumenta às margens e varia a taxa de 35,0 a 110,0 mm.

Mapa 2 – Risco de Incêndios Florestais para a área de estudo



Elaboração: Os autores (2021).

O mapa de uso e ocupação do solo, por fim, retrata a empregabilidade da superfície do solo no município, o qual associa fatores naturais e antrópicos em sua composição, sendo os fatores antrópicos os mais suscetíveis a ocorrência de incêndios florestais. No caso de Cáceres, o município detém pequenas parcelas de matas e florestas, ou seja, há o predomínio



de atividades resultantes da ação humana (áreas urbanizadas e de atividades agropecuárias), as quais são associadas ao alto risco de incêndios florestais.

Verificou-se, conforme Mapa 2, áreas de baixo a médio risco, em Cáceres - MT.

#### 4 CONCLUSÕES

O mapa de Risco de Incêndios Florestais, para o município de Cáceres, localizado no estado do Mato Grosso, permitiu a visualização e o estudo das áreas potenciais para a ocorrência de incêndios. Este mapa mostrou áreas de baixo a médio risco, de acordo com a avaliação das variáveis mapeadas (altitude, declividade e orientação de encostas, a disposição de estradas e rodovias, uso e ocupação do solo e pluviosidade). A metodologia empregada se mostrou altamente útil e atendeu exatamente o que se esperava, pois indica uma visão global de vários fatores associados à ocorrência dos incêndios florestais.

Este mapeamento pode ser aplicado em outras áreas de estudo como no manejo de bacias hidrográficas, agricultura de precisão, etc. Sendo assim, torna-se fácil e útil ter mapeamento de risco de incêndio florestal em mãos para gerenciar e/ou contornar tais ocorrências, pois o mapa auxilia a tomada de decisões frente a ações de prevenção, de educação ambiental, restrição de acesso a locais de maior risco, elaboração de práticas de manejo adequadas para cada caso, etc. Dessa forma, preservando o ambiente natural e sua biodiversidade, assim como as atividades produtivas e a sociedade como um todo.

#### REFERÊNCIAS

IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/caceres.html> Acesso em: 14 nov. 2020.

EMBRAPA. **Brasil em Relevo**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/> Acesso em: 14 nov. 2020.

EUGENIO, F. C. **Análise de risco de incêndios em florestas plantadas**. 2017. 12-14 p. Tese (Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/7706> Acesso em: 02 ago. 2021.

**Incêndios Florestais – IEF**. Disponível em: <https://www.ief.mg.gov.br/incendios-florestais> Acesso em: 14 nov. 2020.

**Manuais, tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: [https://www.dpi.inpe.br/spring/portuges/tutorial/introducao\\_geo.html](https://www.dpi.inpe.br/spring/portuges/tutorial/introducao_geo.html) Acesso em: 16 nov. 2020.

**Panorama Cáceres – IBGE**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/caceres/panorama> Acesso em: 14 nov. 2020.





**Prefeitura de Cáceres (MT) envia ao governo decreto de emergência por queimadas e seca que deixou Rio Paraguai com nível crítico e espera ajuda – G1.** Disponível em: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2020/09/18prefeitura-de-caceres-mt-envia-ao-governo-decreto-de-emergencia-por-queimadas-e-seca-que-deixou-rio-paraguai-com-nivel-critico-e-espera-ajuda.ghtml> Acesso em: 14 nov. 2020.

**Região Hidrográfica Paraguai – ANA.** Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos-gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regiao-hidrografica-paraguai> Acesso em: 14 nov. 2020.

SANTOS, A. R. d.; LOUZADA, F. L. R. d. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total:** aplicação para dados espaciais. Alegre: CAUFES, 2010. Disponível em: [http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro\\_ArcGIS%209.3\\_Aplicacoes\\_Para\\_Dados\\_Espaciais/Livro\\_ArcGIS93\\_Total.pdf](http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_ArcGIS%209.3_Aplicacoes_Para_Dados_Espaciais/Livro_ArcGIS93_Total.pdf) Acesso em: 02 ago. 2021.

**Secretaria do Estado de Planejamento e Gestão – SEPLAG.** Disponível em: [http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/ronald\\_ceos.pdf](http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/ronald_ceos.pdf) Acesso em: 16 nov. 2020.

**Serviço Geológico do Brasil – CPRM.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html> Acesso em: 09 dez. 2020.

TORRES, F. T. P.; et al. Influência do relevo nos incêndios em vegetação em Juiz de Fora (MG). **GEographia**, v. 18, n. 36, p. 170-182, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4225/e050b19ff58164c648d7d1485feb37ca440b.pdf> Acesso em: 02 ago. 2021.



## AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA DOS BASEMAPS GOOGLE ROAD, ESRI STANDARD, BING MAP E OPENSTREETMAP

MARCONI MARTINS CUNHA<sup>1</sup>, AFONSO DE PAULA DOS SANTOS<sup>2</sup>, ISAAC ANTUNES MIRANDA JUNIOR<sup>3</sup>, LÍGIA DA SILVA BARBOSA<sup>4</sup>

### RESUMO

As informações cartográficas passaram a ser parte do cotidiano da sociedade, sendo algumas delas disponibilizadas gratuitamente para uso, como os *basemaps* do Google Road, ESRI Standard, Bing Map e OpenStreetMap. Diante disso, tem-se aumentado a preocupação com a qualidade posicional dos dados, para evitar as consequências que um produto de má qualidade pode causar. Sendo assim, este trabalho buscou avaliar a acurácia posicional planimétrica dos *basemaps* citados, utilizando feições lineares através do método *Buffer Duplo* em uma área do município de Viçosa, MG, adotando as tolerâncias do Decreto nº 89.817 aliado à ET-CQDG. Os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map foram enquadrados na classe C da escala 1:10.000, já o Google Road e ESRI Standard classificaram na escala 1:15.000 na classe C.

**Palavras-chave:** Controle de Qualidade Cartográfica. Feições Lineares. Basemaps.

### 1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e a popularização dos *smartphones* e da *internet* incorporam uma dinâmica social cada vez mais digital e, com isso, o uso da Cartografia foi inserido ao cotidiano da grande maioria da população. O simples ato de ir ao trabalho, viajar ou até mesmo solicitar um táxi ou pedir um *delivery* requer a utilização de mapas. Com o avanço tecnológico e a facilidade de acesso a este tipo de informação, aumenta-se o número de pessoas que produzem produtos cartográficos sem conhecimento adequado e/ou sem a devida preocupação com a qualidade. Desde a década de 1990 Galo e Camargo (1994) já apresentavam esta realidade, hoje, quase trinta anos após, este problema se potencializou.

Um exemplo deste cenário pode ser observado em plataformas que popularizaram o compartilhamento de informações cartográficas na *internet* (como, por exemplo, Google Earth, OpenStreetMap, etc.). Estas plataformas são amplamente utilizadas, mas a qualidade dos seus dados disponibilizados é desconhecida e/ou não informada aos usuários (ARIZA-LÓPEZ et al., 2020).

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, [marconi.cunha@ufv.br](mailto:marconi.cunha@ufv.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, [afonso.santos@ufv.br](mailto:afonso.santos@ufv.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, [isaac.junior@ufv.br](mailto:isaac.junior@ufv.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa, [ligia.barbosa@ufv.br](mailto:ligia.barbosa@ufv.br)

Neste sentido, o controle de qualidade cartográfica tem o objetivo de avaliar o produto cartográfico gerado mostrando as falhas e incertezas (SANTOS, 2010; SANTOS et al., 2016). A ISO 19.157 (ISO, 2013) define qualidade como sendo o grau em que um conjunto de características inerentes ao produto atende aos requisitos de uma especificação e ela prevê seis elementos de controle de qualidade cartográfica que são: Acurácia Posicional; Acurácia Temporal; Acurácia Temática; Consistência Lógica; Completude e Usabilidade. Sendo que o elemento mais utilizado e um dos mais importantes na comunidade científica é a acurácia posicional, que segundo Ariza-López (2002), investiga quão próxima a posição (localização) de um dado cartográfico está em relação à sua realidade no terreno.

A avaliação da qualidade posicional no Brasil é realizada principalmente com base no Decreto nº 89.817 de 1984 e através da ET-CQDG (Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais) da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Tradicionalmente o método mais utilizado para a realização dessa avaliação é o método de feição pontual. Entretanto, pelas vantagens, alguns autores recomendam a utilização do método de feição linear já existindo várias metodologias para a sua aplicação, como: método da Banda Épsilon ou Método das Áreas, Buffer Simples, Buffer Duplo, entre outros (ZANETTI et al., 2016).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade posicional, através de feições lineares, de quatro *basemaps*: OpenStreetMap, Google Road, ESRI e Bing Maps.

O OpenStreetMap é um projeto de mapeamento colaborativo onde os próprios usuários são autores das informações inseridas. O Google Road foi desenvolvido pela Google e compõe um conjunto de *basemaps*, que fornecem serviços de pesquisa e visualização de imagens de satélite e mapas gratuitamente na *web*. O Bing Maps tem função semelhante, entretanto, foi desenvolvido pela Microsoft, sendo uma concorrente direta do Google Road. O último *basemap* escolhido é da empresa ESRI, diretamente ligada a produtores cartográficos, uma vez que é especializada em soluções na área de informações geográficas.

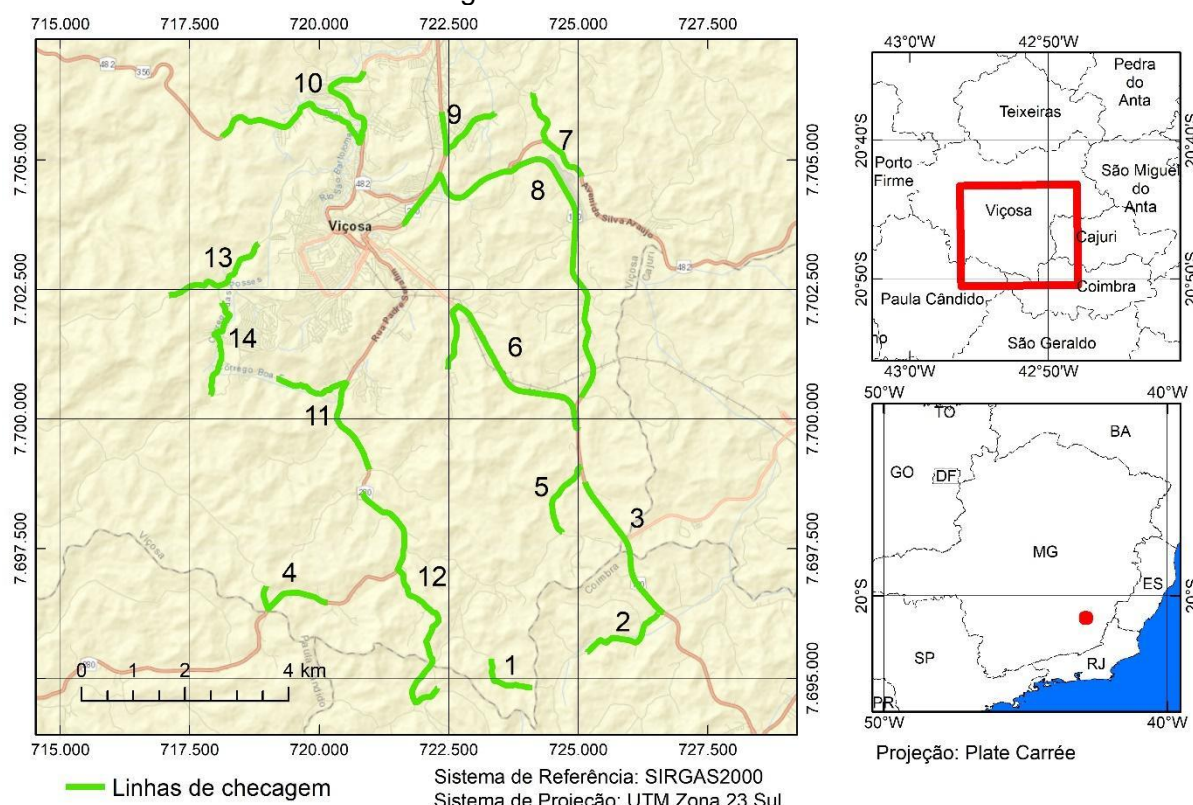
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo utilizada neste trabalho, representada na Figura 1, compreende parte do município de Viçosa, na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais. Delimitada pelas latitudes 20,73°S e 20,84°S e pelas longitudes 42,82°W e 42,92°W, esta região possui aproximadamente 110 km<sup>2</sup>.



Figura 1 – Área de Estudo



Fonte: Os autores (2021)

## 2.2 Materiais

Para a avaliação da acurácia posicional, foram utilizadas como feições de teste 14 estradas, obtidas por meio de monorestituição, sobre 4 *basemaps*: ESRI Standard, OpenStreetMap, Google Road e Bing Map. Todos estes *basemaps* estão disponíveis no *plugin* INDE (PINHEIRO et al., 2020), disponível no QGIS. Além de possuir um catálogo com 58 *basemaps*, este *plugin* possibilita também o acesso a todos os geoserviços (*Web Map Service* - WMS, *Web Feature Service* – WFS, e *Web Coverage Service* - WCS) disponíveis na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Já as feições de referência, homólogas às de teste, foram coletadas em campo por meio de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*). Estas feições foram obtidas do trabalho de Santos et al. (2015).

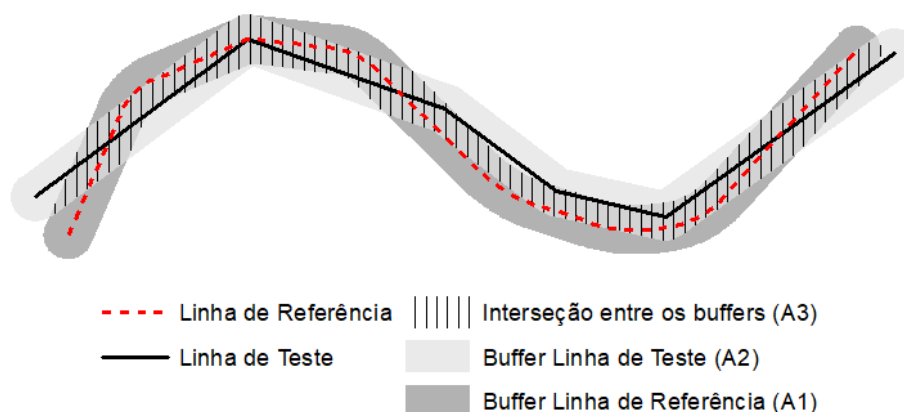
## 2.3 Avaliação da Acurácia Posicional utilizando Feições Lineares

A avaliação da acurácia posicional dos *basemaps* foi realizada por meio da aplicação do método do Buffer Duplo, desenvolvido por Tveite e Langaas (1999). Este método consiste em aplicar um *buffer* tanto na linha de referência quanto na linha de teste. Em seguida, é



realizada a interseção entre os polígonos resultantes dos *buffers*, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Método do Buffer Duplo



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2015)

No método Buffer Duplo, a discrepância ( $dm$ ) para cada linha de teste  $i$ , pode ser obtida por meio da Equação (1).

$$dm_i = \pi \cdot x \cdot \frac{\sum (A1 - A3)_i}{A2_i} \quad (1)$$

Nesta equação,  $(A1 - A3)$  se refere à área do *buffer* da linha de referência que não faz interseção com o *buffer* da linha de teste. Já  $A2$  se refere à área formada pelo *buffer* da linha teste.

O último parâmetro da Equação (1) é o valor de  $x$ , que corresponde à largura do *buffer* aplicado nas linhas de teste e de referência. Para avaliar os *basemaps* segundo o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG, o valor de  $x$  utilizado é dado pelo Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) da classe e da escala testadas, como sugere Santos et al. (2015). Os valores de PEC e do Erro-Padrão (EP), medidas dadas pelo Decreto nº 89.817 (BRASIL, 1984) e atualizados pela ET-ADGV (DSG, 2011) e utilizados pela ET-CQDG (DSG, 2016), estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de PEC e EP para a planimetria.

Classes	PEC	EP
A	0,28 mm x escala	0,17 mm x escala
B	0,50 mm x escala	0,30 mm x escala
C	0,80 mm x escala	0,50 mm x escala
D	1,00 mm x escala	0,60 mm x escala

Fonte: DSG (2016)

De forma geral, para avaliar a acurácia posicional planimétrica dos 4 *basemaps* por meio do método do *Buffer Duplo* foram seguidos os seguintes passos, como sugerido por Mozas-Calvache (2007), Santos et al. (2015) e Zanetti et al. (2016):

1. Selecionar uma amostra de linhas de teste, no produto em análise. No caso deste estudo são 4 conjuntos de linhas de teste, extraídos de cada um dos *basemaps* avaliados (ESRI Standard, OpenStreetMap, Google Road e Bing Map);
2. Selecionar linhas homólogas às linhas de teste em um conjunto de referência, com maior acurácia. Neste caso, as linhas de referência foram coletadas com receptores GNSS;
3. Aplicar um *buffer* de largura  $x$  (valor do PEC para a escala e classe utilizada) em cada linha dos conjuntos de teste e de referência;
4. Calcular a área gerada pela aplicação do *buffer* em cada linha de teste ( $A_2$ );
5. Realizar a interseção entre os polígonos dos *buffers* das linhas de teste e de referência;
6. Calcular a área de não interseção entre os *buffers* das linhas de teste e de referência ( $A_1 - A_3$ );
7. Calcular a discrepância média para cada linha teste  $i$  ( $dm_i$ ), conforme a Equação (1).

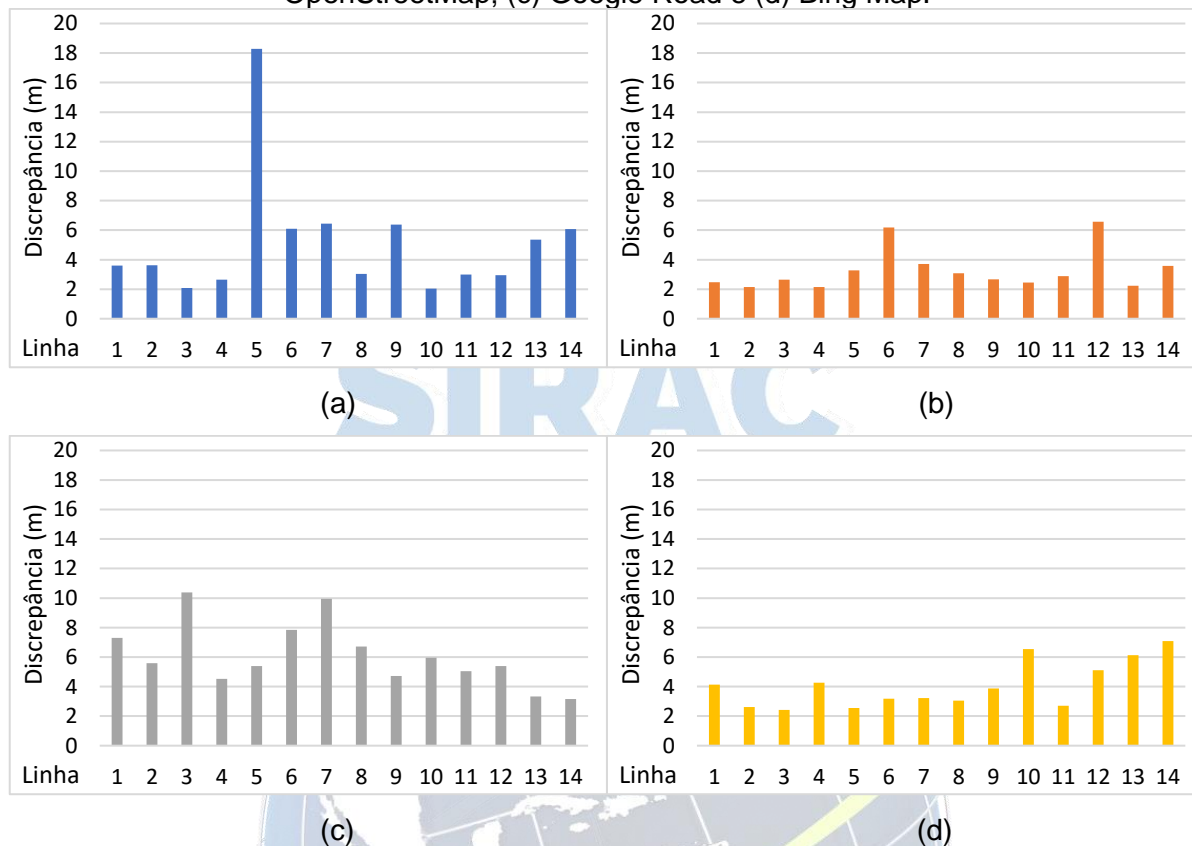
Para a utilização destes conjuntos de discrepâncias posicionais na classificação de produtos cartográficos segundo o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG, sugerem também o seguinte passo Santos et al. (2015):

8. Pelo menos 90% das linhas testadas devem apresentar discrepância média ( $dm$ ) menor ou igual ao valor do PEC (da classe e escala utilizadas para gerar o *buffer*  $x$ ), e o *Root Mean Square* (RMS) deste conjunto de discrepâncias posicionais deve ser menor ou igual ao valor do EP (também para a classe e escala testadas). Se estas duas condições forem satisfeitas, o produto espacial avaliado é classificado de acordo com as referidas classe e escala. Caso não atenda alguma condição, deve-se alterar a classe ou escala de avaliação, retornando ao passo 3.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da aplicação do método do *Buffer Duplo* segundo os passos descritos, foram obtidas as discrepâncias posicionais planimétricas entre as feições de referência, levantadas em campo com receptores GNSS, e suas feições lineares homólogas de teste, identificadas nos quatro *basemaps* mencionados. A Figura 3 apresenta os gráficos destas discrepâncias.

Figura 3 - Discrepâncias posicionais planimétricas dos basemaps: (a) ESRI Standard; (b) OpenStreetMap; (c) Google Road e (d) Bing Map.



Fonte: Os autores (2021)

Para resumir estas informações foi elaborada a Tabela 2, que apresenta estatísticas básicas como a média, desvio-padrão, RMS, e valores mínimos e máximos para as discrepâncias posicionais dos quatro *basemaps*.

Tabela 2 – Estatísticas básicas das discrepâncias posicionais dos *basemaps*.

Estatística	ESRI Standard	OpenStreetMap	Google Road	Bing Map
Nº de linhas	14	14	14	14
Média (m)	5,114	3,290	6,094	4,066
Mínimo (m)	2,042	2,141	3,163	2,432
Máximo (m)	18,282	6,563	10,391	7,092
Desvio-Padrão (m)	4,127	1,401	2,172	1,573
RMS (m)	6,723	3,690	6,687	4,503

Fonte: Os autores (2021)

Analisando os gráficos (Figura 3) e a tabela de estatísticas (Tabela 2), percebe-se que os *basemaps* ESRI Standard e Google Road foram os que apresentaram as maiores discrepâncias posicionais tanto em média (5,114 m e 6,094 m, respectivamente), quanto em valores absolutos (18,282 m e 10,391 m, respectivamente). Outra constatação é que,

aparentemente, não há correlação espacial entre as discrepâncias obtidas entre os *basemaps*. Ou seja, a região onde há maior discrepância em um *basemap* não é a mesma da máxima discrepância de outro *basemaps*. Isso pode ser conferido pelo formato dos gráficos da Figura 3.

Com os valores de discrepâncias, RMS e os valores de PEC e EP da Tabela 1 foi possível realizar a classificação dos produtos avaliados. Inicialmente foi testada a escala de 1/10.000 para os quatro *basemaps*. Entretanto, ESRI Standard e Google Road não obtiveram classificação nessa escala, sendo enquadrados somente na escala de 1/15.000.

A avaliação dos critérios para o enquadramento dos produtos avaliados nas escalas do Decreto nº 9.817/ET-CQDG é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da acurácia posicional dos *basemaps*.

<i>Basemap</i>	Escala	Class e	PEC (m)	EP (m)	% $dm_i \leq$ PEC	RMS $\leq$ EP	Resultado
ESRI Standard	1/15.000	A	4,2	2,55	57,1	Falhou	Reprovado
		B	7,5	4,5	92,9	Falhou	Reprovado
		C	12,0	7,5	92,9	Passou	Aprovado
		D	15,0	9,0	92,9	Passou	Aprovado
OpenStreetMap	1/10.000	A	2,8	1,7	50,0	Falhou	Reprovado
		B	5,0	3,0	85,7	Falhou	Reprovado
		C	8,0	5,0	100,0	Passou	Aprovado
		D	10,0	6,0	100,0	Passou	Aprovado
Google Road	1/15.000	A	4,2	2,55	14,3	Falhou	Reprovado
		B	7,5	4,5	78,6	Falhou	Reprovado
		C	12,0	7,5	100,0	Passou	Aprovado
		D	15,0	9,0	100,0	Passou	Aprovado
Bing Map	1/10.000	A	2,8	1,7	28,6	Falhou	Reprovado
		B	5,0	3,0	71,4	Falhou	Reprovado
		C	8,0	5,0	100,0	Passou	Aprovado
		D	10,0	6,0	100,0	Passou	Aprovado

Fonte: Os autores (2021)

É interessante notar na Tabela 3 que o *basemap* ESRI Standard atendeu ao primeiro critério de possuir 90% das discrepâncias posicionais menor ou igual ao valor do PEC para a classe B, escala de 1/15.000. Entretanto, este *basemap* foi reprovado no segundo critério: possuir o valor de RMS das discrepâncias menor ou igual ao valor do EP. Como mencionado, para ser enquadrado em determinada classe, o produto avaliado deve atender os dois critérios simultaneamente.

Com base nestes valores, a Tabela 4 apresenta o resultado final da acurácia posicional



planimétrica dos quatro *basemaps* utilizando o método do Buffer *Duplo*.

Tabela 4 - Classificação dos *basemaps* baseado na acurácia posicional.

<i>Basemap</i>	ESRI Standard	OpenStreetMap	Google Road	Bing Map
Classificação Decreto nº 89.817/ET- CQDG	Classe C 1/15.000	Classe C 1/10.000	Classe C 1/15.000	Classe C 1/10.000

Fonte: Os autores (2021)

Com base nos resultados obtidos, os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map poderiam de alguma forma compor ou servir de base em aplicações cartográficas, na área de estudo, com escalas iguais ou menores que 1/10.000, cuja tolerância posicional seja de até 8 m. Já os *basemaps* Google Road e ESRI Standard poderiam ser utilizados em trabalhos com escalas iguais ou menores que 1/15.000, em que a tolerância posicional seja de até 12 m.

#### 4 CONCLUSÕES

Devido a ampla utilização de informações cartográficas que se encontram disponíveis para o uso de qualquer indivíduo, este trabalho buscou avaliar a acurácia posicional de quatro *basemaps* bastante conhecidos (ESRI Standard, Google Road, Bing Maps e OpenStreetMap). Essa avaliação foi feita através de feições lineares utilizando o método *Buffer Duplo*, adotando as tolerâncias do Decreto nº 89.817 aliado à ET-CQDG.

Através dos resultados alcançados, verificou-se que os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map foram classificados na classe C na escala 1:10.000, e os da ESRI Standard e Google Road também na classe C, porém na escala 1:15.000, demonstrando que há diferença significativa entre eles.

Ressalta-se que apesar dos resultados encontrados, a avaliação apresentada da acurácia posicional dos quatro *basemaps* é referente apenas à área de estudo deste trabalho, podendo haver diferença nos resultados para diferentes regiões, visto a heterogeneidade dos dados, além de também depender da época em que é feita a avaliação.

Percebe-se então, a extrema importância do controle de qualidade cartográfica, o qual determina a qualidade e acurácia dos dados espaciais, mostrando as discrepâncias e classificando-os. Isso torna-se importante para determinar o uso correto dos dados, onde se procura um maior nível de acerto nas tomadas de decisões.

Dessa forma, nota-se que ao utilizar qualquer produto cartográfico, bem como os disponíveis nos *basemaps*, deve-se avaliar sua qualidade antes de sua utilização, para que não corra o risco que este seja empregado em trabalhos que não correspondam à sua finalidade.

Sendo assim, para trabalhos futuros recomenda-se a avaliação desses *basemaps* e outros disponíveis no plugin da INDE para demais regiões, bem como a análise de outros elementos de qualidade além da acurácia posicional, para que se tenha um resultado mais completo.

## REFERÊNCIAS

ARIZA-LÓPEZ, F. J. **Calidad en la producción cartográfica**. Madrid: Ra-Ma, 2002.

ARIZA-LÓPEZ, F. J., GONZÁLEZ, P. B., PAU, J. M., TORRES, A. Z., PASCUAL, A. F. R., VERGARA, G. M., BALBOA, J. L. G. Geospatial data quality (ISO 19157-1): evolve or perish. **Revista Cartográfica**, (100), 129-154, 2020.

GALO, MAURICIO & CAMARGO, PAULO. (1994). Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. 10.13140/RG.2.1.1790.1603.

BRASIL. Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasil. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm)>. Acesso em: 01 de maio de 2021. 1984.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. **Especificação Técnica Para Aquisição Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Versão 2.1. Brasília, 2011.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. **Especificação Técnica Para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Brasília, 2016.

ISO. **ISO 19157: Geographic information - Data quality**. International Organization for Standardization, 2013.

MOZAS-CALVACHE, A. T. **Control de calidad posicional en cartografía por elementos lineales**. Tese (Doutorado em Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría). Jaén: Universidad de Jaén, Espanha. 249p. 2007.

PINHEIRO, Julierme Gonçalves; VIEIRA, Alen Costa; ALMEIDA, Warley Rodrigues De; BUENO, Luis Fernando. INDE: Plugin QGIS para Interoperabilidade de Dados. In: Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais (SBIDE), II, 2020, Rio de Janeiro, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro: IBGE, p. 129-130. 2020.

SANTOS, A. P. **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com o uso da estatística espacial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

SANTOS, A. P., MEDEIROS, N. G., SANTOS, G. R., RODRIGUES, D. D. Controle de qualidade posicional em dados espaciais utilizando feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 2, p. 233-250, 2015.

SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. Avaliação da acurácia posicional planimétrica em modelos digitais de superfície com o uso de feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.157-174, jan-mar, 2016.

TVEITE, Havard; LANGAAS, Sindre. An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering, **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, n. 1, p. 27-47, 1999, DOI: 10.1080/136588199241445.

ZANETTI, J., PAULA, R. M.; SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G. Avaliação da acurácia posicional planimétrica de ortoimagens disponibilizadas nos sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, 2016.

# SiRAC



## GEOESTATÍSTICA APLICADA NA ELABORAÇÃO DA PLANTA DE VALORES GENÉRICOS DE APARTAMENTOS NA ZONA SUL DO RIO DE JANEIRO – RJ

ALÍCIA ASSUMPÇÃO RODRIGUES PINTO<sup>1</sup>, MARLENE SALETE UBERTI<sup>2</sup>

### RESUMO

O Imposto Predial e Territorial Urbana (IPTU) é um dos principais impostos e uma grande fonte de capitalização para os municípios, sendo que o valor deve ser determinado seguindo os preceitos da NBR 14.653. A desatualização da base de cálculo, má representação dos dados, ou escolha equivocada da metodologia para a confecção da Planta de Valores Genéricos (PVG), tem como consequência a cobrança inexata do imposto. Este trabalho elaborou uma PVG de apartamentos, através da Regressão Clássica e da Geoestatística, na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro – RJ, e comparou com a PVG em exercício de 2017 para verificar a necessidade de atualização. Foram pesquisadas amostras no mercado imobiliário de oito bairros (Botafogo, Copacabana, Gávea, Humaitá, Ipanema, Jardim Botânico, Leblon e Leme), e o modelo de regressão foi testado utilizando a NBR 14653-2 e os parâmetros da *International Association of Assessing Officers* (IAAO). Com o modelo de regressão foram estimados os valores unitários e gerada a superfície de valores (SUV) com a Geoestatística (Krigagem Ordinária). O modelo de regressão linear foi bem sucedido para a norma brasileira, com grau III de fundamentação. Na avaliação de desempenho, após o saneamento da amostra de validação, os valores estimados pela regressão clássica e pela Geoestatística, apresentaram resultados próximos aos recomendados pelas métricas da IAAO. Como o modelo se enquadrava na NBR 14653-2, a comparação entre as PVGs foi realizada e encontrada uma discrepância alta entre os valores unitários estimados, concluindo-se que a PVG de apartamentos em exercício no município, encontra-se desatualizada.

**Palavras-chave:** Krigagem Ordinária. Avaliação em massa. *International Association of Assessing Officers* (IAAO).

### 1 INTRODUÇÃO

A Planta de Valores Genéricos (PVG) determina os valores venais (da construção e do terreno) de um imóvel por face de quadra, logradouro ou até mesmo por região. As características, a forma de obtenção dos dados e o tamanho da amostra variam, pois dependem da região alvo da planta (rural ou urbana).

Tradicionalmente a PVG é utilizada para a representação dos valores unitários por face de quadra dos terrenos, enquanto os valores das construções são representados por tabelas por tipo construtivo (casa, apartamento, sala, loja etc.) e com valores do CUB – Custo Unitário Básico. Uma PVG voltada para o meio urbano tem uma abrangência maior de tipos e padrões

<sup>1</sup> Diretoria Técnica de Zoneamento da Prefeitura Municipal de Seropédica/RJ, [aliciaassumpcao@outlook.com](mailto:aliciaassumpcao@outlook.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, [msuberti@hotmail.com](mailto:msuberti@hotmail.com)



de imóveis e, dependendo da região escolhida, encontra-se uma maior disponibilidade de dados para um determinado padrão, o que melhora a amostra para PVGs focadas em sua representação. Uma proposta que vem sendo testada é a utilização de um modelo de regressão único, com variáveis do terrenos e das edificações, que possa ser aplicado para cada imóvel individualmente da área urbana ou rural do município (FARIA; BRITO; GONÇALVES, 2017; HEIL; VOLPI, 2013).

Porém, o tratamento da amostra, e suas variáveis, utilizando o método comparativo direto de dados de mercado e a regressão múltipla não traz uma boa representação, quando a variável de posicionamento geográfico é necessária (UBERTI et al, 2018). O que é um grande problema pois a PVG é utilizada para o cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Para contornar o problema da representação inexata, quando a localização do imóvel altera o valor da propriedade, a Geoestatística através da Krigagem Ordinária torna-se uma boa alternativa (BERVEGLIERI et al, 2011). Sua estrutura teórica está baseada no conceito de uma variável distribuída no espaço (ou tempo) cujos valores são considerados como realizações de uma função aleatória, variável regionalizada. (TRIVELLONI, 2005). Além da Krigagem, é necessário utilizar os preceitos da Ecometria Espacial que tratará, especificamente, das interações e estruturas espaciais dos dados distribuídos geograficamente (UBERTI, 2016).

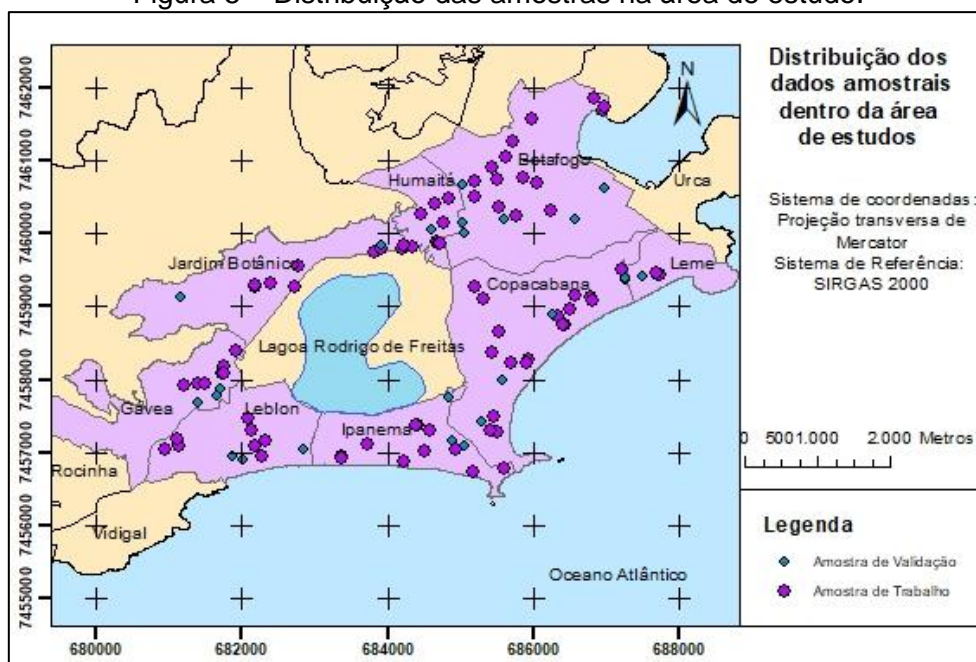
Portanto o objetivo geral do trabalho é Elaborar a Planta de Valores para apartamentos na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro - RJ, utilizando uma metodologia combinada entre o método de Regressão Linear Múltipla e a Geoestatística.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (figura 1) encontra-se inserida no retângulo delimitado pelas coordenadas UTM 678622.03m E, 7456381.69m S, 688821.47m E e 7462136.21m S. Sua área é de, aproximadamente, 20.1 km<sup>2</sup> e contempla os bairros de Botafogo, Copacabana, Gávea, Humaitá, Ipanema, Jardim Botânico, Leblon e Leme. Seu material cartográfico foi retirado do banco de dados do DataRio, (PMRJ, 2020).

Os bairros alvos do trabalho foram escolhidos por estarem em locais essenciais para a testagem de certos pressupostos a influenciadores de preços, distâncias às praias mais famosas da cidade (Praia de Ipanema e Copacabana) e as distâncias para comunidades, são locais com áreas majoritariamente compostas por prédios de apartamentos, que favorece a coleta da amostra para a regressão e para gerar a SUV para apartamentos.

Figura 5 – Distribuição das amostras na área de estudo.



Fonte: As autoras (2020).

A coleta dos dados de mercado imobiliário da área de estudos, foi realizada em agosto e setembro de 2020. Por conta da Pandemia de SARS-CoV-2, fez-se necessário a coleta de dados exclusivos em sítios eletrônicos de imobiliárias e classificados. Foram coletados 192 dados para a amostra de trabalho, distribuídos nos bairros de interesse. A coleta de dados para a amostra de verificação foi em outubro/2020, totalizando 24 dados. A distribuição das amostras pode ser visualizada na figura 1.

Para o tratamento da amostra de trabalho foram definidas as variáveis, dependente e independentes. A variável dependente foi definida como o valor unitário por metro quadrado (VU) e 38 variáveis independentes que após uma análise prévia, percebeu-se a possibilidade de junção de variáveis e a exclusão de outras por falta de informações dos dados, resultando em um total de 21 variáveis para o modelo. Após a coleta de dados e definição das variáveis, os dados incompletos, sem informação de alguma variável independente e não condizentes com a elaboração da PVG, foram excluídos do conjunto, resultando em 190 dados restantes. Utilizando planilha eletrônica foram realizadas as primeiras regressões e observações de outliers e exportada para o *software* INFER 32 (Ária, 2004) para estimar o modelo de regressão que melhor explica a variável dependente. Definindo-se os parâmetros estatísticos, intervalo de confiança e significância, foi encontrado o modelo de regressão que se enquadrou no grau III de fundamentação e atende os pressupostos estatísticos determinados pela NBR 14653-2 (ABNT, 2011).

Para a validação do modelo estatístico foi utilizada a amostra de validação e o valor

ofertado foi comparado com o valor estimado pelo modelo de regressão linear múltipla. Utilizando os parâmetros e valores de referência, definidos pela *International Association of Assessing Officers* (IAAO), foram observados as métricas: Mediana das Razões, Coeficiente de Dispersão - COD e Diferencial Relativo ao Preço (PRD), com objetivo de avaliar o desempenho do modelo da regressão linear múltipla.

Utilizando os valores estimados pelo modelo de regressão foram construídos os semivariogramas Esférico, Exponencial e Gaussiano, que segundo Yamamoto e Landim (2013), explicam a maioria dos fenômenos espaciais. Foi observado seus efeitos pepitas, patamar, alcance e RMS, para classificação e determinação do semivariograma teórico que se ajusta aos dados da pesquisa. Após a escolha do Semivariograma, foi gerada a superfície de valores (PVG), utilizando o interpolador Krigagem Ordinária.

Assim como na validação do modelo clássico de regressão, a validação da superfície de valores foi baseada nos cálculos dos parâmetros, e valores de referência, definidos pela IAAO (2013). Utilizando a mesma amostra de verificação e os valores estimados pela Krigagem, foram observados os valores resultantes com objetivo de avaliar o desempenho da SUV gerada.

Considerando a PVG em exercício da prefeitura do município do Rio de Janeiro (PMRJ), que é a base de cálculo do IPTU da cidade, de 2017, foi realizada a comparação entre a PVG deste trabalho e do Município. Essa comparação dos valores pode demonstrar se há necessidade de um novo projeto de atualização da PVG, e consequentemente, atualização do IPTU.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a observação dos dados de mercado, foi testada a variável dependente “Valor Unitário” e outras 21 (vinte e uma) variáveis independentes que poderiam impactar os preços dos imóveis. As variáveis independentes foram: duas variáveis qualitativas representadas por códigos alocados (Infraestrutura do Condomínio e Infraestrutura do Entorno); duas variáveis qualitativas representadas como dicotômicas (Varanda e Padrão de Construção); e 17 variáveis quantitativas (Área Útil, Quartos, Suítes, Banheiros, Vagas, Distância a Estação de Metrô Mais Próxima, Distância a Favela Mais Próxima, Distância ao Túnel Mais Próximo, Distância ao Shopping Praia Botafogo, Distância ao Shopping Rio Sul, Distância ao Shopping do Leblon, Distância ao Shopping da Gávea, Distância a Praia de Botafogo, Distância a Praia de Copacabana, Distância a Praia do Leme, Distância a Praia de Ipanema e Distância a Praia do Leblon.



A primeira análise realizada no trabalho foi a verificação da multicolinearidade das variáveis explicativas, através da matriz de correlações. Adotando os valores críticos do coeficiente de correlação simples determinados pela NBR 14653-2, foram observados 20 coeficientes maiores que os determinados pela norma (0,80), referentes às variáveis de distâncias aos shoppings e as duas praias. Optou-se pela exclusão de duas variáveis (distância a praia do Leblon e distância a praia do Leme) e pela junção das 4 variáveis de distâncias aos shoppings, utilizando apenas as distâncias menores de cada variável para o imóvel, nomeando-a de “distância ao shopping mais próximo”. Após as mudanças, restaram 16 variáveis para a utilização neste trabalho.

Em seguida, foram gerados os gráficos de dispersão de cada variável independente pela variável dependente. O resultado após a análise dos gráficos foi que a variável que mais se dispersava (que continha um intervalo de valores maior) foi a variável explicada, então, optou-se pela sua transformação Logarítmica. Utilizando a planilha do Excel (com a análise de dados da regressão) e o *software* INFER 32, foram realizados alguns testes de modelos, retirando e transformando variáveis, até resultar no modelo que melhor representou o trabalho e seus dados (tabela 2). Duas variáveis foram excluídas (infraestrutura do condomínio e distância ao túnel mais próximo) por serem consideradas não significativas estatisticamente para a regressão pelo teste *t-Student*, restando 14 variáveis explicativas para a modelagem. Para determinar o modelo de regressão (equação 1) foram excluídos 48 amostras, consideradas outliers (resíduo padrão maior que 2). Mesmo com todas as exclusões, o grau III de fundamentação foi preservado.

As variáveis influenciadoras para o modelo foram: VU (valor unitário) com transformação logarítmica; Infraestrutura do Entorno (entorno), Área Útil, Quartos, Suítes, Banheiro, Vagas, Varanda, Padrão Construtivo (padrão), Distância a Estação de Metrô Mais Próxima (metrô), Distância a Favela Mais Próxima (favela), Distância ao Shopping Mais Próximo (Shop+Prox), Distância à Praia de Botafogo (PraiaBota), Distância à Praia de Copacabana (PraiaCopa) e Distância à Praia de Ipanema (PraiaIpa), sem transformações.

Analisando os resultados (tabela 1), pode-se verificar que todos os coeficientes foram significativos ao nível de significância de 10% (p-valor). O teste ANOVA também foi significativo a 1% e as variáveis independentes não apresentaram multicolinearidade.



**Tabela 1 – Estimativas dos parâmetros, valor t e o p-valor do modelo**

VARIÁVEL	COEFICIENTES	VALOR T	P-VALOR
Interseção	10,185	-3,137	
Entorno	-0,0516	5,252	$2,1 \times 10^{-3}$
Área Útil	$5,6010 \times 10^{-4}$	-7,027	$6,1 \times 10^{-7}$
Quartos	-0,0833	10,19	$1,1 \times 10^{-10}$
Suítes	0,1242	-5,033	$3,6 \times 10^{-18}$
Banheiros	-0,0525	5,170	$1,6 \times 10^{-6}$
Vagas	0,0652	1,928	$8,8 \times 10^{-7}$
Varanda	0,0434	4,371	0,056
Padrão	0,1838	-3,727	$2,5 \times 10^{-5}$
Metrô	$-7,3166 \times 10^{-5}$	3,783	$3 \times 10^{-4}$
Favela	$2187 \times 10^{-4}$	-5,470	$2,4 \times 10^{-4}$
Shop+prox	$2877 \times 10^{-5}$	-20,96	$2,3 \times 10^{-7}$
Praia Bot	$-1,2712 \times 10^{-4}$	20,15	$-1,1 \times 10^{-19}$
Praia Copa	$1,5836 \times 10^{-4}$	-28,67	$5,4 \times 10^{-20}$
Praia Ipa	$-2,4367 \times 10^{-4}$	-3,137	0,000
R		0,9047	
R <sup>2</sup>		0,8185	
Fcalc		40,92	
Erro padrão da regressão		0,1339	

Fonte: As autoras (2020).

Algumas variáveis apresentaram sinais diferentes de esperado (entorno, quartos, banheiros e praiaCopa), sendo necessária avaliar a necessidade da retirada do modelo. Foram feitos testes com a retirada total e parcial das variáveis entorno, quartos e banheiros, porém os resultados mostraram que a ausência de qualquer uma das três variáveis piorou, significativamente, os coeficientes de correlação e determinação (mostra quanto o modelo consegue explicar a regressão), então optou-se pela preservação das três. Já para a variável praiaCopa, apenas foi revisada a amostra e percebido que a expectativa gerada estava realmente equivocada, ou seja, existem várias amostras cujo valor unitário é alto e está distante da Praia de Copacabana.

Utilizando a amostra coletada para a validação, foram calculados os valores unitários (utilizando a equação de regressão modelada), e calculadas os parâmetros de validação. Todos os valores calculados se encontram acima dos limites da IAAO. Segundo Uberti (2016), o COD é afetado por valores extremos das razões de avaliação, então foi feito o saneamento da amostra, utilizando a multiplicação do interquartil por 1.5 para definir os limites de ratios. Os dados com as razões fora do limite foram desconsiderados, sendo calculado novamente os parâmetros como mostra a tabela 2.

**Tabela 2 – Resultados da Validação da Regressão**

MÉTRICAS	INTERVALOS	VALORES CALCULADOS	VALORES CALCULADOS PARA A AMOSTRA SANEADA
Mediana das razões	0.90 - 1.10	1.100235	1.072403
Coeficiente de dispersão (COD)	Até 20%	28%	21.77%
Diferencial relativo de preço (PRD)	0.98 - 1.03	1.062331	1.099509

Fonte: As autoras (2020).

Com a amostra saneada, o valor da mediana das razões se encontra dentro do limite, mostrando que o nível geral da avaliação está bom. O valor de COD se encontra um pouco acima do aceitável pela IAAO, porém, o limite de COD para o CTM brasileiro pode ser considerado até 30%, de acordo com Manual de apoio para Cadastro Técnico Municipal – CTM, De Cesare e Averbek (2010), pois a norma brasileira não impõe um limite. Já o valor do PRD indica que há uma regressividade no modelo, então um apartamento de alto valor foi estimado pelo modelo com um valor menor.

Utilizando os pontos e valores estimados pela regressão, foi constatado, pelo semivariograma experimental, que há um crescimento até 6,579 km, depois há uma estabilidade. Então são testados os semivariogramas teóricos para encontrar qual melhor se encaixa na regressão (tabela 3).

**Tabela 3 – Resultados da Dependência Espacial**

MODELO	PEPITA (C0)	PATAMAR (C)	(C0/C)*100	ALCANCE (KM) (A)	DEPENDENCIA	RMS
Esférico	0.017	0.108	15.565	7.507	Forte	1.010
Exponencial	0.018	0.087	20.236	8.04	Forte	0.940
Gaussiano	0.028	0.095	29.326	6.006	Moderada	1.103

Fonte: As autoras (2020). Os modelos esférico e exponencial apresentaram forte dependência espacial, mas como o RMS do esférico se apresentou mais perto de 1, optou-se pela sua utilização para a krigagem ordinária e foi gerada a superfície de valores (figura 2).

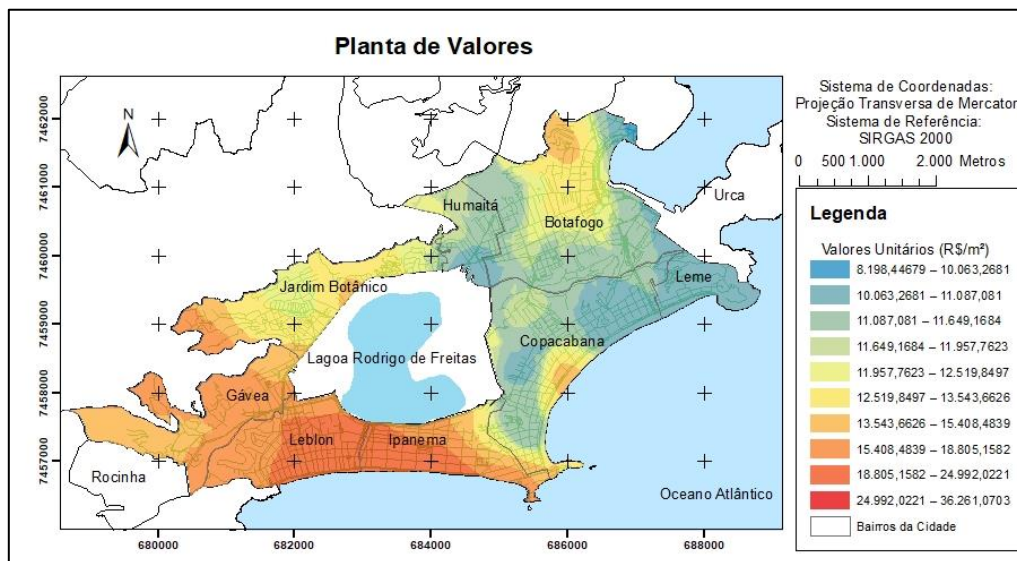
Utilizando o a PVG gerada foram estimados os valores unitários dos dados da amostra de verificação. Foram calculados os valores da Mediana das Razões, COD e PRD, sendo que todos os valores calculados, mesmo após o saneamento das amostras, se encontram acima dos limites da IAAO (tabela 4).

**Tabela 4 – Resultados da Validação da PVG**

MÉTRICAS	INTERVALOS	VALORES CALCULADOS	VALORES CALCULADOS PARA A AMOSTRA SANEADA
Mediana das razões	0.90 - 1.10	1.1624	1.1499
Coeficiente de dispersão (COD)	Até 20%	22.67%	20.09%
Diferencial relativo de preço (PRD)	0.98 - 1.03	1.3838	1.3019

Fonte: As autoras (2020).

Figura 2 – Planta de Valores Genérica de Apartamentos.



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Através da PVG da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro confeccionada no ano de 2017, coletou-se os valores unitários nos mesmos locais da amostra de verificação e comparou-lhes com os valores estimados pela PVG (tabela 5).

Tabela 5 – Comparação das PVGs

BAIRRO	PVG PMRJ	PVG GERADA	DIFERENÇAS	CV-COEF. DE VARIAÇÃO	MÉDIA DAS DIFERENÇAS
Botafogo	4253.44	11049.45	6796.01	1.60	0.5996
Botafogo	2987.78	11837.33	8849.55	2.96	
Copacabana	5295.56	11141.35	5845.79	1.10	
Copacabana	5203.31	11850.58	6647.26	1.28	
Copacabana	4510.14	10856.73	6346.59	1.41	
Gávea	4714.48	17416.48	12702.00	2.69	
Gávea	5609.14	16927.7	11318.56	2.02	
Humaitá	3938.28	10816.26	6877.97	1.75	
Ipanema	7321.38	13707.75	6386.36	0.87	
Ipanema	4032.94	13623.83	9590.88	2.38	
Jardim Botânico	5461.24	11989.68	6528.44	1.20	
Leblon	11523.13	22679.64	11156.51	0.97	
Leme	4783.71	10838.61	6054.90	1.27	
Leme	4783.71	10960.62	6176.91	1.29	
Leme	4253.44	11049.45	6796.01	1.60	

Fonte: As autoras (2020).

Pode-se perceber uma grande discrepância entre os valores, analisando o coeficiente (a médias das diferenças) é possível verificar que, baseando-se na Portaria MCid 511/2009 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009) que determina que um coeficiente abaixo de 70%, indica



a falta de atualização da PVG, verificou-se que os valores de apartamentos na PVG da PMRJ encontra-se desatualizada, com seus valores abaixo do mercado. Também é possível perceber que o cadastro territorial e as PVGs devem ser constantemente atualizados, pois ocorrem mudanças rápidas de valorizações e desvalorizações no ambiente urbano.

#### 4 CONCLUSÕES

O método comparativo de dados de mercado e a regressão se mostraram suficientes para homogeneizar as amostras de apartamentos dos bairros em estudo. A validação enquadrou-se no grau III de fundamentação, culminando em um bom desempenho na predição dos valores dos imóveis dentro das normas avaliativas brasileiras. Quando o modelo de regressão foi testado, a partir da amostra de verificação, e foi comparado com as métricas definidas pela IAAO (2013) seu desempenho geral foi satisfatório, porém apresentou regressividade e uma pequena desuniformidade, que usualmente é considerada uniforme.

A utilização da regressão clássica e da Geoestatística para a geração da superfície de valores se mostrou problemática na comparação com as métricas dos parâmetros IAAO (2013) para a área de estudo. Contudo, a NBR 14.653 (ABNT, 2011) não estabelece parâmetros avaliativos para as PVGs.

Como a metodologia utilizada para a confecção da superfície de valores foi testada, anteriormente a geração, obtendo êxito e máximo grau de fundamentação pela NBR 14653-2, foi possível a comparação entre a PVG gerada pelo trabalho e a PVG da PMRJ, confeccionada em 2017 e ainda em exercício para o cálculo de IPTU da cidade. A comparação destaca a discrepância entre os valores de apartamentos das PVGs, mostrando a ocorrência da valorização dos apartamentos na zona sul do Rio de Janeiro. Portanto, é necessária a atualização da PVG do município.

Conclui-se que a metodologia para a geração da PVG deste trabalho não atingiu as métricas da IAAO na avaliação de desempenho, porém o COD atendeu o valor recomendado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (antigo Ministério das Cidades) de 30%. As métricas do IAAO podem ser atendidas, com a coleta de mais amostras ou com um novo modelo de regressão. Concluímos que a utilização da regressão clássica e a Geoestatística foi suficiente para avaliar a necessidade de atualização dos valores dos apartamentos da PVG em exercício do município do Rio de Janeiro.





## REFERÊNCIAS

- ÁRIA, Informática. **INFER versão 32, manual de operação**. Belo Horizonte. MG. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: Avaliação de Bens – Parte 2: Imóveis Urbanos**. Rio de Janeiro, 2011.
- BERVEGLIERI, A.; MENEGUETTE JUNIOR, M.; PITERI, M., A. **Aplicação do Interpolador krigagem em modelos digitais de terrenos, comparando-se os casos de isotropia e anisotropia**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba/PR. INPE p.7222. Maio de 2011.
- DE CESARE, C. M.; AVERBECK, C. E. Capítulo VI – da Avaliação de imóveis. In: CUNHA, E. M. P., ERBA, D. A. **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros** / Organizadores: Eglasia Micheline Pontes Cunha e Doego Alfonso Erba – Brasília: Ministério das Cidades. 2010.
- FARIA, R. F.; BRITO, J. L. S. e GONÇALVES, R. M. L. **Modelos estatísticos para geração de plantas de valores genéricos em áreas urbanas**. Gestão & Produção [online]. 2017, v. 24, n. 2 [Acessado 8 junho 2021] , pp. 279-294. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-530X2482-15>>.
- HEIL, J. e VOLPI, N. M. P. **Emprego da estatística multivariada como proposta Para o cálculo do valor venal e tributação imobiliária**. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 601-633, maio 2013. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1222>>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- IAAO (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS). **Standards on Ratio Studies**. Missouri: IAAO. 2013.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. PORTARIA Nº 511, DE 2009. **Dispõe sobre as Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Brasília, DF, 2009
- PMRJ (PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO). DataRio, 2020. **Estações Metrô, Limite de Bairros, Limite Favelas 2017**. Disponível em: [www.data.rio/datasets/](http://www.data.rio/datasets/).
- TRIVELLONI, C. P. **Método para Determinação do Valor da Localização com Uso de Técnicas Inferenciais e Geoestatísticas na Avaliação em Massa de Imóveis**. Tese de Doutorado. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.
- UBERTI, M. S. **Avaliação em Massa de Imóveis Rurais Através de Modelagem Clássica, Espacial e Geoestatística**. Tese de Doutorado. Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.
- UBERTI, M.S.; HOMEM ANTUNES, M.A.; DEBIASI, P.; TASSINARI, W. **Mass appraisal of farmland using classical econometrics and spatial modeling**. Land Use Policy 2018, 72, 161–170.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2013. 215 p.

## SENSORIAMENTO REMOTO: UMA PERSPECTIVA PARA DETECÇÃO DE DOENÇAS NA CAFEICULTURA

VINICIUS SILVA WERNECK ORLANDO<sup>1</sup>, BRUNO SÉRGIO VIEIRA<sup>2</sup>, MARIA DE LOURDES BUENO TRINDADE GALO<sup>3</sup>, GEORGE DEROCO MARTINS<sup>4</sup>, FERNANDO VASCONCELOS PEREIRA<sup>5</sup>, GLECIA JÚNIA DOS SANTOS CARMO<sup>6</sup>

### RESUMO

A cafeicultura possui relevância no setor econômico brasileiro, mas alguns fatores, bióticos e abióticos, podem prejudicar a produtividade cafeeira. Uma alternativa para avaliar diversos parâmetros vegetativos da cultura é o Sensoriamento Remoto, que permite detectar e quantificar doenças do cafeeiro, viabilizando um controle mais preciso, específico e não destrutivo, permitindo a reprodutibilidade da avaliação. O presente estudo tem o objetivo de levantar material bibliográfico e analisar o potencial dos dados adquiridos por Sensoriamento Remoto no monitoramento das condições de sanidade do cafeeiro. Os estudos apresentados mostram que o Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que pode ser utilizada na detecção e monitoramento de doenças na cafeicultura, de forma rápida e eficiente, por meio de diferentes sensores. Porém, de forma geral, ainda persistem desafios neste monitoramento e a busca por soluções moldarão as tendências/perspectivas futuras.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto. *Coffea arabica*. Doença de plantas.

### 1 INTRODUÇÃO

Cafeicultura desempenha um importante papel na economia brasileira, sendo o Brasil o maior produtor e exportador do produto beneficiado mundialmente (CONAB, 2021). Além do setor produtivo, as comercializações cafeeiras movimentam inúmeras pessoas e recursos financeiros, bem como, de profissionais especializados que atuam nesta área.

Mediante a importância econômica da produção cafeeira, muitos esforços têm sido empregados na busca de melhor qualidade e produtividade na produção do café. Nessa perspectiva, os fatores ambientais, bem como as práticas agrícolas de cultivo e colheita, influenciam diretamente na qualidade do café (BARBOSA, 2011).

A cultura cafeeira, assim como outros tipos de cultura, está exposta a diversos distúrbios fisiológicos, pragas e doenças que afetam a planta e resultam em prejuízos tais como: perda

<sup>1</sup> Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, [vinicius.werneck@unesp.br](mailto:vinicius.werneck@unesp.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [brunovieira@ufu.br](mailto:brunovieira@ufu.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, [trindade.galo@unesp.br](mailto:trindade.galo@unesp.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [deroco@ufu.br](mailto:deroco@ufu.br)

<sup>5</sup> Centro Tecnológico Paula Pasquali, [nandovasconcelosp@gmail.com](mailto:nandovasconcelosp@gmail.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Uberlândia, [gleciajscarso@hotmail.com](mailto:gleciajscarso@hotmail.com)

da produtividade, desgaste e deformação das plantas, perda de qualidade pela redução dos grãos ou grãos defeituosos e a morte da planta em alguns casos (MATIELLO et al., 2010).

Nesse sentido, o monitoramento da cultura cafeeira é essencial no controle de doenças, para que as lavouras não atinjam um nível de dano econômico (MATIELLO et al., 2010). No entanto, o monitoramento de ataques de pragas, doenças e plantas invasoras é uma operação onerosa e que demanda tempo, além de acompanhamento periódico e especializado (VIEIRA; MARCATTI, 2019).

Uma das tecnologias que vêm sendo empregadas na detecção e monitoramento de pragas e doenças em cultura agrícolas é o Sensoriamento Remoto. Essa tecnologia parte do princípio básico da extração de informações geradas a partir de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais, com base no comportamento da reflectância espectral dos diferentes objetos da superfície terrestre, em diferentes regiões do espectro eletromagnético (LILLESAND; KIEFER; CHIPMAN, 2015; FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Os sensores captam a radiação eletromagnética refletida pelos alvos, gerando uma imagem que permite a identificação de variabilidades ou feições da lavoura, que servem de base para determinar o manejo de determinadas áreas nas culturas por meio de processamento digital de imagens (SILVA; ALVES, 2013).

O uso de novas tecnologias para obtenção informações e dados sobre esse sistema produtivo se torna necessário considerando que o agrossistema cafeeiro é complexo quando utilizado métodos convencionais, o que o torna uma atividade extensa e de difícil desenvolvimento. Dessa forma, o uso do sensoriamento remoto, entre outras técnicas se torna uma das abordagens mais indicadas para a coleta de dados sobre a cafeicultura (MOREIRA et al., 2007).

Assim, o presente estudo tem o objetivo de levantar estudos da literatura e analisar o potencial dos dados adquiridos por sensoriamento remoto, no monitoramento das condições de sanidade de plantas de café.

## **2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A DOENÇAS DO CAFEIEIRO**

Para que haja uma avaliação automatizada, objetiva e reproduzível de doenças de plantas existem múltiplas oportunidades, soluções e técnicas, bem como métodos facilitadores, até mesmo inovadores, em que informações adquiridas podem contribuir para detecção e quantificação (MAHLEIN, 2016).

De acordo com Vieira Júnior e Fernandes (2015) a ocorrência de diversas doenças do cafeeiro estão distribuídas em todas as regiões produtoras do Brasil. Muitas dessas doenças podem inviabilizar economicamente o cultivo. Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto possui



várias aplicabilidades na agricultura (WEISS; JACOB; DUVEILLERC, 2020), sendo uma delas a detecção e monitoramento de doenças de plantas, por meio de diferentes sensores (GOGOI; DEKA; BORA, 2018).

De acordo com West et al. (2010), as doenças de plantas podem ocasionar modificações fisiológicas na taxa transpiratória, forma e coloração das folhas, além de mudanças na morfologia e densidade do dossel. Como as propriedades espectrais da vegetação são determinadas por atributos bioquímicos, modificações nessas características podem ocasionar mudanças na resposta espectral (SAHOO; RAY; MANJUNATH, 2015), assim como alterações de valores de índices de vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), contribuindo com a detecção de estresse vegetal.

Marin et al. (2018), demonstraram o potencial das imagens Landsat 8 OLI/TIRS para identificar e monitorar mancha bacteriana do café causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. Dentre os índices de vegetação utilizados o MCARI1 (First Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index) apresentou maior correlação tanto com a incidência quanto com a severidade da doença. Com o auxílio da temperatura de brilho das imagens, áreas com temperatura ótima para a ocorrência da doença puderam ser mapeadas.

Katsuhama et al. (2018), a partir de imagens do satélite Landsat 7, também demonstraram a possibilidade de discriminação de áreas infectadas com ferrugem do café (*Hemileia Vastatrix*) usando o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O método de monitoramento desenvolvido permite auxiliar na tomada de medidas preventivas em estágios iniciais da infecção.

Pires, Alves e Pozza (2020), por meio dos sensores orbitais Landsat-7/ ETM + e Landsat-8 / OLI-TIRS, também exploraram os sensores multiespectrais para o monitoramento da incidência da ferrugem na cultura do cafeeiro sob diferentes sistemas de irrigação (seca, autopropelido, gotejamento e pivô central). Os resultados apontaram que a maior variação espectral e temporal da ferrugem foi no sistema de irrigação por pivô central quando comparado aos demais sistemas de manejo de irrigação. Além disto, foi evidenciado que, quanto maior a incidência da ferrugem, menor a refletância na banda do infravermelho-próximo (NIR) para todas as áreas avaliadas, independentemente do sistema de manejo de irrigação.

O aprendizado de máquina é uma ferramenta que proporciona várias contribuições na análise de dados de Sensoriamento Remoto (SCHEUNDERS; TUIA; MOSER, 2018), e na agricultura de precisão, inclusive na detecção de doenças de plantas a partir de dados radiométricos (LIAKOS et al., 2018). Na cafeicultura não é diferente.

Com o objetivo de explorar a utilidade das características do Sentinel-2 MSI na detecção



e discriminação de níveis de ferrugem do cafeeiro, Chemura, Mutanga e Dube (2016) utilizaram dois algoritmos de classificação: Random Forest e análise discriminante de mínimos quadrados parciais (PLS-DA). Foram realizadas medições de reflectância de folhas usando um espectrômetro e reamostradas para simular bandas espectrais do sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*) do Sentinel-2. Os resultados permitiram a discriminação dos níveis de infecção (saudáveis, moderados e graves) com alta precisão. As bandas derivadas do sensor e os índices de vegetação calculados usando informações espectrais localizadas na borda do vermelho, demonstraram sua utilidade na detecção das doenças. Assim como índices de vegetação otimizados, as bandas espectrais relacionadas ao RedEdge tiveram melhor desempenho na discriminação de ferrugem.

De forma similar ao trabalho anterior, porém utilizando espectrorradiômetro portátil, Chemura et al. (2018) avaliaram a utilidade das bandas do Sentinel-2 MSI na avaliação e modelagem da ferrugem do café. Modelos derivados do algoritmo de regressão de mínimos quadrados parciais de função de base radial (RBF-PLS) foram considerados satisfatórios para descrever a gravidade da ferrugem do café, assim como quatro bandas (B2: 490nm, B4: 665nm, B5: 705nm e B7: 783nm) de MSI do Sentinel-2 podem aumentar a estimativa de severidade ao nível de folha.

Miranda et al. (2020) propuseram a definição do algoritmo capaz de melhorar a discriminação da incidência de “necrose da baga do café” (*Colletotrichum* spp.) em imagens Landsat 8 OLI com diferentes métodos de correção atmosférica. As imagens foram classificadas pelos algoritmos Random Forest, Multilayer Perceptron e Naive Bayes, sendo os dois últimos definidos como os melhores classificadores, para detectar a incidência utilizando a correção atmosférica ATCOR (*Atmospheric and Topographic Correction for Satellite Imagery*).

Sabendo que nematóides parasitam e causam doenças em plantas hospedeiras, Oliveira et al. (2019) propuseram detectar a presença do fitopatógeno na cultura do café. Por meio de um Veículo aéreo não tripulado (UAV), foram obtidas imagens no espectro do visível e feito um processo de segmentação das plantas saudáveis e doentes por meio de técnicas de aprendizado de máquina (*K-Nearest Neighbour Random Forest e Convolutional Network Network* (U-net)). A metodologia proposta mostra que a média da medida F, usada para avaliar o desempenho, foi maior para a rede U com segmentação manual, porém ainda há a necessidade de obter-se um maior conjunto de dados rotulados para melhorar a fase de aprendizado do modelo.

Ainda com a contribuição de algoritmos de aprendizado de máquina, Velásquez et al. (2020) propuseram um experimento que inclui um modelo de diagnóstico do estágio de

desenvolvimento de ferrugem na folha do café, por meio da integração tecnológica de Sensoriamento Remoto (câmeras multiespectrais (RGB, infravermelho-próximo e Red Edge embarcadas em drones), Redes de Sensores sem Fio (abordagem multisensor) e técnicas de Deep Learning (Multi-Layer Perceptron (MLP) e Redes Neurais Convolucionais (CNNs)). A avaliação da doença foi semelhante pelo método visual e pela integração tecnológica, podendo-se afirmar que foi possível diagnosticar o estágio de desenvolvimento da ferrugem.

Portanto, como visto nos estudos relatados anteriormente, a pesquisa contínua em todos os níveis (solo, aeronave e satélite), e de forma interdisciplinar, potencialmente levará a avanços nos sistemas de detecção de estresse, colaborando assim, para a quebra das barreiras existentes entre Sensoriamento Remoto e a patologia vegetal (HEIM; CARNEGIE; ZARCO-TEJADA, 2019).

### 3 PERSPECTIVAS FUTURAS

A agricultura tem causado grandes impactos ao meio ambiente, necessitando cada vez mais de insumos para a produção, sendo que os recursos naturais são finitos. Assim, são necessárias novas formas sustentáveis de convívio com a natureza. Para o futuro uso racional dos recursos naturais, o sensoriamento remoto e as geotecnologias podem ser uma solução eficiente para compor as metodologias não destrutivas, menos onerosas e mais sustentáveis (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Um ponto que merece destaque é a necessidade de obter dados sobre padrões espaciais das principais doenças em lavouras. Esses dados devem permitir a identificação de doenças de plantas e os estágios de doenças, com o intuito de potencializar as atividades de controle no tempo e espaço. Para tanto, faz-se necessário sensores de baixo custo, que possam detectar essas doenças (OERKE, 2020).

Além disso, Oerke (2020) afirma que identificar novas doenças no campo pode exigir novos sensores ou a adaptação de sensores existentes para receber novos sinais em espectros que capturem a resposta de compostos orgânicos voláteis. Por exemplo, sensores moldáveis a variáveis tais como: tecido da planta hospedeira, genótipos de patógenos, sintomas de doenças e condições ambientais.

É importante ressaltar que a detecção de uma doença nas plantas não é o suficiente para a proteção das culturas. São indispensáveis novos sensores, capazes de diferenciar doenças ou identificar tipos de doenças em infecções mistas, como por exemplo, o oídio e o míldio, que apresentam sintomas semelhantes na mesma cultura. Estudos voltados a essa área são mínimos, o que torna necessários mais estudos e novos sensores e dados, que serão cruciais na avaliação e comparação entre outros estudos (OERKE, 2020).

Zhang et al. (2019), também corroboram com os desafios anteriores, principalmente quanto a detecção em estágio inicial e também a detecção com precisão de uma doença específica sob condições realistas de campo. Para esta detecção precisa, é necessário, estabelecer uma base de conhecimento (dados) que possa ajudar a diminuir a incerteza no monitoramento. É necessário explorar a possibilidade de transferir modelos de monitoramentos. Para isso, alguns algoritmos de última geração, como algoritmos de aprendizado profundo, podem desempenhar um papel importante nesse processo.

O monitoramento contínuo da dinâmica das doenças ou pragas é outro problema. Para isso, a tendência é a busca de sinergia entre imagens de satélite de alta resolução com imagens de UAV para construir uma série de dados de Sensoriamento Remoto sucessivos. Outro desafio é o compartilhamento de dados e também informações. Para isso, sugere-se mobilizar a coleta de dados durante os processos de cultivo. Assim, é fundamental que os dados agrupados sejam facilmente acessíveis para suportar mineração de dados eficiente e treinamento de modelo com algoritmos sofisticados. Logo, espera-se a configuração de projetos internacionais correspondentes e redes de observação que permitem experimentos, coleta de dados, modelagem e ideias compartilhadas em uma escala continental ou global (ZHANG et al., 2019), para melhoria da detecção de doenças.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sensores remotos possuem diversas finalidades na cafeicultura, mas é na detecção de doenças que esta ciência e técnica pode ser utilizada para prever de forma precoce possíveis danos à cultura, otimizando o rendimento sem depender do uso de defensivos (ALI et al., 2019).

Portanto, o presente trabalho demonstrou por meio de alguns estudos da literatura, o potencial do Sensoriamento Remoto em estudos de doenças na cafeicultura. Porém, a pesquisa requer interdisciplinaridade para acompanhar as tendências/perspectivas e solucionar os desafios impostos.

#### REFERÊNCIAS

ALI, M. M. et al. Non-destructive techniques of detecting plant diseases: A review”. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 2019.

BARBOSA, F. D. **Avaliação de métodos para o monitoramento da qualidade do café**. 2011. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.



CHEMURA, A. et al. Machine learning prediction of coffee rust severity on leaves using spectroradiometer data. **Tropical Plant Pathology**, v. 43, p.117-127, 2018.

CHEMURA, A.; MUTANGA, O.; DUBE, T. Separability of coffee leaf rust infection levels with machine learning methods at Sentinel-2 MSI spectral resolutions. **Precision Agriculture**, v. 18, n. 5, p. 859-881, 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 2, maio. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe> . Acesso em: 01 de ago. de 2021.

FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de textos, 2017. 288 p.

GOGOI, N. K.; DEKA, B.; BORA, L.C. Remote sensing and its use in detection and monitoring plant diseases: A review. **Agricultural Reviews**, v. 39, p. 307-313. 2018.

HEIM, R. H. J.; CARNEGIE, A. J.; ZARCO-TEJADA, P. J. Breaking down barriers between remote sensing and plant pathology. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p. 398-400. 2019.

KATSUHAMA, N. et al. Discrimination of areas infected with coffee leaf rust using a vegetation index. **Remote Sensing Letters**, v. 9, n.12, p. 1186-1194. 2018.

LIAKOS, K. Machine Learning in Agriculture: A Review. **Sensors**, v. 18, n. 8, p. 2674. 2018.

LILLESAND T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. USA: Wiley, 2015. 736 p.

MAHLEIN, A. K. Plant disease detection by imaging sensors—parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. **Plant Disease**, v. 100, n. 2, p. 241-251, 2016.

MARIN, D. B. et al. Multispectral radiometric monitoring of bacterial blight of coffee. **Precision Agriculture**, 2018.

MATIELLO, B. et al. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro-RJ; Varginha-MG: SARC/PROCAFÉ, 2010. 280 p.

MIRANDA, J. R. *et al.* Detection of coffee berry necrosis by digital image processing of landsat 8 oli satellite imagery. **International Journal Of Applied Earth Observation**, v. 85, p. 1-10. 2020.



MOREIRA, M. A. et al. **Uso da geotecnologia para avaliar e monitorar a cafeicultura brasileira: fase I - Estado de Minas Gerais**. São José dos Campos: INPE, 2007.

OERKE, E. C. Remote Sensing of Diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 58 p. 225-252, 2020.

OLIVEIRA, A. J et al. Segmenting and detecting nematode in coffee crops using aerial images. In: **International Conference on Computer Vision Systems**, Thessaloniki, Greece, 2019, p. 274-283.

PIRES, M. S. O.; ALVES, M.C.; POZZA, E. A. Multispectral radiometric characterization of coffee rust epidemic in different irrigation management systems. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 86, p. 102016. 2020.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p.  
SAHOO, R. N.; RAY, S. S; MANJUNATH, K. R. Hyperspectral remote sensing of agriculture. **Current Science**, v. 108, p. 848-859. 2015.

SCHEUNDERS, P.; TUIA, D.; MOSER, G. Contributions of Machine Learning to Remote Sensing Data Analysis. In: Shunlin Liang et al. (Eds). **Comprehensive Remote Sensing**. Amsterdam, *Netherlands*, 2018. p. 199-243.

SILVA, F. M.; ALVES, M. C. **Cafeicultura de Precisão**. Lavras-MG: Editora UFLA, 2013. 227 p.

VELÁSQUEZ, D. et al. A Method for Detecting Coffee Leaf Rust through Wireless Sensor Networks Remote Sensing, and Deep Learning: Case Study of the Caturra Variety in Colombia. **Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 697, 2020.

VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. F. **Doenças do cafeeiro**. Porto Velho, Embrapa Rondônia, p. 281-307. 2015.

VIEIRA R. P. H.; MARCATTI, G. E. Detecção de anomalias na cultura do café utilizando imagens do satélite Sentinel-2. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, 2019.

WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLERC, G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, p. 111402. 2020.

WEST, J. S. et al. Detection of Fungal Diseases Optically and Pathogen Inoculum by Air Sampling. In: Oerke, E. C. et al. (Eds). **Precision Crop Protection - the Challenge and Use of Heterogeneity**. London, 2010, p. 135-149.



ZHANG, J. et al. Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 165, p. 104943. 2019.

# SiRAC



## GERENCIAMENTO DA GEOINFORMAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NA DIRETORIA DE GEOPROCESSAMENTO E CADASTRO URBANO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA

BRUNA ARAUJO CANDEIA<sup>1</sup>, GISELA MIRANDA DE SOUZA ALMEIDA<sup>2</sup>

### RESUMO

A dinâmica das transformações municipais cresce a cada dia, tornando-se cada vez mais difícil para a administração pública o acompanhamento nesse ritmo. Evidenciando a necessidade e importância do uso de ferramentas de planejamento e gestão territorial eficientes. O presente trabalho buscou realizar um panorama geral da situação atual da Diretoria de Geoprocessamento e Cadastro Urbano da Prefeitura Municipal de João Pessoa. Diante do exposto, propôs-se a criação de um Banco de Dados que possibilita a integração de dados e otimiza a geração de informação dando subsídio para a tomada de decisões mais assertivas por parte da administração pública visando potencializar o planejamento e a gestão territorial, além de um Sistema de Informações Geográficas Web que torna a disponibilização de informações entre as diversas divisões da prefeitura uma atividade mais ágil e mais transparente para a população.

**Palavras-chave:** Gestão da informação. Planejamento territorial. Geoprocessamento. Banco de Dados. SIGWeb.

### 1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento da informação é um conceito extremamente difundido na administração de organizações, devido à crescente necessidade de se administrar aspectos humanos e tecnológicos relacionados à informação, e pelo fato de estar diretamente relacionado ao processo de tomada de decisão (BARROS, 2004). Isso ocorre, uma vez que a disposição final e adequada da informação possibilita um fluxo informacional eficaz entre as partes interessadas (PMI, 2017).

Segundo Monteiro e Falsarella (2007), a gestão da informação é considerada um processo cíclico que envolve busca, obtenção, tratamento, agregação de valor, armazenamento, disponibilização, uso e retroalimentação da informação, e no contexto de informação geográfica não é diferente. Contudo, tal gerenciamento tem por finalidade básica fazer com que as informações geradas a partir dos dados coletados cheguem às partes interessadas com qualidade e facilidade de acesso.

Segundo Hubner e Oliveira (2008), uma gestão eficiente dos dados e da informação

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, [bruna.acandeia@gmail.com](mailto:bruna.acandeia@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro - PEC COPPE UFRJ, [giselaalmeida.pecege@gmail.com](mailto:giselaalmeida.pecege@gmail.com)

geográfica está intimamente relacionada com o seu manuseio por parte dos usuários bem como, com a utilização de ferramentas adequadas às necessidades de coleta de dados, distribuição da informação, entre outras ações. Desse modo, as geotecnologias exercem um papel muito importante na geração e disseminação da informação geográfica, além de facilitarem o processo de gestão devido à sua versatilidade em adaptar-se às mais diversas necessidades do usuário. Esse fato, reforça a necessidade e a importância de uma assistência tecnológica capaz de auxiliar esse processo.

Os ambientes computacionais que processam e leem esse tipo de informação são denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e são uma combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos que operam de forma harmônica afim de produzir e analisar informações geográficas (TEIXEIRA; CHRISTOFOLETTI, 1997). Tais sistemas, associados aos recursos de internet são conhecidos como Sistemas de Informações Geográficas Web (SIGWeb), e constituem ferramentas eficientes quando utilizados na gestão da informação, uma vez que, contribuem na organização, estruturação, processamento e interpretação dos dados, de modo que a informação gerada seja confiável e facilmente acessada pelos usuários.

Partindo da necessidade do gerenciamento da informação, administrar aspectos humanos e tecnológicos relacionados à informação, e compreendendo os conceitos de SIG e SIGWeb, pode-se afirmar que o SIGWeb é um sistema moderno, capaz de auxiliar no gerenciamento da informação, além de possibilitar o planejamento das transformações do meio em que se vive de uma forma consciente, precisa e ágil, permitindo o (re)conhecimento do território e desta forma analisar e gerenciar as informações necessárias para um planejamento territorial adequado (BUENO; ARAUJO, 2017).

O planejamento territorial, apresenta-se como uma medida urgente e necessária, uma vez que o crescimento populacional e a consequente expansão dos municípios, sem um planejamento calculado, fazem crescer os problemas sociais e os desequilíbrios ambientais, que resultam na diminuição da qualidade de vida das pessoas, no aumento da degradação ambiental além de comprometer a administração eficiente do território (NOGUEIRA, 2015). Dessa forma, os gestores têm como desafio oferecer uma melhor qualidade de vida à população, garantir a sustentabilidade ambiental e em especial, garantir a eficácia no planejamento e na gestão territorial.

Nessa perspectiva, a presente pesquisa teve por objetivo realizar o gerenciamento da informação através da criação de um Banco de Dados (BD) único e um SIGWeb, em um estudo de caso na Diretoria de Geoprocessamento e Cadastro Urbano (DGCU) da Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP), Paraíba (PB). A partir da criação de um banco de dados



único, capaz de armazenar dados tabulares e dados geográficos, torna-se possível integrar os dados e otimizar a geração de informação dando subsídio para a tomada de decisões mais assertivas por parte da administração pública visando potencializar o planejamento e a gestão territorial, e o SIGWeb torna a disponibilização de informações entre as diversas divisões da prefeitura uma atividade mais ágil, além de mais transparente para a população.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso constitui um método de pesquisa baseado em investigações de um contexto real e por isso representa uma poderosa ferramenta no desenvolvimento de competências e habilidades relativas à resolução de problemas e à tomada de decisão (SPRICIGO, 2014). E nesse contexto, a PMJP, objeto do estudo de caso da presente pesquisa, tipifica um exemplo de desenvolvimento urbano vivenciado em diversas cidades brasileiras onde as observações realizadas trata-se de um reflexo da urbanização intensa e em sua maioria desordenada, uma vez que, poucas foram as cidades brasileiras que receberam um planejamento territorial adequado ao longo dos anos.

Atualmente, a PMJP ainda apresenta um modelo ineficiente de planejamento territorial, diante da falta de integração entre uma visão que considera ao mesmo tempo, o todo, as partes e suas inter-relações, o que significa uma ineficiência quanto à integração e acesso aos dados e às informações. Por essa razão, propôs-se a criação de um BD único aplicado de forma integrada à gestão do município, além de um SIGWeb.

A Diretoria de Geoprocessamento e Cadastro Urbano da PMJP, pelo fato de ser a responsável pelo mapeamento sistemático da cidade, além de gerar e fornecer informações para diversos outros setores do âmbito municipal, as quais subsidiam a tomada de decisões da administração pública, será no objeto de estudo da presente pesquisa. Logo, com o intuito de promover a difusão da informação, a princípio entre as divisões da DGCU da PMJP, foi desenvolvida uma aplicação com acesso a um BD, onde foram cadastradas as entidades tabulares e geográficas. A Figura 1 mostra de forma esquemática o funcionamento do sistema – BD e aplicação, SIGWeb.

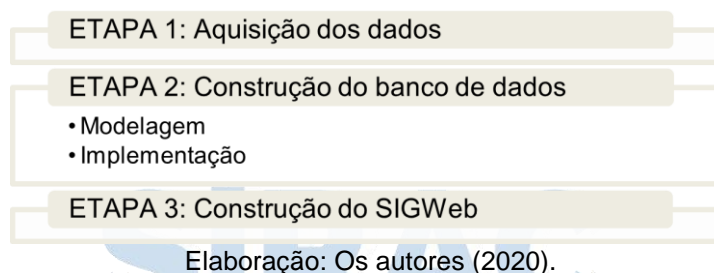
Figura 1 – Fluxo de funcionamento do sistema



Elaboração: Os autores (2020).

Os procedimentos metodológicos para a elaboração da pesquisa seguiram as seguintes etapas (Figura 2):

Figura 2 – Fluxo de funcionamento do sistema



## 2.1 Etapa 1 – aquisição dos dados

A aquisição dos dados se deu junto à DGCU da PMJP, que após uma solicitação formal disponibilizou os dados tabulares e geográficos da região de interesse.

## 2.2 Etapa 2 – construção do banco de dados

A construção do banco de dados consistiu-se em dois processos: Modelagem e Implementação. O processo de Modelagem é subdividido em: (a) Modelo Conceitual, (b) Modelo Lógico, (c) *Object Modeling Technique for Geographic* (OMT-G), e (d) Dicionário de Dados; enquanto o processo de Implementação em: (a) Modelo Físico, (b) Adequação dos dados, e (c) Criação/População.

O banco de dados utilizado foi o PostgreSQL, que é o mais robusto e completo BD livre atualmente, além do módulo PostGIS responsável por atribuir ao PostgreSQL a capacidade de armazenar, recuperar e analisar dados geográficos. O desenvolvimento e administração do banco se deu através do PGAdmin III, plataforma open source que permite a gerenciamento do PostgreSQL em qualquer plataforma e em diferentes sistemas operacionais.

## 2.3 Etapa 3 – construção do SIGWeb

A construção do SIGWeb se deu em dois momentos: Configuração do GeoServer e Implementação do Mapbender.

O GeoServer é um servidor de software com código aberto o qual permite aos usuários

facilidade de uso e suporte durante o compartilhamento e edição de dados geoespaciais de maneira interoperável. Implementado conforme as especificações do Open Geospatial Consortium (OGC), conta com os padrões Web Feature Service (WFS) e Web Coverage Service (WCS), bem como um Web Map Service (WMS) compatível com certificado de alto desempenho (GEOSERVER, 2014).

Os padrões WMS e WFS de acordo com a OGC, fornecem uma interface simples para solicitar imagens de mapas georreferenciadas a partir de um ou mais BD geoespaciais. Uma requisição WMS define a camada geográfica e a área de interesse a ser processada. A resposta à solicitação é uma ou mais imagens de mapa georreferenciadas (retornadas como Joint Pictures Expert Group (JPEG), Portable Network Graphics (PNG), etc.) que podem ser exibidas em um aplicativo de navegador.

Foi através do Geoserver que as tabelas geográficas alocadas no BD tomaram representação informativa através de uma conexão com ele, de modo que apresentasse ao usuário final sua real função.

O Mapbender é uma biblioteca do MapServer. Ela possibilitou total integralização com os serviços do GeoServer, que permitiu assim o desenvolvimento da aplicação.

O Mapbender é uma solução WebGIS de código aberto, projetado para a criação de aplicativos de mapas baseados na web, este software oferece ferramentas poderosas para capturar, visualizar, editar e gerenciar geodados (MAPBENDER, 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A reestruturação do gerenciamento da informação da DGCU da PMJP esteve focalizada na adoção de um ambiente de tecnologias integradas. Nesse contexto, a sistemática adotada foi a construção de um BD para o armazenamento de informações geográficas e tabulares, concomitantemente, e de um SIGWeb para a disponibilização eficiente das informações dentro e fora da prefeitura.

Atualmente, os dados utilizados pela DGCU, encontram-se armazenados em um servidor dedicado à Secretaria de Planejamento, organizados em estrutura de arquivos e sem conectividade entre os dados dos demais setores da prefeitura. Com a construção do BD geográfico torna-se possível o armazenamento de todo e qualquer dado a qual seja necessário, seja ele geográfico ou não. Garantindo assim, a conectividade entre toda a prefeitura.

O acesso, na estrutura atual, se dá através de um gerenciador de arquivos ou através de software SIG. Dessa forma, o arquivo é acessado sem restrição por qualquer usuário com

login de acesso ao sistema operacional. Este modelo de acesso tem causado perdas de trabalhos executados e descontrole quanto à identificação de quem modificou o dado e suas razões. Com o BD o acesso direto aos dados só será permitido aos administradores do banco através de login e senha individuais, sendo possível ainda a implementação de um controle de acesso, o qual registra o login, o IP do computador, o dia, o horário e as modificações realizadas ao BD, além da possibilidade de implementação de uma barreira de acesso, ou seja, caso exista um administrador realizando alguma manutenção direta ao banco, os demais acessos são impedidos.

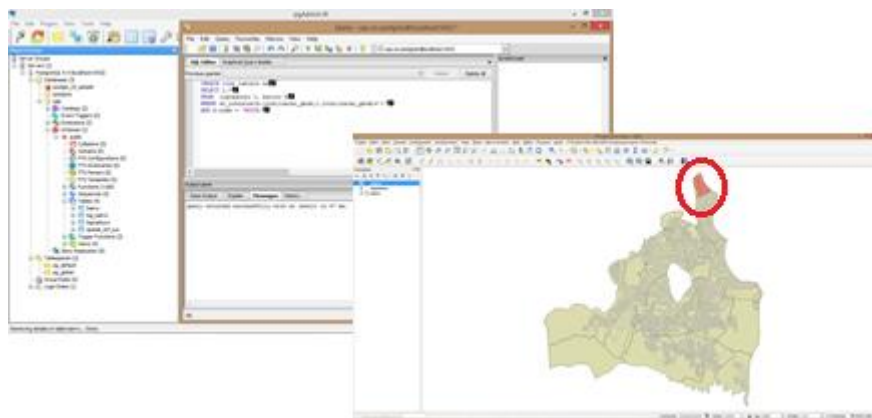
A estrutura proposta pela pesquisa, também garante a viabilidade de um sistema de requisições, ou seja, novos cadastros ou modificações de dados advindas do SIGWeb ficam pendentes até que uma série de verificações, conforme regras pré-configuradas, sejam executadas no BD afim de garantir a consistência das requisições.

Outro fator negativo, na estrutura atual de armazenamento da DGCU, corresponde ao fato de a arquitetura de arquivos utilizada ser do tipo Dual, onde os dados tabulares são armazenados em arquivos de tabelas, e as feições geográficas são armazenadas em arquivos raster ou vetorial, de acordo com a estrutura interna do SIG, o que permite uma ineficiência em relação à gerência de transações, controle de integridade e de concorrência, uma vez que caso ocorra algum erro durante o processamento dos dados ou na consulta de informações, aumenta-se as chances de ocorrer discrepâncias que prejudiquem a correlação entre os dados, e a consequente perda de informações.

O BD desenvolvido garante a conexão com o SIG, o que facilita a administração dos dados, como consequência tem-se em uma melhor gestão dos projetos que envolvem a utilização desses dados. A ineficiência em relação à gerência de transações comentada anteriormente é resolvida, visto que todos os dados agora encontram-se em uma única base. Além disso, uma consulta pode ser realizada no BD e visualizada graficamente no SIG (Figura 3), assim como, inserções, exclusões e modificações dos dados podem ser realizadas através, tanto, do gerenciador do banco como do SIG, deixando a cargo do administrador decidir em qual software a atividade é mais conveniente.



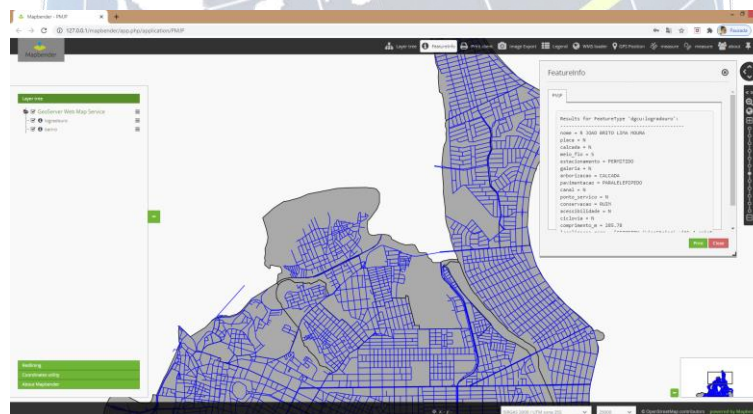
Figura 3 – Consulta geográfica realizada no BD e resposta no SIG



Elaboração: Os autores (2020).

A disponibilização das informações, interna e externa ao ambiente da prefeitura, se deu através da construção do SIGWeb (Figura 4). Onde os mapas são exibidos em camadas e podem ser manipulados através de consultas e exibidos no navegador nativo de qualquer usuário.

Figura 4 – Visão do SIGWeb



Elaboração: Os autores (2020).

Na conjuntura atual da prefeitura, não é possível a realização de nenhuma análise espacial durante a gestão dos projetos fora da DGCU, salvo os casos em que outra secretária solicita os dados da Diretoria e conta com algum profissional em sua equipe que contenha algum conhecimento de geoprocessamento para a realização das manipulações, abaixo nível, ou seja diretamente em um ambiente especializado de SIG.

Situações como estas, não agregam ao universo geral da prefeitura, visto que existe a descentralização dos dados, a exigência de um profissional especializado para a manipulação deles, além da perda de informações geradas, uma vez que serão realizadas análises

específicas e informações e conhecimentos serão gerados e não serão agregados ao sistema para que possam servir de base para projetos futuros no setor de origem ou em outros setores que poderiam se favorecer.

A construção do SIGWeb vai além de prover interfaces de exibição, navegação e consulta dos serviços WMS. É possível a implementação de facilidades que o tornam mais atraente para o gerenciamento de informações, tais como login, busca e compartilhamento de dados, implementação de requisições de cadastro, modificação e exclusão de dados, geração e impressão de relatórios, cadastro de usuário e de grupos, criação de interfaces de usuários personalizadas, e o controle diferenciado dos usuários a cada interface criada.

Além disso, por ser uma aplicação web, possui uma aparência semelhante a qualquer site de compras online, onde o usuário realiza o login, e através de um painel de navegação é possível realizar as operações desejadas. Em outras palavras, é um sistema inclusivo e intuitivo, o qual não exige conhecimentos especializados para a utilização.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram identificados os fatores que dificultavam o andamento das atividades da DGCU da PMJP: armazenamento e acesso aos dados de forma inadequada e obsoleta; inexistência de conectividade dos dados espaciais com a base de dados convencionais.

A implementação das melhorias sugeridas neste trabalho é imprescindível para a gestão da informação e gestão de projetos, dada a importância do estabelecimento de ferramentas que auxiliam diretamente no processo de tomada de decisão na administração pública, com vista a contribuir no planejamento territorial, conservação do meio ambiente e, sobretudo, a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Sugere-se para continuidade do trabalho, a ampliação do modelo e migração completa dos dados da PMJP para o sistema, o desenvolvimento de visões do sistema para outros setores da prefeitura que utilizem da mesma base de dados, o desenvolvimento de uma interface dinâmica portada para sistemas móveis, como Android e iOS, e melhoria e implementação de mais ferramentas, para que outras atividades como solicitação de guias de pagamento do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) por parte dos cidadãos sejam realizadas de forma mais eficaz possível.

## REFERÊNCIAS

Barros, J. A. A. **Gerenciamento e uso da informação aplicada na área de segurança pública do estado de Santa Catarina – um estudo de caso no CIASC**. 2004. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87675>>. Acesso em: mai. 2020.

Bueno, I. C. F.; Araujo, C. Sistemas de informação para gerenciamento de projetos: estudo de caso múltiplo em empresas incubadas na cidade de Uberlândia. **Revista de Gestão e Projetos**, 8(1), p. 16-28, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/gep/article/view/9657>>. Acesso em: mai. 2020.

GeoServer. **GeoServer user manual: Release 2.5.x**. GeoServer, 2014. Disponível em: <<http://demo.geo-solutions.it/share/manual.pdf>>. Acesso em: set. 2020.

Hubner, C. E; Oliveira, F. H. Gestão da geoinformação em implementações multiusuários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2008, Florianópolis. **Anais [...]**. Disponível em: <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQioPLgO3vAhWbGLkGHW7\\_B-AQFjACegQIFBAD&url=http%3A%2F%2Fwww.geolab.faed.udesc.br%2Fpublicacoes%2FCIeice%2Fcobrac2008\\_1.pdf&usg=AOvVaw0UMsjE6JstW1b8wgac4lt7](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQioPLgO3vAhWbGLkGHW7_B-AQFjACegQIFBAD&url=http%3A%2F%2Fwww.geolab.faed.udesc.br%2Fpublicacoes%2FCIeice%2Fcobrac2008_1.pdf&usg=AOvVaw0UMsjE6JstW1b8wgac4lt7)>. Acesso em: mai. 2020.

Mapbender. This is Mapbender. **Mapbender**, 2020. Disponível em: <<https://mapbender.org/en/about-mapbender/>>. Acesso em: set. 2020.

Monteiro, N. A; Falsarella, O. M. Um modelo de gestão da informação para aprendizagem organizacional em projetos empresariais. **Perspectivas em Ciência da Informação**, 12(2), p. 82-97, 2007. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362007000200006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-99362007000200006&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: mai. 2020.

Nogueira, A. C. R. M. **Planejamento e gestão territorial: Uma análise sobre as estratégias de desenvolvimento urbano e ambiental do município de Maricá/RJ**. 2015. Monografia (Especialização em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwioxv7I\\_uzvAhWVILkGHasmACEQFjAAegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.peu.poli.ufrj.br%2Farquivos%2FMonografias%2FAmanda\\_Nogueira.pdf&usg=AOvVaw30LtN6BXkv2Gm4iExrlyMJ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwioxv7I_uzvAhWVILkGHasmACEQFjAAegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.peu.poli.ufrj.br%2Farquivos%2FMonografias%2FAmanda_Nogueira.pdf&usg=AOvVaw30LtN6BXkv2Gm4iExrlyMJ)>. Acesso em: mai. 2020.

Project Management Institute (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 6. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2017.

Spricigo, C. B. **Estudo de caso como abordagem de ensino**. USP, 2014. Disponível em: <<https://www.pucpr.br/wp-content/uploads/2017/10/estudo-de-caso-como-abordagem-de-ensino.pdf>>. Acesso em: mai. 2020.

Teixeira, A. L. A; Christofolletti, A. **Sistemas de informação geográfica; Dicionário ilustrado**. São Paulo: Editora Hucitec, 1997.



## DETECÇÃO DE PALMEIRAS EM IMAGENS AÉREAS COM YOLO E DARKNET

FELIPPE DE OLIVEIRA LIMA<sup>1</sup>, JOSÉ BRUNO SANTOS PINHEIRO<sup>2</sup>, HIDEO ARAKI<sup>3</sup>

### RESUMO

O consumo global de óleo de palma vem crescendo nos últimos anos passando de 22.5 milhões de toneladas em 2010 para 40 milhões de toneladas em 2020. O aumento é devido ao uso do óleo da palma em diversas finalidades econômicas como farmacêutica, cosmética, dentre muitas outras. O número exato de palmeiras em uma área de plantio é uma importante informação para monitoramento e controle para prever a produtividade. Nesse trabalho, propõe-se a verificar se técnica *You Only Look Once* (YOLO) pode ser utilizada para detecção de palmeiras através de imagens aéreas. Foi utilizado um conjunto de imagens de palmeiras para a realização do treinamento. Para o processamento, usou-se os arquivos oriundos da YOLOv4 em conjunto com a arquitetura Darknet (mesmo nome do framework) dentro do ambiente do Google Colab. No total, foram utilizadas 3500 imagens de treinamento e 500 imagens de validação para o teste do modelo. Ao todo, foram realizadas 2.800 épocas na fase de treinamento com um *Mean Average Precision* (MAP) de 85,49%.

**Palavras-chave:** Detecção de objetos; Palmeiras; *Deep Learning*.

### 1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem profunda (*Deep Learning*, em inglês) tem sido amplamente aplicada para detecção de objetos devido ao seu sucesso na extração de padrões em imagens. Cada vez mais técnicas e arquiteturas são empregadas para a identificação de objetos com o objetivo de melhoria de acurácia e redução de tempo de processamento.

Diferentes conjuntos de dados são aplicados no campo da visão computacional para o treinamento em *Deep Learning* (DL). Para se construir um modelo de aprendizado robusto para visão computacional, é necessário aplicar conjuntos de dados de alta qualidade na fase de treinamento. Alguns desses conjuntos de dados são amplamente aplicados como o CIFAR-10. Este conjunto de dados possui 60.000 imagens em 10 diferentes classes. Outro exemplo é o *dataset* MPII Human Pose. Possui cerca de 25 mil imagens contendo mais de 40 mil pessoas com articulações corporais anotadas com imagens extraídas diretamente de vídeos do YouTube. O Quadro 1 mostra um resumo dos dados dos principais *datasets*.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, [felippeufrj94@gmail.com](mailto:felippeufrj94@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, [jbrunopinheiro@hotmail.com](mailto:jbrunopinheiro@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, [araki.hideo@gmail.com](mailto:araki.hideo@gmail.com)



**Quadro 1** - Comparativo dos principais *datasets* em visão computacional para detecção de objetos.

Dataset	Exemplos de Classes	Quantidade de Classes	Número de Imagens	Dimensão das Imagens (pixels)
VOC	Pessoa, gato, cachorro, carro e cadeira.	20	11.530	500 x 334
ImageNet	Avião, pássaro, carro, cadeira e capacete	200	1.200.000	64 x 64
COCO	Faca, cachorro, cavalo, barco e bicicleta	80	123.287	Variado
CIFAR – 10	Gato, veado, cavalo, cachorro e caminhão.	10	60.000	32 x 32
MPPI Humam Pose	Exercícios de condicionamento, esportes e atividades domésticas	410	25.000	200 x 200

Fonte: Autoria própria.

Antes do advento do DL, o procedimento padrão de detecção de objetos dentro do campo da visão computacional era feito em três diferentes passos: (i) detecção da região de interesse, (ii) extração de características das regiões/alvos e (iii) implementação de um classificador supervisionado. Esse procedimento metodológico, apesar de mostrar bons resultados, a maioria das vezes é incapaz de apresentarem melhorias (Pham et al., 2020).

O campo da visão computacional é uma área da inteligência artificial que tem como objetivo interpretar informações a partir de imagens. Assim, a tarefa de detecção de objetos consiste em determinar o local na imagem onde um determinado alvo está presente, bem como classificar esses objetos. Ou seja, localizar o objeto junto com a classe é chamado de detecção de objetos. Nesse sentido, a técnica *You Only Look Once* (YOLO) é um tipo de técnica para detecção.

A ideia principal da técnica YOLO é otimizar o cálculo de previsões em várias posições da imagem de entrada sem utilizar o método de janelas deslizantes (ZAFAR et al., 2018). A YOLO, faz todo o processo com uma rede única, como indica o nome. Ela divide a imagem em uma grade  $S \times S$  e cada grade faz a previsão de um determinado número de caixas delimitadoras com 4 componentes: as coordenadas (bx, by) representam o centro da caixa, em relação à localização da célula da grade, as dimensões da caixa (bw, by), probabilidade de existir um objeto dentro da caixa delimitadora (pc) e a classe (c) correspondente ao objeto (HUANG; PEDOEEM; CHEN, 2018).

Independentemente do número de caixas delimitadoras encontradas, ela detecta apenas um objeto e prevê uma probabilidade condicional por classe. As caixas delimitadoras na representação vão ter a espessura modificada de acordo com o seu grau de confiança de detecção de um objeto (REDMON et al., 2016).

A YOLO é capaz de contribuir com o desenvolvimento do campo de detecção de objetos associado a imagens aéreas de alta resolução, apesar de detecções erradas ou com baixa acurácia ainda acontecerem devido ao tamanho dos objetos em relação a resolução espacial

(objetos pequenos) e uma base de dados para treinamento ser pequena e limitada. Em geral, a detecção de um determinado objeto depende da correspondente base de dados de imagens de treino para uma melhor performance da detecção.

Entretanto, poucos conjuntos de dados estão disponíveis relativos a imagens aéreas, como o *Vehicle Aerial Imaging from Drone* (VAID) que contém mais de 6.000 imagens aéreas de diferentes ângulos, iluminações e tipos de veículos (LIN; TU; LI, 2020). Além do mais, devido a variações de sombra, iluminação e altura de voo, a detecção de objetos por imagens aéreas continua a ser um problema desafiador.

Hoeser e Bachofer (2020) fizeram um levantamento de dados de aplicações, técnicas e arquiteturas de redes neurais convolucionais sobre trabalhos aplicando DL no âmbito do sensoriamento remoto. No total foram levantados um total de 429 trabalhos divididos em aplicações distintas como agricultura, mudança de uso e cobertura da terra e transporte. Pode ser notado que dentre as principais aplicações, a área de transporte se sobressai com aproximadamente 27% dos estudos. Por outro lado, menos de 10% dos trabalhos são aplicados em agricultura. No total, apenas aproximadamente 1% foi aplicado em palmeiras no levantamento do artigo até o ano de 2019.

Devido a aplicações na esfera da detecção, o presente projeto pretende contribuir para a construção de uma abordagem metodológica para a detecção de palmeira-de-dendê a partir da técnica YOLO v4, tendo como resultado uma detecção automática baseada em DL servindo de suporte e tendo como consequência o melhoramento no gerenciamento na produção de palmeiras.

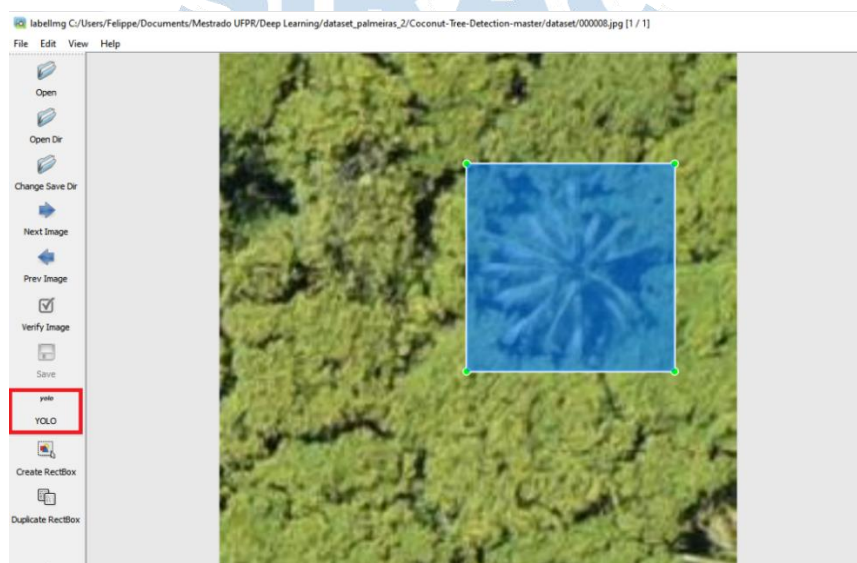
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados para o treinamento do modelo envolve primeiramente a ferramenta Labellmg, disponível em repositório no GitHub. Rotular uma imagem é a primeira parte e mais significativa para a detecção de objetos. A rotulagem é um processo lento e manual, mas quanto mais for feita de maneira precisa e rigorosa, melhor será o modelo.

O conjunto de dados foi dividido inicialmente em 3.500 imagens de treinamento e 500 imagens para validação obtidas a partir de divisões iguais de uma única imagem da região de estudo. Cada imagem possui o tamanho de 224 x 224 pixels e possui um arquivo correspondente com a anotação de cada palmeira catalogada contida na imagem. Todo o processamento foi gerado no Google Colab e os produtos gerados foram armazenados no serviço Google Drive.

Alguns cuidados devem ser tomados para a coleta de imagens para a criação do conjunto de dados (*datasets*). A parte manual não se limita a apenas a coletas de imagens de forma aleatória, é necessário um trabalho de padronização dos tamanhos das imagens para que se tenham dimensões iguais e de um tamanho que comporte o treinamento de acordo com a técnica. Assim sendo, as imagens devem ser catalogadas de formas diferentes, não agregando valor imagens repetidas. Se deve também realizar a rotação dos objetos alvos para uma melhor generalização dos dados. A Figura 1 mostra o ambiente da ferramenta Labellmg.

**Figura 1** - Ambiente da ferramenta Labellmg



Fonte: Autoria própria.

Para a utilização do framework Darknet é necessário realizar o download do framework de mesmo nome e que pode ser obtido na página no endereço eletrônico em <https://github.com/AlexeyAB/Darknet>.

Um ponto importante para a agilidade no processo dos dados é utilizar a GPU do Google Colab. Tendo em vista o difícil acesso de computadores de alta capacidade de processamento de dados, o Google Colab surge como opção com acesso gratuito as GPUs com uma simples configuração interna. Assim, se torna mais ágil o desempenho do processamento em cálculos avançados de DL.

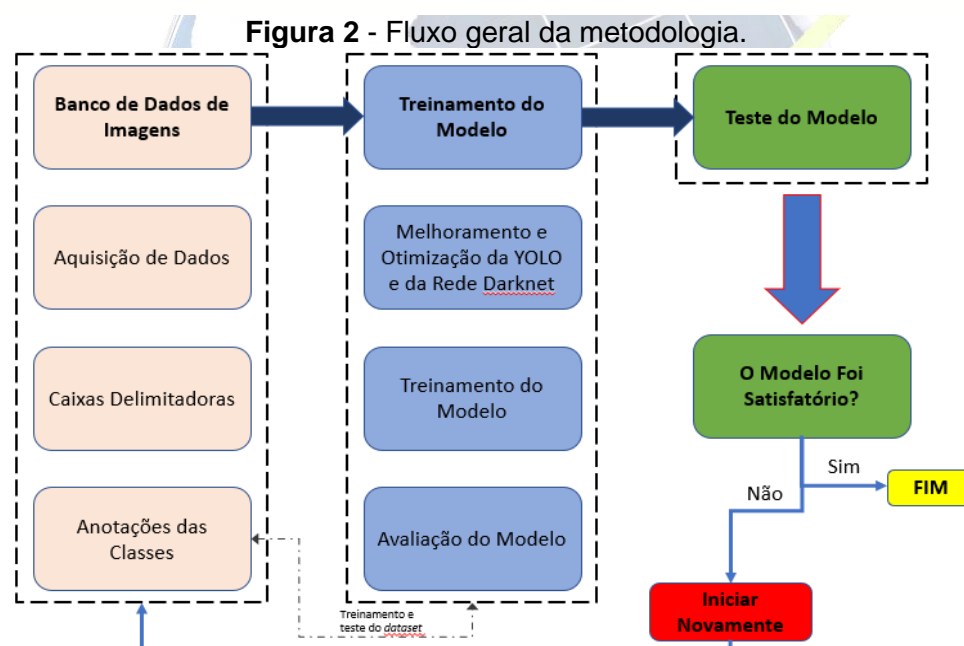
As bibliotecas utilizadas para o processamento dos dados envolveram a visualização dos dados, conexão com o google drive e bibliotecas de aprendizagem de máquina. A seguir são listadas as bibliotecas importadas no processamento:

- Tensorflow – utilização da GPU;

- Google Drive – armazenamento dos dados de entrada;
- OpenCV – visualização da imagem gerada com a detecção;
- Matplotlib – plotagem da imagem para visualização.

A presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um sistema de detecção automatizado aplicado no sensoriamento remoto para detecção de palmeiras e que seja capaz de caracterizar as particularidades dos alvos de estudo em imagens na faixa do RGB e testar a qualidade do treinamento.

O modelo de detecção das palmeiras foi desenvolvido em três etapas principais (Figura 2). Em primeiro lugar, foi criado um *dataset* com as imagens das palmeiras em imagens aéreas de alta resolução. Os objetos (palmeiras) foram anotados através de caixas delimitadoras nas suas respectivas classes. Em seguida, a rede YOLO foi treinada e otimizada nos dados desenvolvidos. A cada 100 etapas de treinamento, as métricas de avaliação foram calculadas para validar o desempenho da detecção. Finalmente, o melhor conjunto de peso foi selecionado para a detecção de palmeiras a partir de imagens aéreas de alta resolução.



Fonte: Autoria própria.

A primeira parte do fluxo metodológico se refere a preparação dos dados de entrada para o treinamento da rede. É necessário um banco de imagens de resolução adequada para atender a detecção de palmeiras. As caixas delimitadoras são feitas pelo operador de forma manual, fazendo a delimitação dos alvos de interesse e anotando a(s) classe(s) correspondentes.



A segunda parte do processo se refere ao treinamento em si do modelo. O Google Colab permite uma conexão com o google drive onde os dados podem ser armazenados. Portanto, o treinamento é feito com o YOLOv4 em conjunto com os dados do Darknet armazenados na nuvem.

A terceira e última parte do processo se faz pela verificação do conjunto de dados de teste. Após o treinamento, pode-se testar e visualizar em uma imagem de mesmas características, utilizando o OpenCV, que fazem parte do conjunto de teste (validação). Isso fornecerá o resultado visual da detecção através de caixas delimitadoras nas palmeiras. Além disso, a avaliação será feita através das métricas e do score da caixa delimitadora, fornecendo a probabilidade de uma palmeira ter sido encontrada de forma correta.

Uma das métricas importantes para avaliação é o Intersection Over Union (IoU). Esta métrica mede a sobreposição entre dois limites. No caso da detecção de objetos, usa-se para medir o quanto a caixa delimitadora prevista se sobrepõe sobre a caixa delimitadora real (PADILLA; NETTO; DA SILVA, 2020). O valor 1 (100%) seria a condição perfeita, porém esse valor é quase impossível, pois a métrica vai penalizar qualquer deslocamento da imagem.

O treinamento com a YOLO utilizando a rede neural profunda, cuja arquitetura é chamada de Darknet, necessita de modificações de alguns arquivos que são adquiridos a partir do descarregamento dos seus dados a partir da sua página do GitHub. A mudança é necessária, pois os arquivos estão com as configurações padrões, sendo preciso mudar para cada dado personalizado.

Para ser realizado um treinamento com um bom desempenho, é necessário que se tenha um conjunto numeroso de imagens para realizar o treinamento. Porém, o número de imagens ainda é incerto e varia para cada caso específico. Li et al. (2020) em seu trabalho para detecção de objetos a partir de imagens orbitais, utilizou mais de 23.000 imagens para 20 classes. Já Xia et al. (2018) utiliza 2.806 imagens, porém com mais de 188.000 caixas delimitadoras. Portanto, a quantidade de imagens e objetos variam para cada estudo, sendo importante conseguir o maior número de objetos detectáveis possível.

A próxima etapa para o treinamento é a configuração do arquivo da rede neural (cgg) para ajustar ao modelo o conjunto de dados. Após a configuração da rede e de todo o conjunto de dados necessários mencionados anteriormente, existe uma necessidade de um processo de *transfer learning* para o processamento inicial e geração dos primeiros pesos da rede. O arquivo de pesos nessa fase é o yolov4.conv.137 obtido através do repositório do Darknet no site GitHub.

Para as 100 primeiras épocas é comum ter uma perda média (*average loss*) alta, pois o treinamento ainda está no início. Para cada conjunto de dados o valor ideal de perda média

irá variar. O valor médio é 3 para dados mais complexos, porém a medida dependerá de diversas variáveis do treinamento (tamanho do conjunto de dados e quantidade de anotações).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A detecção de objetos através da YOLO em conjunto com sua CNN, chamado de Darknet, mostrou resultados satisfatórios de acordo com as métricas de avaliação e resultados visuais na detecção de palmeiras como F1-Score (80%) e o Recall em 89%.

Foram realizadas 2.800 épocas de treinamento com um MAP final em 85%. A Tabela 1 mostra os resultados finais detalhados das métricas de avaliação da YOLOv4. Estes resultados de detecção mostram que o método proposto é eficaz para a detecção de palmeiras.

**Tabela 1 - Resultados de detecção da YOLOv4**

Métrica de Avaliação	Valor
Precisão	0,74
Recall	0,89
MAP	0,85
F1-Score	0,80
IOU	0,53
Avg. Loss	2,94

Fonte: Autoria própria.

Outro ponto a se destacar no treinamento é a evolução temporal durante as épocas que não mostrou sinal de *overfitting*, ou seja, o treinamento ainda poderia ser continuado observando o valor do MAP para prever melhorias do treinamento. As Figuras 3 e 4 mostram os resultados da detecção de palmeiras com suas caixas delimitadoras.

**Figura 3 - Detecção de palmeiras com Yolov4 (Área 1)**



Fonte: Autoria própria.



**Figura 4 - Detecção de palmeiras com Yolov4 (Área 2)**



Fonte: Autoria própria.

Em ambas das imagens os *scores* de probabilidade foram definidos com um valor mínimo de limiar de 30%. O que pode ser observado é que algumas palmeiras apenas aparecem em parte da imagem e mesmo assim o detector consegue identificar o alvo. O IoU (53%) apresentou resultados intermediários, mas um aumento número de épocas e generalização dos dados pode ser melhor o seu resultado. Entretanto as outras métricas de avaliação mostraram resultados satisfatórios na acurácia geral da rede treinada.

## 4 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, foi introduzido um conjunto de imagens aéreas para a avaliação da técnica YOLOv4 em conjunto com a Darknet para a detecção de palmeiras. O conjunto de dados possui 3.500 imagens de treinamento e 500 de validação capturadas em uma única condição de iluminação e altura de voo. A YOLOv4 foi capaz de interpretar características das palmeiras em regiões com outras árvores de mesma tonalidade de cor contidas na imagem. Outro aspecto positivo foi a detecção de palmeiras que estão visíveis parcialmente na imagem, concluindo que o treinamento foi eficaz em detectar o formato e as características da copa.

A generalização dos dados é algo importante em estudos de detecção de objetos em imagens aéreas, portanto, futuramente o conjunto de dados precisa ser aperfeiçoado para se adequar melhor em outras áreas e em diferentes situações.

## REFERÊNCIAS

HOESER, Thorsten; BACHOFER, Felix; KUENZER, Claudia. Object detection and image segmentation with deep learning on Earth observation data: A review—Part II: Applications. **Remote Sensing**, v. 12, n. 18, p. 3053, 2020.

HUANG, Rachel; PEDOEEM, Jonathan; CHEN, Cuixian. YOLO-LITE: a real-time object detection algorithm optimized for non-GPU computers. In: **2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)**. IEEE, 2018. p. 2503-2510.

LI, Ke et al. Object detection in optical remote sensing images: A survey and a new benchmark. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 159, p. 296-307, 2020.

LIN, Huei-Yung; TU, Kai-Chun; LI, Chih-Yi. VAID: An Aerial Image Dataset for Vehicle Detection and Classification. **IEEE Access**, v. 8, p. 212209-212219, 2020.

PADILLA, Rafael; NETTO, Sergio L.; DA SILVA, Eduardo AB. A survey on performance metrics for object-detection algorithms. In: **2020 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)**. IEEE, 2020. p. 237-242.

PHAM, Minh-Tan et al. YOLO-Fine: One-stage detector of small objects under various backgrounds in remote sensing images. **Remote Sensing**, v. 12, n. 15, p. 2501, 2020.

REDMON, Joseph et al. You only look once: Unified, real-time object detection. In: **Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition**. 2016. p. 779-788.

XIA, Gui-Song et al. DOTA: A large-scale dataset for object detection in aerial images. In: **Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. 2018. p. 3974-3983.

ZAFAR, Iffat; TZANIDOU, Giounona; BURTON, Richard; PATEL, Nimesh; ARAUJO LEONARDO. Hands-On Convolutional Neural Networks with TensorFlow: Solve Computer Vision Problems with modeling in TensorFlow and Python. Packt, 2018. 274 p.





# SiRAC

