



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21d/2026/09.04.17.53.23

## **Livro de Resumos do SICINPE 2026**

**Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em  
Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE**

**10 a 14 de agosto de 2026**

URL do documento original:  
<http://urlib.net/ibi/8JMKD2USPTW34P/4GDATJE>

INPE  
Online, São José dos Campos, SP  
2026

**PUBLICADO POR:**

Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
CEP 12.227-010 - São José dos Campos - SP - Brasil  
Tel.: (012) 3208-6923/7771  
E-mail: [pubtc@inpe.br](mailto:pubtc@inpe.br)

**COORDENAÇÃO GERAL DO PIBIC/ PIBIC-EM/PIBITI:**

Joaquim Pedro Barreto  
Divisão de Fomento a Pesquisa e Desenvolvimento (DIFPD)

**COMITÊ INTERNO DO PIBIC:**

Edésio Hernane Paulicena  
Elton Kleiton Albuquerque de Almeida  
Ely Vieira Cortez  
José Roberto Cecatto  
Rafael Lopes Costa  
Simone Marilene Sievert da Costa Coelho

**COMITÊ INTERNO DO PIBITI/PIBIC-EM:**

Erica Freire Antunes  
Eugênio Sper de Almeida  
Mario Eugenio Saturno  
Paulo Augusto Sobral Escada  
Roman Ivanovitch Savonov  
Rosio Del Pilar Camayo-Maita  
Viviane Regina Algarve

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Gerald Jean Francis Banon

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA / EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Ivone Martins  
Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21d/2026/09.04.17.53.23

## **Livro de Resumos do SICINPE 2026**

**Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em  
Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE**

**10 a 14 de agosto de 2026**

URL do documento original:

<http://urlib.net/ibi/8JMKD2USPTW34P/4GDATJE>

INPE  
Online, São José dos Campos, SP  
2026



#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Cutter: S52      Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE (SICINPE) (2026: São José dos Campos, SP).

Livro de Resumos do Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE (SICINPE), São José dos Campos, SP, 10 a 14 de agosto de 2026, *online*. Editado por Ivone Martins, Divisão de Biblioteca (DIBIB), São José dos Campos, SP: MCTI/INPE, 2026.

xii + 112 p.

Organização: Divisão de Fomento a Pesquisa e Desenvolvimento (DIFPD) da Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

1. Anais do SICINPE. 2. Iniciação Científica. 3. Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. 4. PIBIC/PIBIC-EM/PIBITI. 5. Bolsa CNPq. I. Título.

CDU: 5/6(048.3)

## **AGRADECIMENTOS**

A CIBIC/INPE (Comissão Interna de Bolsas de Iniciação Científica do INPE), Comitê Organizador do SICINPE 2026, agradece à Direção, à Coordenação do Gabinete (COGAB) e à Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela promoção deste evento.

Nossos agradecimentos ao pessoal de apoio e secretarias, que de alguma forma colaboraram para a boa consecução do evento.

Nosso muito obrigado a todos os bolsistas, orientadores e coorientadores do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e do PIBIC-EM (Ensino Médio), bem como do Programa Institucional de Bolsas de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) pela dedicação, colaboração e amizade durante um ano intenso de trabalhos, que nos ajudou a conhecer melhor nossa Instituição e nos permitiu dar nossa modesta contribuição para o avanço e a difusão do conhecimento científico no País.

Finalizando, um agradecimento especial aos membros do Comitê Externo, aos Avaliadores e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela manutenção dos bolsistas e por todo o apoio recebido durante sua gestão.

Joaquim Pedro Barreto  
Coordenador Institucional do PIBIC/PIBIC-EM/PIBITI  
Divisão de Fomento a Pesquisa e Desenvolvimento (DIFPD)



## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                                 | Pág.     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                                                          | <b>1</b> |
| <b>AGATHA GONÇALVES MACHADO</b><br>Pesquisa de possível evidência, em parâmetros magnéticos de regiões ativas solares, relacionada à ocorrência futura de fenômenos energéticos solares.....                    | 3        |
| <b>ALINE SILVA MOURÃO</b><br>Estudo da eletrodinâmica da região e ionosférica baseado em dados de ionossondas e magnetômetros para aplicação no monitoramento e previsão do clima espacial.....                 | 4        |
| <b>ANA BEATRIZ AMARAL SILVA</b><br>Influência das ondas de calor na concentração de material particulado e queimadas do Cerrado.....                                                                            | 6        |
| <b>ANA CLARA DE LARA MAIA</b><br>Métodos para a classificação de imagens de alta resolução espacial como subsídio para a caracterização de paisagens de risco ambiental e de saúde da Amazônia e semiárido..... | 7        |
| <b>ANA CLARA FARIA ANDRIOLLO</b><br>Análise de vídeos de raios filmados por câmeras especiais.....                                                                                                              | 9        |
| <b>ANDRÉ QUINTINO EVANGELISTA DUARTE</b><br>Análise dos determinantes socioambientais da malária na Amazônia Legal.....                                                                                         | 10       |
| <b>ANDRESSA FERREIRA DA SILVA</b><br>Detecção de anomalias em dados solares com LSTM-autoencoder: aplicações ao clima espacial com dados do SDO e Parker Solar Probe.....                                       | 11       |
| <b>ANNA BEATRIZ SILVA ALVES</b><br>Medida de fluxo de GEE do solo em ambientes com diferentes coberturas vegetais no Estado de São Paulo.....                                                                   | 13       |

**ARTHUR BISPO DA SILVA**

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Estudo da variação dos parâmetros de anodização de ligas alumínio relacionada a absorção do espectro eletromagnético..... | 15 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**ARTHUR HANIEL DE SOUZA DIAS**

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Melhorias nos métodos de ajustes de parâmetros..... | 17 |
|-----------------------------------------------------|----|

**BEATRIZ LINA IRITA**

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Análise da sensibilidade do modelo WRF a partir do uso de diferentes parametrizações de superfície na Ilha Pinguim, Antártica..... | 18 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**BEATRIZ MIE CADAMURO SUGANUMA**

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Uso potencial do Lightning Jump no tempo médio de antecipação à ocorrência de tempo severo (granizo) em superfície no Estado de Santa Catarina..... | 19 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**BRENNDHOM NATHAN KLARCK RIFE MACAULEY MENEZES CUNHA**

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Aplicação do software de rastreamento TATHU para sistemas convectivos com eventos de ocorrência de granizo no Estado de Santa Catarina..... | 20 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**BRUNA PARISI HILSDORF**

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Resposta da magnetosfera a eventos extremos..... | 21 |
|--------------------------------------------------|----|

**CAMILA INHESTA VIELL**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Recursos de acessibilidade para divulgação da astronomia..... | 23 |
|---------------------------------------------------------------|----|

**CLARA GALACHO PIMENTEL EMMERICH GOMES LEAL**

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Análise de tendências de índices de extremos climáticos em reservatórios de abastecimento público do semiárido..... | 24 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**CLARA PERES DO NASCIMENTO**

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Monitoramento das condições ambientais através de sensores de baixo custo em ambiente escolar..... | 26 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**CLÁUDIO DE OLIVEIRA DUARTE**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Previsão sazonal e regionalização de variáveis climáticas no Brasil com utilização de inteligência artificial..... | 27 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**CRISLAINE DE PAULA AGOSTINHO**

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Climatologia sinótica de eventos extremos de chuva no Estado do Paraná..... | 29 |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|

**DÉBORA RODRIGUES BEZERRA SANTOS**

Geotecnologias aplicadas à análise da dinâmica de uso e ocupação do solo no bioma Caatinga..... 30

**EDUARDO RIBEIRO DO AMPARO RODRIGUES DE SOUZA**

Ferramenta de descoberta e exploração de dados ambientais com respostas a Prompts utilizando modelos de linguagens avançados..... 31

**ÉGON HENRIQUE DE MIRANDA**

Análises espaciais e produção de mapas temáticos vinculados ao projeto Brindging Values..... 33

**ELIAS DE VARGAS BECKER**

Comparação da densidade eletrônica na camada F da ionosfera terrestre obtida pelo satélite SWARM-A e valores previstos pelo modelo IRI..... 34

**EMANUELA GARNEVI MARQUES**

Estudo da variabilidade climática na costa do Sudeste do Brasil..... 35

**FELIPE EDUARDO CEZARINI**

Aplicação de análise de cluster na classificação da gestão de riscos e desastres nos municípios brasileiros..... 37

**FELIPE VIEIRA**

Estratégias para reestruturação, desenvolvimento científico e tecnológico no gerenciamento de base de dados integrados ao portal WEB da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV) da Ciências da Terra..... 38

**GEISIANE DA ROCHA SARMENTO**

Variabilidade sazonal do ozônio estratosférico e sua relação com a precipitação de partículas sobre a anomalia magnética da América do Sul..... 39

**GIOVANNA APARECIDA FERREIRA MAFRA**

Divulgação científica na meteorologia: o combate à desinformação meteorológica 41

**GUILHERME OLIVEIRA DA SILVA**

Desenvolvimento de membrana trocadora de íons e eletrodos para célula a combustível: caracterização da Nafion 117 como membrana trocadora de prótons em sistemas a etanol..... 42

**GUILHERME YOKOTA SATO**

Modernização da infraestrutura de dados geoespaciais do LabISA: refatoração do banco PostGIS e catálogo de metadados EnMAP..... 43

**ÍRIS PARAGUAY SILVA**

Avaliação da qualidade do ar no Estado de São Paulo: uma análise comparativa entre o ano de 2024 e o período de 2019-2023..... 44

**JOÃO CARLOS DOS SANTOS SILVA**

Avaliação das previsões subsazonais do início da estação chuvosa na região central do Brasil..... 46

**JOÃO GABRIEL SANT'ANA RODRIGUES**

Modulação de raios cósmicos pela atividade solar..... 47

**JOÃO RAFAEL DE SOUZA DANTAS**

Determinação da coluna total de ozônio e índice de UV utilizando espectrofotômetro Brewer..... 48

**JOÃO VITOR BATISTA SILVA**

Estudo comparativo entre métodos de medição da irradiância solar difusa aplicados ao levantamento de recurso solar em Natal (RN)..... 49

**JORGE CAMASMIE NUNES**

Estimativa e representação do campo geoeletrico induzido por tempestades magnéticas..... 50

**JORGE DARIO SOARES ANGULO**

Estudo dos métodos de previsão para aplicação no clima espacial..... 51

**JOSÉ MATEUS ROCHA SILVA**

Estudo da física dos raios com câmera de alta velocidade..... 52

**JÚLIA HARUE KATSURAYAMA**

Desenvolvimento de circuito eletrônico para radiômetros compactos..... 53

**JÚLIA LIMA SIQUEIRA**

Desenvolvimento de catalisadores à base de óxidos suportados em alumina para emprego em sistemas propulsivos líquidos..... 54

**JÚLIA TEIXEIRA SANTOS**

Avaliação dos impactos na saúde relacionados ao calor: comparação de diferentes definições de onda de calor..... 55

**JULIANA MARIA RIBEIRO JACINTO**

Projeto educação - extensão educacional, ambiental, científica e tecnológica em parcerias com instituições e universidades e divulgação..... 57

|                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>KARINE VICTORIA AMARAL BARBOSA</b>                                                                                                                                                                                                                  |    |
| Análise de dados para a busca por sinais transientes de ondas gravitacionais.....                                                                                                                                                                      | 58 |
| <b>KAUE PADILHA DE SOUZA</b>                                                                                                                                                                                                                           |    |
| Caracterização da química atmosférica na Amazônia com base em observações aéreas no projeto CAFE-BRASIL.....                                                                                                                                           | 59 |
| <b>KEMILLY SEIBEL DOS SANTOS</b>                                                                                                                                                                                                                       |    |
| Mecanismos de aceleração de elétrons na magnetosfera.....                                                                                                                                                                                              | 61 |
| <b>LAURA HÜBNER TESSARI BRAZ</b>                                                                                                                                                                                                                       |    |
| Calibração de dados de radares meteorológicos para aplicações em monitoramento da precipitação.....                                                                                                                                                    | 63 |
| <b>LETÍCIA HAGUENAUER SCAFFA FALCÃO</b>                                                                                                                                                                                                                |    |
| Cenários de expansão urbana na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) e na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) para uso em projeções de mudanças climáticas utilizando o modelo ETA em alta resolução..... | 64 |
| <b>LIBNI DE ARAÚJO SILVA</b>                                                                                                                                                                                                                           |    |
| Classificação de nuvens durante um episódio de ZCAS e a relação da nuvem altostratus líquido com a radiação de onda longa e onda curta.....                                                                                                            | 65 |
| <b>LUCAS ALVES CASADO</b>                                                                                                                                                                                                                              |    |
| Caracterização criogênica de materiais para sistemas de isolamento vibracional de detectores de ondas gravitacionais de terceira geração.....                                                                                                          | 66 |
| <b>LUCAS BORGES DA COSTA</b>                                                                                                                                                                                                                           |    |
| Análise do ambiente atmosférico de eventos de tempo severo em Santa Catarina, através de sondagens atmosféricas obtidas a partir do produto NUCAPS do GOES 16.....                                                                                     | 67 |
| <b>LUCAS OLIVEIRA DE MEDEIROS</b>                                                                                                                                                                                                                      |    |
| Geotecnologias e SIG aplicado à cartografia geoambiental no Nordeste do Brasil...                                                                                                                                                                      | 69 |
| <b>LUCAS SOUSA COSTA</b>                                                                                                                                                                                                                               |    |
| Avaliação da acurácia das concentrações de material particulado fino das reanálises CAMS e MERRA-2 no Estado de São Paulo.....                                                                                                                         | 71 |
| <b>LUCAS THEODORO DE SOUZA</b>                                                                                                                                                                                                                         |    |
| Análise quantitativa do comportamento espectral da vegetação do Cerrado sob condições normais ecossistêmicas e de distúrbio.....                                                                                                                       | 72 |

**LUÍSA SOUZA FERREIRA**

Aprimoramento de métodos de classificação de imagens de satélite das áreas de mosaicos de uso do Vale do Paraíba Paulista..... 73

**MARIA CLARA TEIXEIRA DOS SANTOS COSTA**

Estudo da evapotranspiração e trocas de carbono na Amazônia usando dados de torres de fluxo..... 75

**MARIA EDUARDA DIAS PEREIRA**

Tendências espaciais e temporais das emissões por queima de biomassa na América do Sul..... 76

**MARIANA DE LIMA VASCONCELLOS DE SANTANA RIBEIRO**

Geração de dados ambientais com sensores de baixo custo recuperados..... 78

**MATEUS MOTTA BUENO RIBEIRO**

Desenvolvimento de soluções sustentáveis e tecnológicas: Projetos Arduino para aplicações ambientais e científicas..... 79

**MATEUS SIQUEIRA VICHI DE SOUZA**

Desenvolvimento de processo de síntese de green propellants em ambiente de microgravidade..... 80

**MATHEUS JOSÉ GOMES**

Uso de inteligência artificial para categorização de dados meteorológicos e previsão de eventos climáticos extremos..... 82

**MAXSON DANIEL BARBOSA DA SILVA**

Apoio no desenvolvimento de base de dados integrados ao portal WEB da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades do INPE..... 83

**NARLAINE GABRIELLE PEGADO DA TRINDADE**

Construindo nosso mapa municipal visto do espaço: mapeamento da Caatinga do semiárido nordestino com geotecnologia..... 85

**NATHALIA MORAES DESANI**

Utilização de imagens de alta resolução espacial para identificação e caracterização de paisagens de risco de doenças vetoriais no Semiárido..... 86

**NATHAN MAZZON MARQUEZIN**

Simulação magnetohidrodinâmica de tempestades magnéticas..... 87

**PAULO VINÍCIUS MARTINS RODRIGUES**

Folhas, flores e frutos: as cadeias da sociobiodiversidade na trama urbana Amazônica..... 88

**PEDRO HENRIQUE SOARES CESAR**

Estudo da interferometria óptica no desenvolvimento de um sensor de temperatura para um radiômetro de banda Larga..... 89

**PEDRO LUCAS DE MELLO MENDONÇA**

Concentração de material particulado (MP2,5µm) e dióxido de carbono (CO2) aplicadas em sensores de baixo custo: impactos na qualidade do ar e na saúde pública em áreas urbanas..... 90

**PEDRO LUCAS OLIVEIRA SANTOS**

Tendências observadas e projeções futuras de indicadores de extremos climáticos no Sudeste do País..... 91

**PEDRO LUCAS RODRIGUES DE ARAÚJO**

PYSINDA: biblioteca cliente para acesso programático aos dados da plataforma DataSINDA..... 92

**PEDRO PONSE**

Avaliação de mosaicos de imagens gerados através de softwares de processamento de imagens..... 93

**ROBERTA CAMILLY FREITAS DE CARVALHO**

Investigação de fenômenos solares energéticos e desenvolvimento de método para previsão de sua ocorrência..... 95

**SARAH RODRIGUES PREZOTTO**

Análise espectral da variabilidade de dados de temperatura/umidade coletados no sítio experimental do campus do INPE em Cachoeira Paulista..... 96

**THAÍS APARECIDA DA SILVA**

Reconectando rios e cidades: estratégias de adaptação às mudanças climáticas em bacias urbanas..... 97

**THAMIRES DOS SANTOS REGO**

Geotecnologias aplicadas à análise da dinâmica de uso e ocupação do solo no bioma Caatinga..... 98

**VICTOR ALVES GASPAR**

Trajetórias de baixa energia geradas no sistema Terra-Lua direcionadas ao Sistema Joviano..... 99

**VICTOR ANDRÉ DEITOS**

Análise de condições atmosféricas potencialmente associadas à ocorrência de granizo em Santa Catarina..... 100

**VITOR DE MORAES YAMAMOTO**

Síntese química pelo método hidrotérmico assistido por micro-ondas (MAH) para obtenção de Zn – MOF com propriedades para a aplicação como absorvedor de radiação eletromagnética..... 102

**VITOR DE SOUZA SIMÃO PINTO BARBOSA**

Estação meteorológica de baixo custo para educação climática e ambiental..... 104

**VITÓRIA CRISTINE DANIEL FÉLIX**

Programa Educação – Extensão Educacional, Científica e Tecnológica e sua importância na educação meteorológica e ambiental e parcerias com universidades e instituições: influência das variáveis meteorológicas no bem-estar psicológico de docentes..... 105

**YAGO HENRIQUE BARBOSA AVELAR**

Iniciação Científica em divulgação científica sobre tempo, clima e pesquisas do INPE..... 106

**YASMIN COUTINHO LEMOS**

Mapeamento da resiliência a eventos extremos de chuva em comunidades em Santarém – PA..... 107

**YASMIN FIGUEROA DE VASCONCELLOS**

Fluxo iônico na redistribuição hidrológica em floresta de neblina..... 109

**YASMIN NICOLLE MAIA DE AMORIM**

Monitoramento da camada de ozônio estratosférico por sondagens de balões com células eletroquímicas (ECC's)..... 110

**YASMIN SAKADAUSKAS FERREIRA**

Mapeamento de áreas queimadas utilizando séries temporais do sensor WFI e aprendizado de máquina..... 111

## INTRODUÇÃO

Esse volume reúne os 84 resumos dos trabalhos apresentados no SICINPE onde os bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e PIBIC-EM (Ensino Médio), bem como do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI), apresentaram os resultados desenvolvidos nos projetos durante os anos de 2025 e/ou 2026.

O evento foi realizado no formato *online* no período de 10 a 14 de agosto de 2026, e os resumos estão organizados por ordem alfabética dos nomes dos bolsistas.

O foco principal do PIBIC/PIBIC-EM é promover uma ênfase científica aos novos talentos que estão para se formar. Serve como incentivo para se iniciar em pesquisas científicas em todas as áreas de conhecimento. Os projetos de pesquisa nos quais os alunos e as alunas participam devem ter qualidade acadêmica, mérito científico e orientação adequada por um pesquisador qualificado.

O PIBITI visa proporcionar ao bolsista, orientado por pesquisador qualificado, a aprendizagem de técnicas e métodos de pesquisa tecnológica, bem como estimular o desenvolvimento do pensar tecnológico e da criatividade, decorrentes das condições criadas pelo confronto direto com os problemas de pesquisa.

As bolsas dos alunos foram mantidas pelo CNPq.



# **PESQUISA DE POSSÍVEL EVIDÊNCIA, EM PARÂMETROS MAGNÉTICOS DE REGIÕES ATIVAS SOLARES, RELACIONADA À OCORRÊNCIA FUTURA DE FENÔMENOS ENERGÉTICOS SOLARES**

Agatha Gonçalves Machado<sup>1</sup> (IFSP-SPO, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Jose Roberto Cecatto<sup>2</sup> (INPE, Orientador)

## **RESUMO**

Um fenômeno energético solar intenso pode provocar vários efeitos que impactam o ambiente e serviços/sistemas tecnológicos terrestres, sendo exemplos: a interrupção de comunicações por rádio, danos às redes de energia elétrica e até mesmo o risco a astronautas em órbita. Durante os intervalos ativos de um ciclo de atividade solar, aumenta-se o número de fenômenos energéticos - “flares” e ejeções de massa coronal. As explosões solares (ou “flares”) são fenômenos que provocam a liberação de uma grande quantidade de energia ( $10^{24}$  –  $10^{32}$  erg), com emissão de radiação eletromagnética de amplo espectro que atinge a Terra em cerca de 8 minutos. Estes fenômenos ocorrem pela liberação de energia em arcos magnéticos da atmosfera solar, designados regiões ativas (RAs). No presente trabalho, foram analisados os dados de classificação magnética de regiões ativas produtoras de eventos M e X (0,1 - 0,8 nm – GOES), a partir da base de dados do SWPC-NOAA, do período de agosto de 1996 ao início de 2026, buscando evidências precursoras da ocorrência de eventos. Desta forma, foi criada uma base de dados local de até cinco dias prévios e um dia posterior a cada “flare”. A análise preliminar dos dados sugere uma alteração da classificação magnética de uma boa fração das RAs, em termos de complexidade, nos dias analisados, bem como uma distribuição uniforme de eventos em longitude ao longo de todos os ciclos. Também, mostra-se que a maior parte de eventos M, e principalmente X, se originam em regiões ativas de maior complexidade magnética. Além disso, nota-se uma tendência de alternância da predominância de RA entre os hemisférios solares durante os ciclos de atividade analisados. Por fim, a partir do levantamento e análise da frequência e intensidade de eventos M e X em função da distância entre a RA geradora do evento e as demais regiões presentes no disco solar. Resultados preliminares da análise de alguns meses das fases de máximo e decaimento do ciclo 24 sugerem que os eventos M, em maior número, apresentam significativa migração de sua ocorrência em direção a menores distâncias entre RAs, em relação àquela geradora do “flare”, a partir do máximo (2014) ao final do ciclo 24.

Palavras-chave: Sol. Fenômenos energéticos solares. Clima espacial.

---

<sup>1</sup>E-mail: agatha.g@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup>E-mail: jr.cecatto@inpe.br

# **ESTUDO DA ELETRODINÂMICA DA REGIÃO E IONOSFÉRICA BASEADO EM DADOS DE IONOSSONDAS E MAGNETÔMETROS PARA APLICAÇÃO NO MONITORAMENTO E PREVISÃO DO CLIMA ESPACIAL**

Aline Silva Mourão<sup>1</sup> (UNB, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Sony Su Chen<sup>2</sup> (INPE, Orientador)  
Clezio Marcos De Nardin<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)

## **RESUMO**

A ionosfera é a camada da atmosfera terrestre ionizada pela radiação solar, na qual circulam correntes elétricas que respondem tanto a períodos geomagneticamente calmos quanto perturbados. O estudo dessa camada é de particular relevância para o Brasil devido à presença da Anomalia Magnética América do Sul (AMAS), região onde o campo geomagnético apresenta intensidade reduzida, tornando a ionosfera sobre o território nacional mais suscetível a perturbações geomagnéticas. Este trabalho teve como finalidade estudar a eletrodinâmica da região E da ionosfera, com ênfase na corrente elétrica de variação diária calma, utilizando os dados de magnetômetros terrestres. Durante eventos de erupções solares, a eletrodinâmica da ionosfera e suas correntes podem ser alteradas. Nesse estudo foi desenvolvida uma ferramenta para a detecção automática de erupções solares de classes M e X a partir de dados de fluxo de raios-X coletados pelos Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES). A ferramenta identifica o início, o pico e o fim de cada evento a partir das medidas do fluxo de raios-X. Essa detecção permitiu associar, de forma automatizada, cada erupção solar à resposta correspondente da corrente ionosférica, observada indiretamente por meio da rede de magnetômetros do Programa de Estudo e Monitoramento BRAsileiro do Clima Espacial (EMBRACE/INPE). Como estudo de caso, foi analisada a resposta ionosférica a uma erupção solar de classe extrema ocorrida em 10 de setembro de 2017. Os resultados mostraram uma intensificação das correntes ionosféricas, inferida a partir da variação da componente horizontal do campo geomagnético. Esse comportamento foi corroborado por dados de sondadores ionosféricos, que registraram um bloqueio prolongado das comunicações em rádio de alta frequência, com duração superior a uma hora, evidenciando de forma direta a perturbação causada na ionosfera pela erupção solar. Conclui-se que o uso de dados de magnetômetros do INPE como ferramenta indireta permite acompanhar de forma contínua e automatizada o comportamento da corrente ionosférica, representando uma contribuição relevante para o estudo, monitoramento e previsão do clima espacial.

---

<sup>1</sup> E-mail: [aline.mourao@inpe.br](mailto:aline.mourao@inpe.br)

<sup>2</sup> E-mail: [sony.chen@inpe.br](mailto:sony.chen@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [clezio.denardin@inpe.br](mailto:clezio.denardin@inpe.br)

Palavras-chave: Ionosfera. Clima Espacial. Anomalia Magnética da América do Sul. Erupções Solares. Space Weather. South American Magnetic Anomaly. Solar Flares.

# **INFLUÊNCIA DAS ONDAS DE CALOR NA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO E QUEIMADAS NO CERRADO**

**Ana Beatriz Amaral Silva<sup>1</sup> (UNIFEI, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Vanúcia Schumacher<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Fabiano Morelli<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

## **RESUMO**

Este trabalho analisou a ocorrência de ondas de calor no Cerrado entre 2015 e 2024, utilizando dados horários da reanálise ERA5 para calcular a temperatura máxima diária. Os eventos foram identificados como períodos de, no mínimo, três dias consecutivos com temperatura máxima acima do percentil 90 climatológico (P90), calculado para cada ponto da grade a partir da climatologia de 1991-2020. Foram avaliados o número de eventos, a duração, a intensidade, o total de dias sob ondas de calor e a extensão do bioma simultaneamente afetada. Os resultados revelaram variabilidade interanual sem tendências estatisticamente significativas ao longo do período analisado. O ano de 2016 apresentou o maior número médio de eventos (5 eventos) e a maior duração média (6 dias). A maior intensidade média das ondas de calor foi observada em 2023, com (1,5 °C para intens.média ou 4 °C para intens.máxima), enquanto a maior anomalia anual da temperatura máxima correu em 2024. Na escala mensal, o número médio de eventos de ondas de calor apresentou aumento sazonal estatisticamente significativo ( $p=0.031$ ), atingindo um pico em setembro (4 eventos), enquanto a duração média variou entre 4 e 6 dias, sem tendência significativa. A análise espacial indicou maior recorrência de eventos e maior número médio anual de dias sob ondas de calor nas porções norte, nordeste e centro-leste do Cerrado. Em contraste, as maiores durações médias concentraram-se principalmente no centro-sul e sudoeste do bioma, com núcleos localizados também na porção oeste. A máxima área diária afetada por ondas de calor variou entre 10% a 37% do bioma, com o maior valor em 2023. Na escala mensal, a maior abrangência espacial também foi de 37% registrada em novembro. Conclui-se que as ondas de calor apresentam heterogeneidade espacial e temporal no Cerrado. Os resultados obtidos constituem uma base para as próximas etapas do estudo, que investigarão a relação entre ondas de calor, ocorrência de queimadas e aerossóis atmosféricos por meio de análises espaciais e estatísticas.

Palavras-chave: Ondas de calor. Cerrado. Temperatura máxima. AOD. Queimadas.

---

<sup>1</sup> E-mail: d2024006291@unifei.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: vanucia.schumacher@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: fabiano.morelli@inpe.br

# **MÉTODOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL COMO SUBSÍDIO PARA A CARACTERIZAÇÃO DE PAISAGENS DE RISCO AMBIENTAL E DE SAÚDE DA AMAZÔNIA E SEMIÁRIDO**

**Ana Clara de Lara Maia<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Jussara de Oliveira Ortiz<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Maria Isabel Sobral Escada<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

## **RESUMO**

Este estudo se insere nas atividades de pesquisa desenvolvidas pela equipe do LabDrone, laboratório associado ao Laboratório de Investigação de Sistemas Socioambientais (LISS) da DIOTG/INPE. Este trabalho faz parte do projeto Harmonize (<https://www.harmonize-tools.org/about-us/about-the-project>) e tem como objetivo desenvolver metodologias para automatizar a classificação de paisagens de risco de doenças zoonóticas em áreas urbanas, periurbanas e rurais, com o uso de imagens de drone. As análises desenvolvidas na primeira etapa do projeto, visaram obter uma caracterização inicial sobre as paisagens sobrevoadas com drone. Para isso, foi realizada a transcrição, sistematização, organização e espacialização dos dados coletados e registrados em fichas de campo relativas aos voos realizados. A análise foi realizada como complemento do mapeamento de paisagens de risco de doenças, realizado com ortomosaicos obtidos pelo Mavic 3M. As campanhas de campo foram realizadas entre 2023 e 2025, na região do Baixo Tocantins (PA), nos municípios de Mocajuba e Cametá. A região se destaca pelos numerosos casos de doenças zoonóticas como dengue, leishmaniose, doença de Chagas e malária, disseminadas por meio de vetores como mosquitos e barbeiros. Os sobrevoos foram realizados concomitantes com registro de elementos da paisagem e a coleta de informações com moradores de comunidades e de bairros dos municípios de Mocajuba, que resultou em 39 registros, entre os anos de 2023 e 2024, e 57 registros no município de Cametá, entre 2024 e 2025. Os itens analisados dos questionários foram aqueles associados ao habitat dos vetores e aos modos de vida da população local. Cerca de 61,5% das áreas analisadas de Mocajuba localizavam-se em ambientes rurais e 33% em ambientes urbanos e periurbanos. Em Cametá, 56% dos registros foram realizados em ambientes urbanos e periurbanos, e 39% em ambientes rurais. Embora mais de 78% dos dados coletados indiquem que nas áreas urbanas, ambos os municípios realizam a coleta de lixo, 2 ou mais vezes por semana, foram identificados pontos de descarte inadequado de resíduos em mais de 80% das áreas avaliadas. Nas comunidades mais distantes das sedes dos municípios, a coleta de lixo é limitada ou inexistente. Os resultados mostraram que mais de 60% das áreas de Cametá apresentavam descarte inadequado de resíduos sólidos, nas ruas e terrenos vazios,

---

<sup>1</sup> E-mail: [ac.maia@unesp.br](mailto:ac.maia@unesp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [jussara.ortiz@inpe.br](mailto:jussara.ortiz@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [isabel.escada@inpe.br](mailto:isabel.escada@inpe.br)

com potencial para acumular água, como garrafas PET, latas e tampas de garrafas, sendo 80% em áreas urbanas. Destaca-se a presença de palmeiras de açaí, principalmente em áreas rurais e periurbanas e de efluentes a céu aberto em áreas urbanas, que podem ser associados aos criadouros de mosquito. Os resultados evidenciam a necessidade do aprimoramento dos serviços de saneamento básico nessas regiões e do incentivo e investimento em campanhas educativas para a comunidade. Pretende-se, a partir deste estudo, avaliar bairros e localidades do semiárido, ampliando sua aplicação em diferentes contextos socioambientais. Tais ações tornam-se mais relevantes frente à intensificação dos eventos extremos associados às mudanças climáticas, que agravam a vulnerabilidade ambiental e sanitária da população.

Palavras-chave: Imagens de alta resolução. Doenças vetoriais. Fichas de observação. Paisagens de risco.

## **ANÁLISE DE VÍDEOS DE RAIOS FILMADOS POR CÂMERAS ESPECIAIS**

**Ana Clara Faria Andriollo<sup>1</sup> (ETEC, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Tagianne Patricia da Silva<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Marcelo Magalhães Fares Saba<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

As descargas atmosféricas são fenômenos físicos complexos resultantes da intensificação do campo elétrico no interior de nuvens de tempestade. Tradicionalmente analisadas por estimativas estatísticas, o entendimento desses eventos progrediu significativamente com o emprego de câmeras de alta velocidade, que permitem o registro detalhado da propagação dos líderes. Fisicamente, os raios são classificados entre os que permanecem no interior das nuvens e os que estabelecem contato com a terra, variando em polaridade conforme a carga transferida ao solo ou removida da nuvem. Este trabalho apresenta a classificação física e a análise temporal de 63 eventos de descargas atmosféricas registrados em vídeos capturados durante o ano de 2024 em Dakota do Sul, nos Estados Unidos. A metodologia consistiu na utilização de registros cinematográficos para a identificação de marcos fundamentais: a primeira atividade luminosa na nuvem, o instante da primeira descarga, caracterizado pelo contato do canal com o solo, e o fim do raio, marcado pela extinção da luminosidade no canal. O tempo de ocorrência de cada evento foi sincronizado via sistema de posicionamento global, permitindo a correlação futura com dados de sistemas de localização de descargas. Os resultados revelaram que a totalidade da amostra analisada pertence à categoria nuvem-solo, não sendo verificados eventos intranuvem ou ascendentes neste conjunto de dados específico. Quanto à polaridade do líder, observou-se a ocorrência de 37 líderes positivos e 26 líderes negativos. A análise qualitativa demonstrou uma elevada variabilidade na permanência luminosa dos eventos, característica inerente à física das descargas descendentes. Estes parâmetros são essenciais para a caracterização do fenômeno e auxiliam no aprimoramento de sistemas de proteção e nas pesquisas sobre a física dos raios desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Palavras-chave: Descarga atmosférica. Nuvem-Solo. Câmera de alta velocidade. Polaridade do líder. Física dos raios.

---

<sup>1</sup> E-mail: [anacfandriollo@gmail.com](mailto:anacfandriollo@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [tagiannep@gmail.com](mailto:tagiannep@gmail.com)

<sup>3</sup> E-mail: [marcelo.saba@inpe.br](mailto:marcelo.saba@inpe.br)

## **ANÁLISE DOS DETERMINANTES SOCIOAMBIENTAIS DA MALÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL**

**André Quintino Evangelista Duarte<sup>1</sup> (UERJ, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Jussara Rafael Angelo<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

### **RESUMO**

A malária é uma doença endêmica na Amazônia Legal, onde cerca de 99% dos casos brasileiros são registrados, e sua transmissão é influenciada por fatores socioambientais como desmatamento, mineração, mudanças no uso e cobertura da terra e variáveis climáticas. Este estudo tem como objetivo analisar a ocorrência da malária na Amazônia Legal no período 2020 a 2022, identificar os determinantes socioambientais mais relevantes para a ocorrência da malária. Para isso, foi estruturado um banco de dados espacial com resolução de 10 x 10 km, integrando variáveis como Índice Parasitário Anual (IPA), uso e cobertura do solo, desmatamento, distância de garimpos, hidrelétricas, rodovias, distância da fronteira internacional e áreas protegidas, além de dados climáticos projetados (CMIP6). A análise foi realizada por meio de regressão espacial multivariada (Modelo Spatial Lag) com o software GeoDa. Os resultados preliminares indicam que, as variáveis mais significativas para a Amazônia como um todo foram dias secos consecutivos, extrativismo vegetal e distância à garimpos.

Palavras-chave: Modelagem Espacial. Malária. Amazônia Legal. Mudanças Climáticas. Saúde Pública. Spatial Modeling. Malaria. Legal Amazon. Climate Change. Public Health.

---

<sup>1</sup> E-mail: andrequeduarte@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: jussara.angelo@inpe.br

## **DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM DADOS SOLARES COM LSTM-AUTOENCODER: APLICAÇÕES AO CLIMA ESPACIAL COM DADOS DO SDO E PARKER SOLAR PROBE**

**Andressa Ferreira da Silva<sup>1</sup> (PUC-Goiás, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Reinaldo Roberto Rosa<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

### **RESUMO**

Na P&D, durante a primeira fase da bolsa, investigamos modelos de aprendizado profundo para a detecção de anomalias associadas a eventos solares, com foco na identificação de flares a partir de sequências temporais de imagens do Solar Dynamics Observatory. Foi construído um conjunto de dados referente ao ano de 2022, composto por oito canais de imagens em diferentes comprimentos de onda do Atmospheric Imaging Assembly e um canal do Helioseismic and Magnetic Imager, correspondente ao campo magnético solar. As imagens foram processadas da resolução original para 512 por 512 pixels, normalizadas e organizadas em sequências de cinco observações, com intervalo de doze minutos entre cada imagem. Foram selecionadas sequências correspondentes a períodos de baixa atividade solar para o treinamento, enquanto períodos contendo flares foram utilizados nas etapas de validação e teste. Também foram coletados, processados e sincronizados dados de densidade, velocidade e campo magnético do vento solar provenientes da Parker Solar Probe. A metodologia comparou modelos temporais baseados em redes de memória de longo e curto prazo, uma variante estendida dessas redes e diferentes arquiteturas Transformer. Esses modelos foram combinados a uma rede convolucional responsável pela extração das características espaciais das imagens solares. O treinamento foi realizado com sequências de baixa atividade, permitindo que os modelos aprendessem os padrões espaciais e temporais associados ao comportamento normal do Sol. Os desvios entre os padrões aprendidos e os dados observados foram utilizados como indicadores de possíveis anomalias. Entre as arquiteturas avaliadas, o Transformer composto somente por decodificadores apresentou o melhor equilíbrio geral para a detecção dos eventos. A primeira versão avaliada alcançou valor F1 de 0,550 e área sob a curva característica de operação do receptor de 0,909. A versão preditiva, desenvolvida para estimar o comportamento do próximo quadro da sequência utilizando apenas as observações anteriores, obteve área sob a curva de 0,910, precisão média de 0,805 e sensibilidade de 0,822. Também foi realizada a ampliação do conjunto de treinamento com sequências de baixa atividade dos anos de 2011 a 2021. Essa ampliação reduziu o erro de validação, mas não melhorou a identificação de flares no conjunto de teste de 2022, demonstrando que a redução do erro durante o treinamento não corresponde necessariamente ao aumento da capacidade de detecção. Conclui-se que os modelos temporais treinados com períodos de baixa atividade conseguem aprender padrões do

---

<sup>1</sup> E-mail: andressaferreiradasilva740@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: reinaldo.rosa@inpe.br

comportamento solar e identificar desvios relacionados à ocorrência de flares. Entretanto, o desempenho depende da arquitetura utilizada, do canal considerado no cálculo da anomalia e da consistência do pré-processamento. Como continuidade, propõe-se integrar os dados da Parker Solar Probe, considerar o tempo de propagação do vento solar e avaliar a generalização da abordagem em diferentes períodos de atividade solar no contexto do EMBRACE-INPE.

Palavras-chave Clima espacial. Detecção de anomalias. Aprendizado profundo. Imagens solares.

## **MEDIDA DE FLUXO DE GEE DO SOLO EM AMBIENTES COM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Anna Beatriz Silva Alves<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Plínio Alvalá<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Kelly Ribeiro<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial para a manutenção da temperatura do planeta e para a existência da vida na Terra. Medir os fluxos de gases ajuda a avaliar os ciclos biogeoquímicos, auxiliando na proteção ambiental dos ecossistemas e proporcionando um manejo adequado do solo em áreas agrícolas. Nesse contexto, os solos atuam com um papel essencial nas trocas de gases de efeito estufa (GEE) entre a biosfera e a atmosfera, variando em função das condições de uso da terra, à cobertura vegetal e à sazonalidade climática. Com isso, compreender como áreas agrícolas, florestas nativas e áreas em reflorestamento influenciam os fluxos de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O é fundamental para avaliar processos biogeoquímicos associados ao carbono e ao nitrogênio no solo. Os fluxos foram medidos em três ambientes diferentes do estado de São Paulo, em plantação de cana de açúcar convencional, florestas nativas e reflorestamento comparando as emissões de das coberturas vegetais, e as variações sazonais entre os períodos secos e os períodos chuvosos. As coletas de amostras para as análises laboratoriais foram realizadas entre o período chuvoso e seco, de novembro de 2024 a junho de 2025, esses fluxos são determinados pela técnica de câmaras estáticas, com cilíndrico, de PVC, inserido no solo para capturar os gases emitidos, identificando as variações de concentrações de gases através de cromatografia gasosa. Paralelamente, foram avaliados atributos edáficos, como umidade gravimétrica e matéria orgânica, estimada pelo método de perda por ignição do solo, visando compreender sua influência sobre a dinâmica dos gases.. Os resultados indicaram maior variabilidade dos fluxos de N<sub>2</sub>O no período chuvoso, especialmente na vegetação nativa ( $3,26 \pm 6,53 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) e na cana-de-açúcar ( $0,72 \pm 5,78 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), enquanto no período seco as emissões permaneceram mais baixas e próximas de zero. Para o CO<sub>2</sub>, os maiores fluxos também ocorreram no período chuvoso, com destaque para a cana-de-açúcar ( $553,57 \pm 149,08 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) e a vegetação nativa ( $415,75 \pm 227,21 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ).O reflorestamento apresentou maior absorção média de CH<sub>4</sub> no período chuvoso ( $-12,81 \pm 24,06 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), sugerindo comportamento de dreno sob determinadas condições ambientais. Em conjunto, os resultados indicam que a disponibilidade de água, a matéria orgânica e o tipo de cobertura vegetal modulam os fluxos de GEE,

---

<sup>1</sup> E-mail: [kelly.meioambiente@gmail.com](mailto:kelly.meioambiente@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [plinio.alvala@inpe.br](mailto:plinio.alvala@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [anna.b.alves@unesp.br](mailto:anna.b.alves@unesp.br)

ressaltando a importância de estratégias de manejo e restauração para a estabilidade dos processos biogeoquímicos do solo.

Palavras-chave: Cromatografia Gasosa. Umidade do Solo. Gases do Efeito Estufa. Câmaras Estáticas. Cobertura Vegetal. Gas Chromatography. Soil Moisture. Soil Moisture. Static Chambers. Vegetation Cover.

## **ESTUDO DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ANODIZAÇÃO DE LIGAS DE ALUMÍNIO RELACIONADA A ABSORÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO**

**Arthur Bispo da Silva<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Graziela da Silva Savonov<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Lucas Augusto Manfroi<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo investigar a influência dos parâmetros do processo de anodização e coloração eletrolítica do alumínio sobre as propriedades ópticas da camada anodizada, visando contribuir para a otimização de revestimentos empregados em aplicações aeroespaciais, especialmente como elementos sensores em radiômetros espaciais. Inicialmente, foram realizados estudos envolvendo diferentes combinações de parâmetros de anodização, variando concentração do eletrólito, densidade de corrente, tempo de anodização, tempo de coloração eletrolítica e condições de selagem, com posterior avaliação da refletância das amostras ao longo das regiões do ultravioleta, espectro visível e infravermelho próximo. Em seguida, foram conduzidos ensaios utilizando um Variac para investigar a influência da aplicação gradual da tensão durante a coloração eletrolítica, bem como da hidratação prévia da camada anodizada, sobre o desempenho óptico das amostras. Também foram realizados estudos para determinação da concentração de sulfato de estanho por titulação iodométrica, comparando-se valores teóricos e experimentais, além da avaliação da influência da filtragem do banho sobre sua concentração. Os resultados demonstraram que diferentes combinações dos parâmetros de anodização influenciam significativamente o comportamento óptico dos revestimentos, sendo observadas condições experimentais mais favoráveis em diferentes regiões do espectro eletromagnético, sem que um único conjunto de parâmetros apresentasse desempenho superior em todas as faixas analisadas. Nos ensaios com aplicação gradual da tensão, verificou-se tendência de melhor desempenho óptico nas amostras submetidas à elevação progressiva da tensão durante a coloração eletrolítica, especialmente nas regiões do espectro visível e do infravermelho próximo, embora mais ensaios sejam necessários. As análises de concentração do banho evidenciaram que os valores experimentais foram inferiores aos teóricos em decorrência da degradação natural do sulfato de estanho ao longo do tempo, ressaltando a importância do monitoramento periódico da composição do eletrólito. Verificou-se ainda que a filtragem do banho promove a remoção de partículas e produtos de oxidação sem alterar sua concentração química, constituindo uma etapa importante para sua manutenção. De maneira geral, os resultados obtidos contribuíram para o aprimoramento do entendimento dos processos de anodização e coloração eletrolítica

---

<sup>1</sup> E-mail: arthur.bispo@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: graziela.savonov@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: lucas.manfroi@inpe.br

do alumínio, fornecendo informações relevantes para a otimização dos parâmetros de processamento e do controle dos banhos empregados na obtenção de revestimentos com propriedades ópticas adequadas para aplicações no setor espacial.

Palavras-chave: Anodização. Liga de alumínio. Coloração eletrolítica. Espectro eletromagnético. Refletância.

## MELHORIAS NOS MÉTODOS DE AJUSTES DE PARÂMETROS

Arthur Haniel de Souza Dias<sup>1</sup> (UFV, Bolsista PIBIC/CNPq)

Claudia Vilega Rodrigues<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)

### RESUMO

As variáveis cataclísmicas magnéticas constituem sistemas binários interagentes compostos por uma anã branca de intenso campo magnético, tipicamente da ordem de  $10^7$  a  $10^8$  G (10–100 MG), e uma estrela companheira que transfere matéria por acreção. A interação entre o fluxo de matéria e o campo magnético da anã branca produz regiões de alta energia responsáveis por emissões observáveis em diferentes comprimentos de onda, cuja interpretação permite investigar as propriedades físicas desses sistemas. Este trabalho tem como objetivo estudar a emissão proveniente de variáveis cataclísmicas magnéticas por meio de modelagem computacional utilizando o código CYCLOPS, ferramenta desenvolvida para simular a radiação produzida na região pós-choque da coluna de acreção. Considerando que o projeto contou com apenas quatro meses de desenvolvimento, inicialmente foi realizada a preparação do ambiente computacional para execução do código, bem como o estudo de sua estrutura computacional e dos parâmetros físicos e geométricos que descrevem o sistema. Em seguida, foram efetuados testes envolvendo a modificação de diferentes parâmetros de entrada, tais como a geometria da região emissora, a intensidade do campo magnético, a inclinação do sistema e demais grandezas relacionadas ao processo de acreção, com o objetivo de analisar qualitativamente a influência dessas variáveis sobre as curvas sintéticas geradas pelo modelo. Essa etapa permitiu avaliar a sensibilidade da simulação às alterações dos parâmetros e compreender a influência de cada um deles sobre os resultados obtidos. O projeto encontra-se em fase de desenvolvimento. Como perspectivas para as próximas etapas, pretende-se realizar a comparação entre as simulações produzidas pelo CYCLOPS e observações astronômicas, implementar novos métodos de ajuste visando determinar os parâmetros físicos dos sistemas estudados e estabelecer uma metodologia para futuros ajustes de modelos a dados observacionais de variáveis cataclísmicas, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos processos de acreção mediados por campos magnéticos intensos em sistemas binários compactos.

Palavras-chave: Variáveis cataclísmicas. Acreção. Modelagem computacional. Anãs brancas. Astrofísica.

---

<sup>1</sup> E-mail: arthur.h.dias@ufv.br

<sup>2</sup> E-mail: claudia.rodrigues@inpe.br

## **ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO MODELO WRF A PARTIR DO USO DE DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES DE SUPERFÍCIE NA ILHA PINGUIM, ANTÁRTICA**

**Beatriz Lina Irita<sup>1</sup> (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Luciano Ponzi Pezzi<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Marcelo Freitas Santini<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

O presente trabalho faz parte de um projeto cujo objetivo é analisar a sensibilidade do modelo WRF ao uso de diferentes parametrizações de superfície na Ilha Pinguim, Antártica. Nesta etapa da pesquisa, foram realizadas a organização, o processamento e a análise de dados meteorológicos coletados durante a campanha de campo do projeto Antarctic Modeling Observation System (ATMOS II), entre novembro de 2024 e fevereiro de 2025, visando caracterizar os fluxos de superfície e fornecer subsídios para futuras simulações e validações do modelo. Os fluxos turbulentos de calor sensível, calor latente, momento e dióxido de carbono foram obtidos pelo método de Covariância de Vórtices, juntamente com medições de variáveis meteorológicas convencionais como temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e radiação. Os resultados permitiram caracterizar a variabilidade temporal desses parâmetros e identificar padrões. O balanço de radiação evidenciou sua variabilidade associada principalmente com o ciclo diurno e demonstrou que a radiação solar incidente controla a disponibilidade de energia na superfície, refletindo-se diretamente na variabilidade dos fluxos de calor sensível e calor latente. Além disso, foi analisado o comportamento do fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que apresentou valores predominantemente negativos, indicando que a ilha atuou como um sumidouro desse gás durante o período analisado. As análises de correlações evidenciaram forte relação entre o fluxo de CO<sub>2</sub> e a radiação solar, sugerindo a resposta de processos biológicos locais sobre a dinâmica das trocas de carbono. Além da análise dos dados, os resultados foram organizados para serem apresentados em formato de pôster para as conferências Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) 2026 e Congresso Brasileiro de Oceanografia (CBO) 2026, contribuindo para a divulgação científica do trabalho. As atividades desenvolvidas permitiram ampliar o conhecimento sobre as interações entre a superfície e a atmosfera em ambiente antártico e forneceram evidências da importância dos processos biológicos locais na dinâmica das trocas de carbono entre a superfície e a atmosfera.

Palavras-chave: Fluxo de dióxido de carbono. Antártica. Meteorologia. Interação superfície-atmosfera. Radiação solar.

---

<sup>1</sup> E-mail: beatriziritasl@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: luciano.pezzi@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: marcelo.santini@inpe.br

**USO POTENCIAL DO LIGHTNING JUMP NO TEMPO MÉDIO DE  
ANTECIPAÇÃO À OCORRÊNCIA DE TEMPO SEVERO (GRANIZO)  
EM SUPERFÍCIE NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

**Beatriz Mie Cadamuro Suganuma<sup>1</sup> (UFSC, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Izabelly Carvalho da Costa<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)  
Wendell Rondinelli Gomes Farias<sup>3</sup> (UFSC, Coorientador)**

**RESUMO**

O Lightning Jump pode ser definido como um aumento súbito na taxa de descargas atmosféricas totais. Estudos indicam que este aumento pode ser utilizado no nowcasting como um precursor da ocorrência de tempo severo. O intervalo de tempo entre um aumento súbito na taxa de descargas atmosféricas totais e a posterior redução desta taxa, compreende o intervalo característico que precede o início de ocorrências de tempo severo em superfície. O estudo desses resultados apresenta grande potencial de aplicação na previsão de curtíssimo prazo relacionada à ocorrência de tempestade severa em superfície, através do Lightning Jump. O método desenvolvido no projeto consiste no acúmulo por minuto das descargas atmosféricas que incide na célula convectiva mais significativa no intervalo temporal e espacial que abrange o caso de granizo, sendo analisados, até então, 7 casos de tempo severo de 2021 e 2022. Para isso foram manipulados dados do sensor GLM (Geostationary Lightning Mapper) e do radar de Chapecó, pertencente à Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina. Por fim, foi identificado o Lightning Jump, o intervalo médio dos casos e a revisão bibliográfica para validação e atualização dos resultados obtidos. Dessa forma, o projeto tem como objetivo final avaliar o potencial de utilização do Lightning Jump no tempo médio de antecipação à ocorrência de tempo severo em superfície, especificamente de granizo, para casos pré-selecionados no Estado de Santa Catarina.

Palavras-chave: Tempo severo. Descargas atmosféricas. Granizo. Santa Catarina. Nowcasting. Lightning Jump.

---

<sup>1</sup> E-mail: beatrizmiecadamuro@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: izabelly.costa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: wendell.farias@ufsc.br

**APLICAÇÃO DO SOFTWARE DE RASTREAMENTO TATHU  
PARA SISTEMAS CONVECTIVOS COM EVENTOS DE OCORRÊNCIA DE GRANIZO  
NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

**Brenndhom Nathan K. R. M. Menezes Cunha<sup>1</sup> (UFSC, bolsista PIBIC/CNPq)  
Izabelly Carvalho da Costa<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)  
Wendell Rondinelli Gomes Farias<sup>3</sup> (UFSC, Coorientador)**

**RESUMO**

O Estado de Santa Catarina é influenciado por sistemas de latitudes médias, pelas suas características geográficas e é rota de diferentes sistemas meteorológicos, dentre eles, tempestades convectivas, como sistemas frontais, supercélulas e ciclones subtropicais os quais modulam a atividade de tempestades severas e, frequentemente são acompanhadas pela ocorrência de granizo. O projeto tem por objetivo analisar o ciclo de vida das tempestades que provocam granizo em Santa Catarina utilizando o software de rastreamento TATHU (Tracking and Analysis of Thunderstorms). O software utiliza dados e produtos de radares meteorológicos como o CAPPI 3 km (Constant Altitude Plan Position Indicator) no formato binário e fornece informações morfológicas dos sistemas. Até o momento, a execução do projeto ocorreu em 2 etapas: na primeira etapa, consistiu em fazer revisão bibliográfica sobre rastreamento das tempestades convectivas, entendendo o ciclo de vida e as características típicas das tempestades severas com potencial de precipitação de granizo, e como foram procedidos os rastreios e extrapolações dos mesmos. Na segunda etapa, foram realizados testes de rastreamentos e extrapolações com o software TATHU para casos com ocorrência de granizo. Desta forma, foram observados que os rastreios estão coerentes aos limiares definidos e as extrapolações, quando as tempestades são comportadas (isto é, unicelulares) e contínuas, apresentam resultados coerentes aos observados, enquanto que para tempestades que tiveram fusão ou divisão, há dificuldades em prever o posicionamento correto das as tempestades convectivas. Atualmente, estão sendo buscados e testados novos métodos de extrapolações para aprimorar o software e melhorar seus resultados para os casos que envolvem fusão e divisão de células. Após os testes, serão realizadas análises estatísticas dos casos para quantificar e qualificar os resultados.

Palavras-chave: TATHU. Sistemas convectivos. Rastreamento. Extrapolação radares meteorológicos.

---

<sup>1</sup> E-mail: cunha2353@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: izabelly.costa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: wendell.farias@ufsc.br

## RESPOSTA DA MAGNETOSFERA A EVENTOS EXTREMOS

**Bruna Parisi Hilsdorf<sup>1</sup> (EEL-USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Marlos Rockenbach<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Marcos Vinícius Silveira<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### RESUMO

Compreender e prever a resposta da magnetosfera às variações das condições interplanetárias é um dos principais objetivos da Física Espacial. Estruturas interplanetárias, como Ejeções de Massa Coronal (Coronal Mass Ejections – CMEs) e Regiões de Interação Corrotantes (Corotating Interaction Regions – CIRs), são os principais agentes desencadeadores de tempestades geomagnéticas, as quais são classificadas de acordo com a magnitude das perturbações no campo magnético terrestre. Essas perturbações são quantificadas pelo índice Dst, sendo as tempestades classificadas como fracas (Dst entre -30 e -50 nT), moderadas (Dst entre -50 e -100 nT), intensas (Dst entre -100 e -250 nT) e superintensas (Dst inferior a -250 nT). Durante tempestades intensas e superintensas, a magnetopausa terrestre sofre compressão significativa, favorecendo a transferência de energia do vento solar para dentro da magnetosfera. O objetivo deste trabalho é analisar a variação da magnetopausa durante tempestades geomagnéticas intensas e superintensas. A análise utiliza dados in situ de satélites localizados no vento solar, na magnetobainha e na magnetosfera interna. Os dados do índice Dst (Disturbance Storm Time) foram utilizados para a caracterização inicial dos eventos das tempestades geomagnéticas entre dezembro de 2019 e junho de 2025, já os dados do conjunto OMNI foram empregados para a identificação das estruturas interplanetárias responsáveis pelo desencadeamento dessas tempestades. Os cruzamentos da magnetopausa foram então identificados por meio de dados das missões MMS, THEMIS e GOES e então comparados às previsões do modelo empírico de Shue et al. (1998), que estima a localização da magnetopausa em função dos parâmetros do vento solar, com o objetivo de investigar suas limitações. Os dados foram obtidos utilizando a versão em Python do software SPEDAS PySPEDAS, desenvolvida para a análise e visualização de dados provenientes de diversas missões espaciais. A análise identificou 23 eventos de tempestades geomagnéticas no período, sendo 21 classificados como intensos e dois como superintensos. A caracterização das estruturas interplanetárias revelou a predominância de Ejeções de Massa Coronal (CMEs) como agentes desencadeadores (22 eventos), enquanto apenas um evento esteve associado a Regiões de Interação Corrotantes (CIRs). Os resultados indicam que a pressão dinâmica associada a estruturas interplanetárias constitui o principal mecanismo responsável pelo deslocamento da magnetopausa para regiões muito próximas à Terra.

---

<sup>1</sup> E-mail: [bruna.hilsdorf@usp.br](mailto:bruna.hilsdorf@usp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [marlos.silva@inpe.br](mailto:marlos.silva@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [marcosvdsilveira@gmail.com](mailto:marcosvdsilveira@gmail.com)

Adicionalmente, o modelo de Shue restringe-se à estimativa da posição da magnetopausa na região diurna, tornando necessárias análises complementares para caracterizar sua dinâmica global durante eventos de clima espacial intenso.

Palavras-chave: Magnetopausa. Magnetosfera. Tempestades Geomagnéticas. Modelo de Shue et al. Magnetopause. Magnetosphere. Geomagnetic Storms. Shue et al. Model.

## RECURSOS DE ACESSIBILIDADE PARA DIVULGAÇÃO DA ASTRONOMIA

**Camila Inhesta Viell<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Tânia Pereira Dominici<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

### RESUMO

A astronomia é uma ciência que é divulgada principalmente através de recursos visuais. Sendo assim, surge uma barreira para inclusão de pessoas com deficiência visual em espaços de divulgação científica, limitando também essa ciência como escolha profissional. Nesse sentido, torna-se fundamental criar maneiras para que todas as pessoas, com e sem deficiência, tenham acesso à informação astronômica em igualdade de condições com os demais indivíduos, o que é previsto pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (nº 13.146/2015). Com base nisso, desde 2024 desenvolvemos um projeto focado na elaboração de material tátil para que todas as pessoas tenham a oportunidade de usufruir de uma noite de observação do céu noturno. Neste trabalho, apresentamos os recursos de acessibilidade para divulgação da astronomia produzidos e sua otimização orientados pelos princípios do design universal e da inclusão plena, considerando as boas práticas no desenvolvimento de material acessível. Além disso, apresentamos a aplicação dos recursos de acessibilidade em eventos de divulgação científica visando apreciação, otimização dos recursos e desenvolvimento de novos materiais junto ao público com e sem deficiência visual. Embora os recursos de acessibilidade tenham sido apresentados a um público numeroso, verificou-se uma baixa participação de pessoas com deficiência visual. Essa ausência pode estar relacionada à percepção desse público de que espaços de divulgação científica não lhes são destinados, um reflexo do sentimento de exclusão gerado por exposições estritamente visuais. Como continuidade da pesquisa, pretendemos continuar a aplicação e otimização dos recursos junto a instituições de apoio às pessoas com deficiência visual. Assim, buscamos atingir a inclusão plena, em que os indivíduos cegos e com baixa-visão não sejam apenas um público-alvo passivo, mas agentes ativos no desenvolvimento de novos recursos para uma astronomia mais inclusiva. Finalmente, propomos às pesquisadoras e pesquisadores uma reflexão: como incluir na sua pesquisa pessoas com deficiência visual que estejam em seus programas de pós-graduação?

Palavras-chave: Acessibilidade. Ensino de Astronomia. Divulgação Científica. Ensino Não-formal.

---

<sup>1</sup> E-mail: [camila.viell@inpe.br](mailto:camila.viell@inpe.br)

<sup>2</sup> E-mail: [tania.dominici@inpe.br](mailto:tania.dominici@inpe.br)

## **ANÁLISE DE TENDÊNCIAS DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS EM RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO SEMIÁRIDO**

**Clara Galacho Pimentel Emmerich Gomes Leal<sup>1</sup> (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Nayara Barreto da Costa<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Jean Pierre Henry Balbaud Ometto<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

As mudanças climáticas intensificam os fenômenos meteorológicos, tornando a gestão dos recursos hídricos no Semiárido brasileiro um desafio diante da irregularidade das chuvas e das secas extremas. O presente estudo objetivou avaliar a tendência dos índices de extremos climáticos em reservatórios de abastecimento público do Semiárido (Poções, Camalaú, Cordeiro, Taperoá, Boqueirão e Acauã), localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, utilizando séries históricas de precipitação e temperatura para o período de 1961 a 2025. Foram calculados 21 índices de extremos climáticos recomendados pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), por meio do software RCLimDex 2.0, contemplando indicadores de intensidade, frequência e duração de eventos extremos de temperatura e precipitação. As tendências temporais foram avaliadas pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall, enquanto a magnitude das tendências foi estimada pelo método de Sen (Sen's slope). Os índices de temperatura evidenciaram um padrão consistente de aquecimento em todos os reservatórios avaliados. As temperaturas máxima e mínima médias (TMAXmean e TMINmean) apresentaram tendências positivas estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) em todas as localidades. Os índices de dias quentes (TX90p), noites quentes (TN90p), noites tropicais (TR20) e dias mais quentes (TXx) também apresentaram tendências positivas significativas, enquanto os índices de dias frios (TX10p) e noites frias (TN10p) apresentaram tendências negativas significativas, indicando aumento da frequência de eventos quentes e redução da ocorrência de eventos frios no período estudado. Foram observadas tendências positivas para os índices TNx, TNn e TXn, destacando que tanto as temperaturas máximas quanto as mínimas extremas vêm aumentando nos reservatórios. Os índices de precipitação apresentaram comportamento mais heterogêneo entre os reservatórios. O índice de dias consecutivos secos (CDD) apresentou tendência positiva estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em Camalaú e Cordeiro, indicando prolongamento dos períodos sem precipitação. Em contrapartida, o índice de dias consecutivos úmidos (CWD) apresentou tendência negativa significativa em Taperoá, Boqueirão e Acauã, evidenciando redução da persistência dos períodos chuvosos. A precipitação total anual nos dias úmidos (PRCPTOT) apresentou tendência de redução, com significância estatística em Acauã. Já o reservatório de Taperoá apresentou tendências

---

<sup>1</sup> E-mail: clara.galacho@unifesp.br

<sup>2</sup> E-mail: nayara.costa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: jean.ometto@inpe.br

positivas significativas para os índices de dias muito úmidos (R95p), dias extremamente úmidos (R99p) e precipitação máxima em um dia (RX1day), indicando aumento da ocorrência de eventos de precipitação intensa concentrados em curtos intervalos de tempo. Os resultados demonstram que a bacia do rio Paraíba apresenta um cenário de intensificação dos extremos climáticos, caracterizado pelo aumento das temperaturas, maior frequência de dias e noites quentes, redução da ocorrência de dias e noites frias e alterações no comportamento da precipitação. Embora parte dos reservatórios apresente prolongamento dos períodos secos e redução da precipitação anual, também foram identificadas tendências de aumento de eventos extremos de chuva em setores específicos da bacia. Essas evidências demonstram alterações nos padrões climáticos do Semiárido nas últimas décadas, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo para compreender os impactos das mudanças climáticas sobre os reservatórios. A intensificação dos extremos climáticos evidencia a necessidade de incorporar estratégias de adaptação e aprimorar o planejamento hídrico, visando reduzir vulnerabilidades e garantir a segurança do abastecimento.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Recursos Hídricos. Semiárido. Eventos Extremos. Abastecimento de Água. Climate Change. Water Resources. Semiarid. Extreme Events. Water Supply.

## **MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS ATRAVÉS DE SENSORES DE BAIXO CUSTO EM AMBIENTE ESCOLAR**

**Clara Peres do Nascimento<sup>1</sup> (CEFET/RJ, Bolsista PIBIC-EM/CNPq)**

**Antonio Marcos Vianna Campos<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Almir Venancio Ferreira<sup>3</sup> (CEFET/RJ, Coorientador)**

### **RESUMO**

O trabalho relaciona o Projeto Meteoro de Baixo Custo com o monitoramento ambiental por sensores de baixo-custo em ambientes escolares. O monitoramento ambiental é a coleta contínua de dados de variáveis meteorológicas com a finalidade de avaliar a forma como o ambiente é afetado pelas ações dos parâmetros meteorológicos. O Meteoro de Baixo Custo consiste na recuperação de sensores e de instrumentos, e, consequentemente, montar estações meteorológicas de baixo-custo (EMBC). O módulo de sensores utilizado foi AHT20 + BMP280, responsáveis, respectivamente, por ler temperatura e umidade, e temperatura e pressão atmosférica. As estruturas das estações foram feitas a partir da reutilização de materiais fora de uso, como: caixas; canos de PVC e cabos, além do uso da impressora 3D do CEFET/RJ. Quanto à parte eletrônica, trabalharam em conjunto os microcontroladores Arduino e ESP 32 e a placa de circuito impresso. Dessa forma, foram instaladas quatro EMBC em instituições acadêmicas. A Estação 85 foi montada na Unidade do CEFET/RJ Angra dos Reis (dia 26/09/2025) e, posteriormente, atualizada para a estação 86 (dia 24/03/2026) ao acoplar um pluviômetro automático e mudar a sua fonte de alimentação; as estações 20 e 21 foram implantadas no Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) (dia 07/05/2026); e a estação 45 foi desenvolvida (dia 05/03) com o objetivo de ser transportada para diferentes localidades do CEFET/RJ Maracanã. Diferentemente das outras EMBC, a Estação 45 é um produto usado por outro projeto pertencente ao próprio curso de meteorologia do centro tecnológico, encarregado de avaliar o conforto térmico em espaços da escola. Ademais, os dados lidos pelos sensores são enviados a um banco de dados público (LAPA – Monitoramento Ambiental – CoMet), permitindo que qualquer pessoa possa ter acesso ao banco através de um link. Assim, conclui-se que o monitoramento ambiental é crucial para o meio escolar, pois é uma alternativa para avaliar o conforto térmico e manter a comodidade e a segurança da comunidade acadêmica. Além disso, a reciclagem desses equipamentos colabora para a redução dos custos de pesquisas e de estudos, e, embora esse protótipo de estação apresente falhas sistemáticas, como dificuldade de conexão Wi-Fi, que resulta em perda de registros, se for conservado e mantido, apresentará um ótimo desempenho. Por fim, pretende-se instalar novas EMBC em outros ambientes escolares.

Palavras-chave: Meteorologia. Baixo-custo. Estações. Instituição. Monitoramento.

---

<sup>1</sup> E-mail: claraperesdonascimento@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: marcos.vianna@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: almir.venancio@cefet-rj.br

## **PREVISÃO SAZONAL E REGIONALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO BRASIL COM UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

**Cláudio de Oliveira Duarte<sup>1</sup> (UFPEL, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Juliana Aparecida Anochi<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Marília Shimizu<sup>3</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Gerônimo Gallarreta Zubiaurre Lemos<sup>4</sup> (INPE, Orientador)**

### **RESUMO**

O avanço da Inteligência Artificial nos últimos anos é evidente. A análise de grandes volumes de dados tem sido profundamente impactada pela utilização de modelos de aprendizado profundo e aprendizado de máquina. Tais ferramentas são capazes de analisar, identificar e aprender padrões escondidos nos dados que anteriormente passavam despercebidos. Tendo isto em vista, o presente estudo apresentará os resultados preliminares da previsão mensal da variável climática velocidade do vento. O principal objetivo deste estudo é propor uma metodologia para a previsão sazonal de variáveis climáticas a partir de técnicas de aprendizado de máquina e a elaboração de um modelo capaz de sintetizar, de forma mais rápida, resultados satisfatórios quando comparados aos dos modelos numéricos. A pesquisa é baseada no conjunto de dados históricos de reanálise ERA5, fornecido pela ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), abrangendo o período de 1940 a 2025 (totalizando 1032 meses), com resolução espacial de aproximadamente vinte e cinco quilômetros (0,25° x 0,25°). O domínio de estudo compreende o sudeste da América do Sul (SESA), delimitado entre as latitudes 14°S e 40°S e as longitudes 67°W e 43°W, composto pelo Uruguai e Paraguai em sua totalidade e parcialmente pela Argentina, Bolívia e Brasil. Além disso, para a manipulação dos dados no formato NETCDF a fim de realizar o cálculo da média mensal e sazonal das variáveis climáticas, foi utilizada a biblioteca Xarray. O algoritmo selecionado para realizar o treinamento foi a Rede Neural Recorrente LSTM (Long Short-Term Memory), junto à biblioteca Optuna utilizada para a busca dos hiperparâmetros, além da técnica de validação cruzada Time Series Split com três divisões. A partir dessa busca, o Optuna identificou como configuração ideal para o treinamento os valores de 32 neurônios, taxa de aprendizado (learning rate) de 0,0003965 e batch size igual a 8. Os experimentos foram executados em um ambiente controlado na distribuição Ubuntu LTS 24.04, utilizando uma placa de vídeo GTX 1650 com 4GB de VRAM. Dessa forma, espera-se reduzir o tempo de

---

<sup>1</sup> E-mail: [coduarte@inf.ufpel.edu.br](mailto:coduarte@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup> E-mail: [juliana.anochi@inpe.br](mailto:juliana.anochi@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [marilia.shimizu@gmail.com](mailto:marilia.shimizu@gmail.com)

<sup>4</sup> Email: [geronimo.lemos@inpe.br](mailto:geronimo.lemos@inpe.br)

processamento e proporcionar previsões mais precisas das variáveis climáticas, combinando as técnicas de aprendizado de máquina e os dados históricos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Aprendizado de Máquina. Aprendizado Profundo. Rede Neural Recorrente. Long Short-Term Memory.

## **CLIMATOLOGIA SINÓTICA DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO ESTADO DO PARANÁ**

**Crislaine de Paula Agostinho<sup>1</sup> (UNIFEI, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Gustavo Carlos Juan Escobar<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Michelle Simões Reboita<sup>3</sup> (UNIFEI, Coorientadora)**

### **RESUMO**

Este trabalho analisou a climatologia sinótica de eventos extremos de chuva (EEC) no litoral (Zona 1) e norte do Paraná (Zona 4), focando na caracterização dos padrões de circulação atmosférica e no posicionamento dos campos de pressão e vento associados. Os EECs foram identificados pelo percentil 95 de dados diários do produto MERGE (2000–2022). Elaboraram-se compostos sazonais com dados da reanálise ERA5 para precipitação, altura geopotencial em 500 hPa, pressão ao nível médio do mar (PNMM) e vento em 850 hPa, comparando-os com o estado médio. Os resultados indicam que os EECs ocorrem sob anomalias marcantes de circulação em relação à climatologia. Em 500 hPa, observa-se o aprofundamento e o posicionamento de um cavado a oeste do estado, favorecendo a ascensão de ar por divergência em altitude acoplada ao Jato Subtropical. Em superfície (PNMM), a presença de um centro de baixa pressão (Baixa do Chaco) entre o norte da Argentina e o Paraguai, combinado ao deslocamento da alta subtropical para o oceano, estabelece um acentuado gradiente de pressão sobre o continente. Em 850 hPa, essa configuração intensifica o escoamento de noroeste vindo da Amazônia e Bolívia (Jato de Baixos Níveis), cuja região de saída e convergência de umidade posiciona-se sobre a Zona 4 (Norte), promovendo forte advecção de ar quente e úmido no interior e alinhamento com a borda sul da ZCAS. Na Zona 1 (Litoral), o padrão de circulação altera-se com a atuação de sistemas pós-frontais e cavados baroclínicos, onde predominam ventos do quadrante sudeste que transportam umidade do oceano e intensificam a convergência por forçamento orográfico na Serra do Mar. O posicionamento relativo desses campos de pressão e vento determina a abrangência e a intensidade da precipitação extrema no estado.

Palavras-chave: Climatologia sinótica. Eventos extremos de chuva. Paraná. Padrões sinóticos. Previsão de eventos.

---

<sup>1</sup> E-mail: crislainep44@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: gustavo.escobar@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: d2019011183@unifei.edu.br

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO BIOMA CAATINGA**

**Débora Rodrigues Bezerra Santos<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Katia Alves Arraes<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

### **RESUMO**

Este trabalho analisa os padrões de ocupação e cobertura da terra no Alto Oeste potiguar, relacionando a dinâmica do uso do solo com os aspectos socioeconômicos dos 30 municípios situados na divisa com o Ceará e a Paraíba, marcados pela transição entre o semiárido da Caatinga e as áreas serranas. A pesquisa utiliza imagens do satélite Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, associadas à aplicação de índices espectrais para aprimorar a distinção entre as diferentes classes de uso e cobertura da terra. O processamento é realizado na plataforma Google Earth Engine, onde as classes de uso e cobertura da terra são classificadas por meio do algoritmo supervisionado Random Forest, utilizando pontos de treinamento e validação definidos para cada classe temática. Os resultados do mapeamento orbital e da análise territorial evidenciam a consolidação de uma rede urbana integrada, na qual a dependência das atividades rurais cede espaço ao fortalecimento de polos econômicos regionais. Nesse contexto, Pau dos Ferros destaca-se como o principal centro articulador, concentrando serviços, assistência à saúde e ensino superior público, enquanto municípios serranos, como Martins, Portalegre, São Miguel e Luís Gomes, aproveitam as condições climáticas mais amenas para impulsionar a economia por meio do ecoturismo e da gastronomia. Assim, a integração entre técnicas de geoprocessamento e análise socioeconômica possibilita compreender as transformações territoriais do Alto Oeste Potiguar, evidenciando a diversificação das atividades econômicas, a consolidação da rede urbana regional e o papel estratégico das cidades polo no desenvolvimento sustentável do território.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Sensoriamento remoto. Uso e cobertura da terra. Google Earth Engine. Alto Oeste Potiguar.

---

<sup>1</sup> E-mail: drbsantos073@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: katia.arraes@inpe.br

## **FERRAMENTA DE DESCOBERTA E EXPLORAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS COM RESPOSTAS A PROMPTS UTILIZANDO MODELOS DE LINGUAGENS AVANÇADOS**

**Eduardo Ribeiro do Amparo Rodrigues de Souza<sup>1</sup> (Poli-USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Alan James Peixoto Calheiros<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Pedro Luiz Pizzigatti Corrêa<sup>3</sup> (Poli-USP, Coorientador)**

### **RESUMO**

O crescente volume de dados ambientais produzidos por instituições de pesquisa, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, exige ferramentas capazes de facilitar sua descoberta e exploração. Este trabalho teve como finalidade desenvolver um assistente inteligente que responde, em português e em linguagem natural, a perguntas técnicas sobre conjuntos de dados ambientais, com capacidade de recomendar quais dados utilizar para determinadas análises. A ferramenta destina-se à integração com a plataforma DataMap, desenvolvida em colaboração entre o Instituto e a Universidade de São Paulo, e utilizou como fonte primária os metadados do repositório Atmospheric Radiation Measurement. Metodologicamente, construiu-se um fluxo de trabalho modular e reprodutível: a coleta automatizada e incremental de 663 arquivos de metadados do observatório Southern Great Plains; a análise estatística do corpus e a construção de índices; a montagem de um glossário técnico do domínio, com definições curadas e automáticas; e a geração de cerca de 30 mil pares de pergunta e resposta, incluindo exemplos de recusa, que ensinam o modelo a informar quando a informação não está disponível, em vez de inventá-la. Sobre esse conjunto, realizou-se o ajuste fino do modelo de linguagem de grande porte LLaMA 2, de 7 bilhões de parâmetros, empregando adaptadores de baixo posto e quantização em 4 bits, técnicas que reduzem drasticamente o custo computacional e viabilizam o treinamento em equipamentos modestos. A qualidade do modelo foi aferida de forma sistemática sobre um conjunto de perguntas anotadas, com métricas automáticas separadas por categoria. Como resultados, o modelo alcançou BLEU de 43, ROUGE-L de 0,56 e medida F1 de 0,55, além de acurácia de recusa de 0,83. O desempenho mostrou-se forte na definição de conceitos técnicos, na recusa a perguntas fora de escopo, na recomendação de conjuntos de dados e em consultas analíticas sobre o corpus. A avaliação também delimitou com clareza o principal limite da abordagem: a recordação exata de fatos únicos de um conjunto específico, como identificadores e datas, entre centenas de nomes semelhantes, comportamento característico do ajuste fino. Conclui-se que o ajuste fino é altamente eficaz para consolidar o vocabulário, as definições e a postura de recusa do assistente, mas que a exatidão factual de identificadores demanda, como próximo passo, o acoplamento de uma camada de recuperação de informação. O sistema foi

---

<sup>1</sup> E-mail: [eduardoamparo@usp.br](mailto:eduardoamparo@usp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [alan.calheiros@inpe.br](mailto:alan.calheiros@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [pedro.correa@usp.br](mailto:pedro.correa@usp.br)

disponibilizado por meio de uma interface de programação e de uma interface web de conversação alinhada à identidade visual do DataMap, confirmando a viabilidade da solução como mediadora entre pesquisadores e dados ambientais e estabelecendo uma base sólida para sua continuidade.

Palavras-chave: Modelos de linguagem de grande porte. Metadados ambientais. Ajuste fino. Avaliação de modelos. Geração aumentada por recuperação. Large language models. Environmental metadata. Fine-tuning. Model evaluation. Retrieval-augmented generation.

## **ANÁLISES ESPACIAIS E PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS VINCULADOS AO PROJETO BRIDGING VALUES**

**Égon Henrique de Miranda<sup>1</sup> (UNIFATECIE, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Evandro Albiach Branco<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Amanda Sousa Silvino<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto Bridging Values, que busca mapear dinâmicas territoriais e conflitos socioambientais nas unidades de conservação Lagoa de Sobradinho, Área de Proteção Ambiental (APA) e Parque Nacional (PARNA) Boqueirão da Onça, no semiárido baiano. Como bolsista PIBIC no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), atuei na construção de um banco de dados georreferenciado, integrando mais de 30 camadas vetoriais e raster, incluindo dados sobre quilombos, hidrografia, vegetação nativa, processos minerários e infraestrutura energética. As análises espaciais, realizadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com coordenadas EPSG 4674 e 5880 (SIRGAS 2000), envolveram sobreposição de camadas e modelagem por Modelo Digital de Elevação (MDE). Visitas de campo e oficinas participativas com comunidades tradicionais, como quilombos e fundo e fecho de pasto, validaram os dados, incorporando conhecimentos locais. Os mapas temáticos produzidos identificaram áreas de conflito fundiário, pressões antrópicas (mineração, energia renovável) e zonas prioritárias para conservação, como áreas sensíveis à erosão. A experiência proporcionou compreensão das complexidades socioambientais do semiárido e reforçou a importância da integração de dados espaciais e comunitários. Os resultados parciais subsidiam a gestão sustentável do território, e a continuidade do projeto é essencial para aprofundar as análises e consolidar estratégias de conservação.

Palavras-chave: Análises Espaciais. Mapas Temáticos. Unidades de Conservação. Banco de Dados Georreferenciado. Semiárido Baiano.

---

<sup>1</sup> E-mail: egon.miranda@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: evandro.branco@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: amanda.silvino@inpe.br

# **COMPARAÇÃO DA DENSIDADE ELETRÔNICA NA CAMADA F DA IONOSFERA TERRESTRE OBTIDA PELO SATÉLITE SWARM-A E VALORES PREVISTOS PELO MODELO IRI**

**Elias de Vargas Becker<sup>1</sup> (ITA, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Clezio Marcos De Nardin<sup>2</sup> (INPE, Orientador)  
Sophia Rodrigues Laranja<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

## **RESUMO**

A ionosfera é uma região complexa da atmosfera que se inicia em torno de 60 km e está presente até cerca de 2000 km de altitude, cuja principal característica é a alta concentração de íons e elétrons livres em relação às demais regiões, o que permite a ocorrência de fenômenos exclusivos nela. Em específico, a camada F da ionosfera, caracterizada por: a maior densidade eletrônica dentre as camadas ionosféricas e a dinâmica como principal influência perante processos químicos. Diante disso, foram analisados dados de densidade eletrônica coletados pelo satélite de órbita polar SWARM-A da camada F da ionosfera durante o período diurno de alguns dias do ano de 2021, escolhidos de forma a representar o comportamento médio nas quatro estações do ano quando não há tempestades geomagnéticas. Por meio de gráficos gerados por códigos em Python, comparou-se as medidas do satélite com a versão de 2020 do modelo IRI (International Reference Ionosphere) e os resultados dessa análise serão apresentados neste trabalho.

Palavras-chave: Ionosfera. Camada F. Densidade de Plasma. Modelo IRI.

---

<sup>1</sup> E-mail: elias.becker@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: clezio.denardin@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: sophia.laranja@inpe.br

## **ESTUDO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA COSTA SUDESTE DO BRASIL**

**Emanuela Garnevi Marques<sup>1</sup> (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Rodrigo Santos Costa<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Fernando Ramos Martins<sup>3</sup> (UNIFESP, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este projeto de iniciação científica tem como objetivo principal analisar a variabilidade climática na costa do Sudeste Brasileiro, com foco em identificar tendências estatisticamente significativas em variáveis meteorológicas relevantes entre os anos de 2000 e 2020. Foram utilizadas séries temporais de temperatura do ar, radiação solar e precipitação, obtidas a partir de dados observados de estações do INMET, escolhidas estrategicamente devido sua localização em diferentes partes da Costa Sudeste, e dados de reanálise ERA5. A metodologia foi dividida em três etapas. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar teoricamente a pesquisa e familiarizar os conceitos de climatologia e estatística. Em seguida, foram construídos gráficos boxplot das variáveis de precipitação e temperatura para cada estação analisada, referentes aos dados observacionais do INMET, permitindo uma primeira visualização da dispersão, dos valores extremos e das tendências centrais das variáveis estudadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Na etapa atual, está sendo realizada a filtragem e a adaptação dos dados de reanálise ERA5, cuja extensão cronológica e volume de informações demandam um tratamento específico para viabilizar sua utilização de forma compatível com os dados observacionais, possibilitando a comparação direta entre as duas bases de dados. A análise estatística está sendo conduzida com uso da linguagem Python e suas bibliotecas especializadas, permitindo a identificação de padrões e tendências nos percentis P25, P50 e P75, valores máximos e mínimos das variáveis estudadas. Os resultados preliminares obtidos a partir dos boxplots das séries temporais observadas em estações operadas pelo INMET, indicam padrões de dispersão e possíveis tendências de aumento de temperatura e alterações na distribuição da precipitação em algumas localidades, reforçando a necessidade da integração com os dados do ERA5 para uma análise mais robusta e abrangente. Nesse prisma, o projeto tem proporcionado o desenvolvimento de habilidades técnicas e analíticas, contribuindo para minha formação acadêmica e capacitação em análise de dados ambientais com ferramentas modernas. O estudo reforça a importância da integração entre dados observacionais e de reanálise para uma compreensão mais precisa da variabilidade climática regional, fornecendo subsídios para futuras ações de monitoramento e adaptação climática.

---

<sup>1</sup> E-mail: emanuela.garnevi@unifesp.br

<sup>2</sup> E-mail: rodrigo.costa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: fernando.martins@unifesp.br

Palavras-chave: Variabilidade Climática. Sudeste Brasileiro. Séries Temporais. ERA5. Networks. Climate Variability. Southeastern Brazil. Time Series. ERA5. Climate Change.

## **APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE CLUSTER NA CLASSIFICAÇÃO DA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

**Felipe Eduardo Cezarini<sup>1</sup> (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Paula Sayeko Souza Oda<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Evandro Albiach Branco<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este projeto de iniciação científica tem como objetivo categorizar os municípios brasileiros com base em características relacionadas à gestão de riscos de desastres, utilizando técnicas de clusterização para identificar padrões de similaridade entre diferentes localidades. A proposta parte do reconhecimento de que os municípios apresentam grande heterogeneidade quanto às suas capacidades institucionais, recursos disponíveis e condições socioeconômicas, tornando inadequada a utilização de indicadores únicos para avaliar sua capacidade de implementar políticas públicas de gestão de riscos. O desenvolvimento da pesquisa iniciou-se com a identificação, na literatura científica, de indicadores representativos da gestão de riscos e desastres em âmbito municipal. Em seguida, foi organizado um banco de dados contendo informações referentes aos municípios brasileiros para as variáveis selecionadas. Após a etapa de preparação dos dados, foram aplicados métodos de análise multivariada, com destaque para a clusterização. A escolha dos métodos de agrupamento e dos critérios de validação buscou garantir a consistência estatística dos resultados e a interpretação adequada dos agrupamentos obtidos. Posteriormente, foi realizada uma análise comparativa entre os grupos formados, identificando suas principais características, diferenças e semelhanças quanto aos indicadores da gestão de riscos e desastres. Os resultados incluem a identificação de perfis municipais que representem diferentes níveis de capacidade institucional para a gestão de riscos e desastres, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de indicadores mais robustos e para a formulação de políticas públicas diferenciadas conforme as necessidades de cada grupo de municípios. Dessa forma, o estudo busca contribuir para a produção de evidências que auxiliem gestores públicos na definição de estratégias mais eficientes para reduzir riscos e aumentar a resiliência dos municípios brasileiros frente aos desastres.

Palavras-chave: Gestão de riscos de desastres. Clusterização. Capacidade institucional. Municípios brasileiros. Análise multivariada.

---

<sup>1</sup> E-mail: felipe.cezarini23@unifesp.br

<sup>2</sup> E-mail: paula.oda@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: evandro.albiach@inpe.br

**ESTRATÉGIAS PARA REESTRUTURAÇÃO, DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E  
TECNOLÓGICO NO GERENCIAMENTO DE BASE DE DADOS  
INTEGRADOS AO PORTAL WEB DA DIVISÃO DE IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E  
VULNERABILIDADES (DIIAV) DA CIÊNCIAS DA TERRA**

**Felipe Vieira<sup>1</sup> (UNIFEI, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Viviane Regina Algarve<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)  
Luis Henrique da Silva Campos<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

**RESUMO**

A divulgação científica constitui um importante instrumento para a democratização do conhecimento e para o enfrentamento da desinformação, demandando estruturas digitais capazes de organizar, disponibilizar e ampliar o acesso a informações científicas confiáveis. Nesse contexto, este trabalho apresenta atividades desenvolvidas no âmbito da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV), com foco no desenvolvimento e aprimoramento de soluções tecnológicas voltadas à divulgação científica e à gestão de conteúdos digitais. Entre as ações realizadas, destaca-se o desenvolvimento e a implantação de uma plataforma web institucional para o processo de construção participativa do Projeto Político-Pedagógico do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre (PPG-CST), contemplando a organização e disponibilização de documentos, informações institucionais e conteúdos científicos. O desenvolvimento envolveu a utilização de PHP, Apache e tecnologias web, com implementação de arquitetura modular, design responsivo e recursos de acessibilidade, visando proporcionar maior eficiência na navegação e experiência do usuário. Também foram incorporadas medidas de segurança em nível de aplicação e servidor, incluindo controle de acesso a arquivos, cabeçalhos de segurança HTTP, proteção contra execução de scripts e mecanismos de restrição de requisições. Paralelamente, foram realizadas atividades de manutenção e atualização de conteúdos e de acompanhamento do alcance das publicações por meio de ferramentas de análise de dados. Os resultados contribuíram para o fortalecimento da infraestrutura digital da DIIAV e para a ampliação da capacidade de organização, disponibilização e divulgação de informações científicas, favorecendo o acesso do público a conteúdos institucionais e científicos por meio de ambientes digitais mais acessíveis, seguros e eficientes.

Palavras-chave: Divulgação científica. Gestão de dados. Infraestrutura digital. Experiência do usuário.

---

<sup>1</sup> E-mail: felipevieira02@unifei.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: viviane.algarve@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: luis.campos@inpe.br

**VARIABILIDADE SAZONAL DO OZÔNIO  
ESTRATOSFÉRICO E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO  
DE PARTÍCULAS SOBRE A ANOMALIA MAGNÉTICA DA AMÉRICA DO SUL**

**Geisiane da Rocha Sarmento<sup>1</sup> (UFOPA, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Ligia Alves da Silva<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Cristiano Max Wrasse<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

**Lucas Vaz Peres<sup>4</sup> (UFOPA, Coorientador)**

**RESUMO**

A precipitação de partículas energéticas na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA) representa um importante mecanismo de acoplamento entre a magnetosfera e a atmosfera, podendo modificar a composição química das camadas superiores da atmosfera. Essa precipitação pode promover a produção de espécies reativas, como NO<sub>x</sub> e HO<sub>x</sub>, capazes de alterar a composição química da atmosfera e influenciar a distribuição vertical do ozônio, o que é comum nas regiões aurorais e peculiar em regiões de baixa latitude. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar a atividade de ondas de plasma no cinturão interno de radiação e suas possíveis interações ressonantes com elétrons de baixa energia, seguido de uma análise da variabilidade do ozônio sobre a região da SAMA. Foram utilizados dados da missão Van Allen Probes (VAP), especificamente a VAP-B, incluindo medições do campo magnético, da densidade eletrônica e dos parâmetros de polarização obtidos pelo instrumento EMFISIS, assim como, o fluxo diferencial de elétrons de baixa e alta energias obtidos pelos instrumentos HOPE e REPT, respectivamente. Os perfis verticais de ozônio foram obtidos pelo instrumento Microwave Limb Sounder (MLS), a bordo do satélite Aura, na região central da SAMA (25°S, 50°W). Os três eventos analisados apresentaram intensificação das ondas hiss e magnetossônicas, acompanhada por variações no fluxo diferencial de elétrons e aumento da densidade eletrônica. Os parâmetros de polarização apresentaram valores de planaridade superiores a 0,8, atingindo valores próximos de 1,0 durante os intervalos de maior atividade das ondas, enquanto a elipticidade permaneceu predominantemente positiva, variando aproximadamente entre +0,2 e +1,0, corroborando a identificação das ondas hiss e magnetossônicas durante os eventos. A comparação entre os perfis de ozônio e a climatologia mostrou que as maiores alterações se concentraram entre 70 e 97 km de altitude, coincidindo com os períodos de maior atividade magnetosférica associados à precipitação de partículas energéticas sobre a SAMA. Os impactos no ozônio estratosférico nesta região não são evidentes devido a ausência de movimentos verticais na região equatorial, diferenciando-se

---

<sup>1</sup> E-mail: geisi18sarmento@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: ligia.alves01@gmail.com

<sup>3</sup> E-mail: cristiano.wrasse@inpe.br

<sup>4</sup> E-mail: lucasvazperes@gmail.com

das regiões auroras. Os resultados desta pesquisa contribuem significativamente para a compreensão do acoplamento entre a magnetosfera e a atmosfera superior na região da SAMA. pesquisa contribuem significativamente para a compreensão do acoplamento entre a magnetosfera e a atmosfera superior na região da SAMA.

Palavras-chave: Anomalia Magnética do Atlântico Sul. Ozônio. Precipitação de elétrons. Ondas de plasma. Cinturões de Radiação de Van Allen.

## **DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA METEOROLOGIA: O COMBATE À DESINFORMAÇÃO METEOROLÓGICA**

**Giovanna Aparecida Ferreira Mafra<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Diogo Alessandro Arsego<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Rosemary Aparecida Odorizi Lima<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A crescente circulação de informações meteorológicas em redes sociais e plataformas digitais ampliou o acesso do público ao conhecimento científico, mas também favoreceu a disseminação de conteúdos imprecisos, descontextualizados e potencialmente desinformativos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar o papel da divulgação científica no enfrentamento da desinformação meteorológica, analisando a percepção pública sobre informações meteorológicas e os conteúdos publicados no YouTube sobre o fenômeno El Niño. A pesquisa adotou abordagem mista, combinando revisão bibliográfica, aplicação de questionário eletrônico e análise de conteúdo. O questionário, respondido por 438 participantes, avaliou hábitos de consumo de informação, percepção sobre fontes confiáveis e compreensão de conceitos meteorológicos. Paralelamente, foram analisados 52 vídeos do YouTube recuperados por diferentes palavras-chave relacionadas ao El Niño, classificados segundo critérios de qualidade científica, sensacionalismo, linguagem, narrativas, fontes citadas, incentivo à checagem e métricas de alcance. Os resultados indicam que instituições meteorológicas oficiais e meteorologistas são amplamente reconhecidos como fontes confiáveis, embora os respondentes relatem elevada exposição a informações incorretas, especialmente nas redes sociais. Na análise dos vídeos, observou-se predominância de conteúdos cientificamente corretos, porém com diferentes níveis de aprofundamento. A utilização de fontes oficiais, instituições científicas, linguagem técnico-educativa, incentivo à checagem e narrativas explicativas esteve associada às maiores classificações de qualidade científica. Em contrapartida, o número de visualizações não apresentou associação direta com a qualidade científica, sendo observados casos em que vídeos mais superficiais alcançaram médias de visualização superiores às de vídeos mais completos e contextualizados. Esses resultados reforçam que o alcance dos conteúdos meteorológicos nas plataformas digitais depende de fatores distintos daqueles que caracterizam seu rigor científico, evidenciando a importância do fortalecimento da divulgação científica para ampliar a compreensão pública dos fenômenos atmosféricos e enfrentar a desinformação meteorológica.

Palavras-chave: Divulgação científica. Desinformação meteorológica. El Niño. YouTube. Meteorologia. Scientific communication. Meteorological misinformation. El Niño. YouTube. Meteorology.

---

<sup>1</sup> E-mail: giovannamafra@usp.br

<sup>2</sup> E-mail: diogo.arsego@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: rosemary.odorizi@inpe.br

# **DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANA TROCADORA DE ÍONS E ELETRODOS PARA CÉLULA A COMBUSTÍVEL: CARACTERIZAÇÃO DA NAFION 117 COMO MEMBRANA TROCADORA DE PRÓTONS EM SISTEMAS A ETANOL**

**Guilherme Oliveira da Silva<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Isaias de Oliveira<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta a caracterização da membrana comercial Nafion 117 como eletrólito polimérico trocador de prótons para aplicação em células a combustível de etanol direto. O estudo teve como objetivo avaliar as propriedades de transporte iônico da membrana, com foco na absorção de água e na capacidade de troca iônica, tanto protônica quanto aniônica, parâmetros essenciais para compreender seu desempenho como eletrólito polimérico. Amostras circulares de dezesseis milímetros de diâmetro foram preparadas a partir da membrana comercial e submetidas a ensaios de absorção de água e a titulações ácido-base para determinação da capacidade de troca iônica. Os resultados de absorção de água apresentaram média de aproximadamente vinte e um por cento, variando entre dezoito e meio e vinte e dois e meio por cento, valores compatíveis com a literatura e adequados para sustentar os mecanismos de condução protônica por salto e por veículo. A capacidade de troca protônica apresentou valores médios próximos de um miliequivalente por grama, com alta reprodutibilidade entre os experimentos, enquanto a capacidade de troca aniônica mostrou-se significativamente inferior, confirmando o caráter seletivo e predominantemente catiônico da membrana estudada. Os resultados obtidos validam a membrana como padrão de referência para o desenvolvimento de novas soluções de eletrólitos poliméricos aplicados a sistemas de conversão de energia baseados em etanol, sobretudo em contextos estratégicos como o brasileiro. Os ensaios de condutividade protônica por espectroscopia de impedância eletroquímica, previstos para complementar a caracterização, não puderam ser concluídos devido a problemas técnicos no equipamento, já em processo de manutenção, ficando como etapa a ser finalizada na continuidade do projeto.

Palavras-chave: Nafion. Membrana Trocadora de Prótons. Célula a Combustível de Etanol. Absorção de Água. Capacidade de Troca Iônica.

---

<sup>1</sup> E-mail: guilherme.oliveira@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: isaias.oliveira@inpe.br

## **MODERNIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE DADOS GEOESPACIAIS DO LABISA: REFATORAÇÃO DO BANCO POSTGIS E CATÁLOGO DE METADADOS ENMAP**

**Guilherme Yokota Sato<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Cláudio Clemente Faria Barbosa<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Rogério Flores Campos<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**  
**Daniel Andrade Maciel<sup>4</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este trabalho descreve a modernização da infraestrutura de dados geoespaciais do Laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos (LabISA/INPE), para organizar o acervo de medições radiométricas de campo e articulá-lo às imagens hiperespectrais orbitais. No banco anterior, campanhas e estações eram identificadas por valores textuais, o que dificultava os relacionamentos entre tabelas, as estações não possuíam representação espacial e as imagens não eram reunidas em um catálogo. A nova estrutura, implementada em PostgreSQL/PostGIS, passou a identificar campanhas e estações por chaves numéricas, mantendo os nomes como atributos descritivos, e atribuiu às estações geometrias pontuais com índices espaciais. As chaves estrangeiras foram revisadas e as rotinas de importação dos dados radiométricos, adaptadas: durante a carga, os nomes dos arquivos são convertidos para identificadores internos, referências inexistentes ou ambíguas são rejeitadas, cada pasta é processada em uma transação reversível em caso de erro e a deduplicação exata evita repetições sem impedir novas medições. Para os produtos do sensor EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program), foi criado um catálogo que reúne imagens, histórico de importações e vínculos com estações de campo, alimentado por um leitor que extrai dos metadados a identificação, o período de aquisição, o nível de processamento, a cobertura espacial e a qualidade do produto. A associação entre imagens e estações considera a interseção espacial e uma janela temporal de 24 horas, respeitando o fuso da campanha. Como resultado, os metadados centralizados podem ser consultados por data, área de cobertura, processamento e qualidade, e a separação entre dados científicos e metadados organizou o acervo. Além de tornar as cargas mais seguras e reproduzíveis, a infraestrutura permite relacionar produtos hiperespectrais às campanhas de campo e apoiar comparações entre medições in situ e observações orbitais. Embora criado para o EnMAP, o catálogo pode ser ampliado para outros sensores, como o PRISMA (PRecursore IperSpettrale della Missione Applicativa).

Palavras-chave: Banco de dados geoespacial. PostGIS. Sensoriamento hiperespectral. EnMAP. Integração de dados.

---

<sup>1</sup> E-mail: guilherme.yokota20@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: claudio.barbosa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: rogerio.floresjr@gmail.com

<sup>4</sup> E-mail: daniel.maciell@inpe.br

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O ANO DE 2024 E O PERÍODO DE 2019-2023**

**Íris Paraguay Silva<sup>1</sup> (EEL-USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Silvio Nilo Figueroa Rivero<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Débora Souza Alvim<sup>3</sup> (EEL-USP, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A poluição atmosférica configura-se como um dos principais desafios ambientais contemporâneos, sendo agravada no Brasil pelo alto número de veículos a combustão e intensa ocorrência de queimadas, onde os efeitos se propagam por longas distâncias e impactam diretamente a qualidade do ar em regiões densamente povoadas. Em 2024, o Estado de São Paulo enfrentou uma crise ambiental sem precedentes, chegando a capital paulista a ser classificada como a cidade mais poluída do mundo, cenário associado à intrusão de fumaça de incêndios florestais somada a condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes. Diante disso, este trabalho teve como objetivo geral analisar o comportamento dos níveis de poluição atmosférica no Estado de São Paulo durante o ano extremo de 2024, promovendo uma avaliação comparativa em relação ao quinquênio anterior (2019-2023). Para tanto, foram utilizados dados de sensoriamento de modelos de reanálise das plataformas MERRA-2 (NASA/GMAO) e CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service), abrangendo poluentes primários (monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de nitrogênio), poluentes secundários (ozônio troposférico, PAN, ácido nítrico), compostos orgânicos voláteis (isopreno, formaldeído, etano, propano) e aerossóis carbonáceos (black carbon e carbono orgânico), além de variáveis meteorológicas como temperatura e umidade relativa. Os resultados evidenciaram que 2024 registrou as maiores temperaturas médias e os menores índices de umidade relativa de toda a série histórica, condições associadas à atuação prolongada do fenômeno El Niño e à seca extrema que assolou o país. Essa combinação favoreceu tanto a propagação de incêndios florestais quanto a estagnação atmosférica sobre o território paulista. Entre os poluentes analisados, os traçadores de queima de biomassa apresentaram os maiores incrementos relativos frente à linha de base histórica, com destaque para o carbono orgânico (+57,4%), o etano e o propano (+50,6% cada) e o black carbon (+42,3%), todos concentrados nos meses de inverno e transição para a primavera, período de maior intensidade das queimadas no país. Especialmente, observou-se a expansão das plumas de poluentes para além da Região Metropolitana de São Paulo, atingindo praticamente todo o centro-norte do estado, padrão compatível com o transporte regional de fumaça via Jato de Baixos Níveis da América do Sul. Já os poluentes secundários mais complexos, como o ozônio e

---

<sup>1</sup> E-mail: [irispsilvacontato@gmail.com](mailto:irispsilvacontato@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [nilo.figueroa@inpe.br](mailto:nilo.figueroa@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [debora.alvim@eel.usp.br](mailto:debora.alvim@eel.usp.br)

o ácido nítrico, apresentaram variações mais discretas, evidenciando que o aumento das emissões primárias não se traduz de forma linear em maior concentração de produtos fotoquímicos. Conclui-se que a degradação da qualidade do ar em São Paulo durante 2024 resultou da sobreposição entre um cenário climático historicamente anômalo e a intensificação das queimadas em escala nacional, reforçando a relevância do monitoramento contínuo por sensoriamento remoto para utilização em modelos de reanálises atmosféricas como instrumento de apoio à gestão ambiental e à proteção da saúde pública.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Sensoriamento remoto. Queimadas. El Niño. São Paulo. Air pollution. Remote sensing. Wildfires. El Niño. São Paulo.

## **AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES SUBSAZONAIS DO INÍCIO DA ESTAÇÃO CHUVOSA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

**João Carlos dos Santos Silva<sup>1</sup> (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Chou Sin Chan<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Fernanda Cerqueira de Vasconcellos<sup>3</sup> (UFRJ, Coorientadora)**  
**Claudine Dereczynski<sup>4</sup> (UFRJ, Coorientadora)**

### **RESUMO**

As previsões subsazonais, compreendidas entre 15 e 60 dias, representam um dos principais desafios da meteorologia devido à limitada previsibilidade atmosférica nessa escala temporal. Apesar dessa limitação, são de grande importância para o planejamento de atividades em diversos setores. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do modelo Eta, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em representar o início da estação chuvosa na bacia do Alto São Francisco. A área de estudo está compreendida entre 17,0°S e 20,0°S e 43,5°W e 46,5°W, onde-se localiza a região do Alto São Francisco. Utilizou-se como referência os dados de precipitação MSWEP (Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation). Foram analisados os anos de 2013 a 2024, considerando o período entre meados de setembro e novembro, como período da transição de estação. As previsões do modelo Eta abrangeram os meses de outubro e novembro do mesmo intervalo de anos. A precipitação foi acumulada em períodos de dez dias, correspondente a pares consecutivos de pântadas. O critério adotado para o início da estação chuvosa foi a ocorrência de um acumulado igual ou superior a 30mm acumulado em dez dias. Os resultados mostraram que tanto o MSWEP quanto o modelo Eta indicaram, em termos de média e mediana, o início da estação chuvosa no par de pântadas 60/61, evidenciando boa concordância entre as duas bases de dados. Na análise individual dos anos, o modelo Eta antecipou o início da estação chuvosa em quatro dos doze anos avaliados, com antecedência máxima de dois pares de pântadas em relação ao início identificado pelo MSWEP. O modelo apresentou atraso em seis dos doze anos, com um máximo de quatro pares de pântadas de atraso. Em um dos anos houve coincidência exata entre o início estimado pelo modelo Eta e pelo MSWEP, e um caso foi considerado inconclusivo devido à ausência de um início bem definido da estação chuvosa. Esses resultados indicam que o modelo Eta apresenta desempenho consistente na representação do início da estação chuvosa na região estudada. Entretanto, as variações interanuais devem ser consideradas em aplicações operacionais e em estudos de previsão climática.

Palavras-chave: Métricas de avaliação de previsão subsazonal. Modelo Eta/INPE. Previsão estendida.

---

<sup>1</sup> E-mail: joaocarlossilva540@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: chou.chan@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: fernandavasconcellos@igeo.ufrj.br

<sup>4</sup> E-mail: claudine@igeo.ufrj.br

## **MODULAÇÃO DE RAIOS CÓSMICOS PELA ATIVIDADE SOLAR**

**João Gabriel Sant’Ana Rodrigues<sup>1</sup> (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Alisson Dal Lago<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Juliano Moro<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este trabalho investiga a modulação dos raios cósmicos primários (do inglês Primary Cosmic Rays – PCRs), que são partículas de alta energia originadas em supernovas, em decorrência da atividade magnética solar. Durante períodos de intensa atividade do Sol, as Ejeções de Massa Coronal (do inglês Coronal Mass Ejection - CMEs) atuam como uma blindagem magnética, reduzindo o fluxo de PCRs que atingem a Terra. Consequentemente, ocorre uma diminuição na produção de raios cósmicos secundários observados na superfície terrestre, em especial os múons. Para monitorar as variações dos múons e estudar o intervalo de tempo de recuperação do fluxo dessas partículas, o presente trabalho utiliza os dados do detector de múons do Observatório Espacial do Sul (OES/INPE), localizado em São Martinho da Serra (RS), que integra a Rede Global de Detectores de Múons (GMDN). O equipamento é composto por 72 módulos distribuídos em duas camadas, e passou por uma renovação em seu sistema eletrônico e ampliação de sua área de detecção entre junho e julho de 2025. Essa modernização estrutural foi fundamental para permitir um avanço na precisão do monitoramento da influência solar sobre os raios cósmicos. A análise da variação na contagem de múons no período entre 20 de outubro e 17 de novembro de 2025 confirmaram a detecção do fenômeno conhecido como Decréscimo de Forbush em resposta a uma série de explosões solares de classe X e CMEs ocorridas no período. Consequentemente, foi observado uma queda na contagem de múons de 5% no dia 12 de novembro de 2025.

Palavras-chave: Raios Cósmicos. Múons. Tempestade Geomagnética. Detector de Múons.

---

<sup>1</sup> E-mail: joao.ana@acad.ufsm.br

<sup>2</sup> E-mail: alisson.dallago@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: juliano.moro@inpe.br

## **DETERMINAÇÃO DA COLUNA TOTAL DE OZÔNIO E ÍNDICE DE UV UTILIZANDO ESPECTROFOTÔMETRO BREWER**

**João Rafael de Souza Dantas<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Maria Paulete Pereira Martins<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Francisco Raimundo da Silva<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

A camada de ozônio exerce papel fundamental na absorção de radiação ultravioleta, contribuindo para a proteção dos ecossistemas e da saúde humana. Em regiões tropicais, como Natal-RN, onde são observados elevados níveis de radiação ultravioleta ao longo do ano, o monitoramento de variáveis como a coluna total de ozônio e do índice UV torna-se de grande relevância. Além de apresentar condições favoráveis para os estudos atmosféricos, a cidade de Natal é uma das pioneiras no monitoramento do ozônio atmosférico no Brasil, integrando a rede internacional de observação com espectrofotômetros Brewer e Dobson, além das sondagens de ozônio. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo acompanhar as atividades relacionadas à determinação da coluna total de ozônio e do índice UV, utilizando o espectrofotômetro Brewer do Laboratório de Variáveis Atmosféricas Tropicais (LAVAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram realizadas atividades de capacitação na operação do instrumento, acompanhamento das rotinas de aquisição automática de dados e estudo dos produtos gerados pelo equipamento. Paralelamente iniciou-se o desenvolvimento de rotinas computacionais em Python destinadas à análise comparativa das medições obtidas pelo Brewer e Dobson, com o objetivo de futuramente integrar essas rotinas às demais ferramentas de análise de dados do LAVAT. Como resultados parciais, foi consolidado o conhecimento das rotinas operacionais do espectrofotômetro Brewer e desenvolvidas as primeiras ferramentas para comparação entre diferentes técnicas de monitoramento da coluna total de ozônio. As atividades realizadas constituem a base para o prosseguimento do projeto, contribuindo para o aprimoramento das análises comparativas e para o fortalecimento das atividades de monitoramento atmosférico desenvolvidas no LAVAT.

Palavras-chave: Camada de ozônio. Espectrofotômetro Brewer. Radiação UV. Variáveis atmosféricas. Sondagem de ozônio. Espectrofotômetro Dobson.

---

<sup>1</sup> E-mail: rafael.dantas.018@ufrn.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: maria.paulete@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: francisco.raimundo@instituicao.br

## **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DA IRRADIÂNCIA SOLAR DIFUSA APLICADOS AO LEVANTAMENTO DE RECURSO SOLAR EM NATAL (RN)**

**João Vitor Batista Silva<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**André Rodrigues Gonçalves<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**George Santos Marinho<sup>3</sup> (UFRN, Coorientador)**

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo validar e analisar dados de irradiância solar global (GHI) e difusa (DHI) obtidos pela estação solarimétrica da rede SONDA, operada pelo LAVAT/INPE em Natal-RN, utilizando dados referentes ao ano de 2025, com foco na consistência e confiabilidade das medições empregadas em estudos climáticos e aplicações em energia solar. Para isso, foram utilizados protocolos de validação recomendados pelo CGCT/INPE, baseados nos critérios da Baseline Surface Radiation Network (BSRN), aplicando algoritmos específicos para variáveis radiométricas. O processamento dos dados foi realizado em Python por meio da plataforma Google Colab, contemplando testes de qualidade física, identificação de inconsistências, substituição de valores inválidos por NaN e criação de colunas corrigidas. A partir das séries validadas, foram estudadas as relações entre a fração difusa ( $K_d$ ) e o índice de claridade ( $K_t$ ), aplicando filtros baseados no ângulo zenital e na irradiância mínima. Em seguida, foram avaliados diferentes modelos de estimativa da fração difusa, incluindo o modelo clássico de Erbs, o modelo BRL, um ajuste polinomial de quarto grau e um modelo baseado em aprendizado de máquina (Random Forest), comparando seu desempenho por meio das métricas de raiz do erro quadrático médio (RMSE) e viés. Os resultados indicam que os modelos ajustados aos dados locais apresentaram desempenho superior ao modelo tradicional de Erbs, reduzindo significativamente o erro de estimativa e o viés. Este estudo contribui para o aprimoramento dos modelos de estimativa da irradiância difusa e reforça a importância do desenvolvimento de modelos adaptados às condições climáticas locais para aplicações em energia solar.

Palavras-chave: Irradiância solar difusa. Fração difusa. Índice de claridade. Random Forest. Energia solar. Modelagem estatística.

---

<sup>1</sup> E-mail: vitor.batista@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: andre.goncalves@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: george.marinho@ufrn.br

## ESTIMATIVA E REPRESENTAÇÃO DO CAMPO GEOELÉTRICO INDUZIDO POR TEMPESTADES MAGNÉTICAS

Jorge Camasmie Nunes<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Karen Viviana Espinosa Sarmiento<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)  
Livia Ribeiro Alves<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)

### RESUMO

Tempestades magnéticas são perturbações do campo magnético terrestre causadas pela interação do vento solar com a magnetosfera. As rápidas variações geomagnéticas associadas a esses eventos induzem campos elétricos na superfície terrestre, podendo gerar Correntes Geomagneticamente Induzidas (GICs) que afetam redes elétricas e sistemas de comunicação. Embora mais intensas em altas latitudes, as GICs também ocorrem na América do Sul, onde sua magnitude depende tanto das variações do campo magnético quanto da estrutura regional de condutividade elétrica em subsuperfície. Nesse contexto, foi desenvolvido um dashboard em Python/Streamlit para estimativa do campo geoeletrico, integrando dados geomagnéticos da rede Embrace-Magnet e tensores de impedância magnetotelúrica. Os dados magnéticos são adquiridos do servidor Embrace, convertidos para unidades físicas e componentes cartesianas, submetidos à remoção de outliers, preenchimento de lacunas e remoção de tendência. As componentes horizontais  $B_x$  e  $B_y$  são transformadas para o domínio da frequência via Transformada Rápida de Fourier, enquanto os elementos do tensor de impedância ( $Z_{xx}$ ,  $Z_{xy}$ ,  $Z_{yx}$ ,  $Z_{yy}$ ) são reconstruídos a partir das partes real e imaginária e interpolados por splines cúbicas em escala logarítmica. Os campos geoeletricos  $E_x$  e  $E_y$  são obtidos pela multiplicação do tensor de impedância pelos espectros magnéticos e posteriormente convertidos ao domínio temporal pela Transformada Inversa de Fourier. A aplicação foi avaliada durante a tempestade geomagnética extrema G5 de 10–12 de maio de 2024, utilizando as estações magnéticas de São Luís (SLZ; 2,59417° S, 44,20972° O) e São José dos Campos (SJC; 23,20862° S, 45,96353° O), associadas às estações magnetotelúricas BAC (4,24000° S, 44,80000° O) e APG33 (23,68400° S, 51,72200° O), respectivamente. Os resultados indicaram predominância da componente  $E_y$ , com amplitudes próximas a  $-50 \text{ mV/km}$  no nordeste e  $-80 \text{ mV/km}$  no sudeste do Brasil. Essas diferenças refletem a influência conjunta da intensidade da tempestade, de fenômenos regionais como o Eletrojato Equatorial e a Anomalia Magnética do Atlântico Sul, além dos contrastes locais de condutividade. O modelo desenvolvido integra dados geomagnéticos e magnetotelúricos, tornando o dashboard uma ferramenta para análise regional de campos geoeletricos e avaliação da suscetibilidade às GICs.

Palavras-chave: Tempestades Geomagnéticas. Campo Geoeletrico. Método Magnetotelúrico. Correntes Geomagneticamente Induzidas.

---

<sup>1</sup> E-mail: [jocasmienunes@gmail.com](mailto:jocasmienunes@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [karen.sarmiento@inpe.br](mailto:karen.sarmiento@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [livia.alves@inpe.br](mailto:livia.alves@inpe.br)

## ESTUDO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO PARA APLICAÇÃO NO CLIMA ESPACIAL

**Jorge Dario Soares Angulo<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Carolina de Sousa do Carmo<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Joaquim Eduardo Rezende Costa<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### RESUMO

Este trabalho visa analisar métodos de previsão multivariada em larga escala para dados do clima espacial, com foco em algoritmos de aprendizado de máquina e estatística clássica. A previsão do clima espacial é crucial para mitigar danos em infraestruturas terrestres e orbitais causados por tempestades geomagnéticas, dada a complexidade estocástica inerente de estimar valores futuros. O estudo confronta o modelo Long Short-Term Memory (LSTM), arquitetura não linear de Redes Neurais Recorrentes, com o modelo Autorregressivo Vetorial (VAR) para estabelecer um comparativo de desempenho preditivo. O objetivo principal é a previsão multi-passos ( $t+1$  a  $t+6$ ) do índice  $H_p60$ , um indicador horário que quantifica o clima espacial e se baseia no clássico índice  $K_p$ , que possui uma segmentação em níveis para o estado magnetosférico em: período calmo ( $K_p \leq 4$ ) e perturbado ( $K_p \geq 5$ ), com subdivisões de G1 a G5. Os dados utilizados cobrem o período completo de 2022 a 2024, na qual registrou tempestades geomagnéticas contemplando todas as subdivisões da escala. Para aprimorar a robustez preditiva, a inércia do índice  $H_p60$  foi integrada a três variáveis exógenas contínuas de vento solar e atividade auroral: Componente Z do Campo Magnético Interplanetário (Bz), Velocidade do Plasma (km/s) e o índice Eletrojato Auroral (AE). A avaliação dos resultados baseou-se em métricas como o Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ). Os resultados empíricos demonstram que o modelo linear (VAR) apresenta superioridade em previsões de curtíssimo prazo ( $t+1$ ) e em regimes geomagnéticos calmos, refletindo a forte autocorrelação da série. Em contrapartida, a arquitetura LSTM superou o modelo estatístico nos horizontes mais longos e, sobretudo, durante tempestades severas (classes G3 a G5), mitigando o desbalanceamento de classes através de funções de perda ponderadas e hiperparametrização robusta.

Palavras-chave: Clima espacial. Previsão de séries temporais. Redes neurais recorrentes. Autorregressão vetorial. Tempestades geomagnéticas.

---

<sup>1</sup> E-mail: [jorge.angulo@usp.br](mailto:jorge.angulo@usp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [carolina.carmo@inpe.br](mailto:carolina.carmo@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [joaquim.costa@inpe.br](mailto:joaquim.costa@inpe.br)

## **ESTUDO DA FÍSICA DOS RAIOS COM CÂMERA DE ALTA VELOCIDADE**

**José Mateus Rocha Silva<sup>1</sup> (E.E. Profa. Maria L.G. Medeiros, Bolsista PIBIC-EM/CNPq)**

**Ivan Toucedo Cruz<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Marcelo Magalhães Fares Saba<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Os raios são descargas elétricas atmosféricas geradas pela separação de cargas elétricas no interior de nuvens de tempestade, constituindo um importante objeto de estudo para a compreensão dos processos elétricos que ocorrem na atmosfera. Este trabalho teve como objetivo realizar a pré-análise de vídeos brutos registrados por câmeras de alta velocidade, identificando as descargas elétricas de interesse e preparando os registros para etapas posteriores de análise. A metodologia consistiu na análise de vídeos obtidos por câmeras de alta velocidade Phantom V2012 e Phantom V310, configuradas para adquirir entre 15.000 e 40.000 imagens por segundo, que registraram descargas elétricas atmosféricas na região de Joanesburgo, África do Sul. Para a visualização dos registros e a identificação do instante exato de ocorrência de cada descarga elétrica, utilizou-se o software Phantom PCC (Phantom Camera Control), responsável pelo gerenciamento e pela visualização quadro a quadro dos vídeos. Durante o verão de 2021/2022, foram analisadas 120 descargas elétricas, sendo 3 do tipo intranuvem (raios que não estabelecem contato com o solo), 102 do tipo descendente (raios que se iniciam na nuvem e se propagam em direção ao solo), 4 do tipo ascendente (raios que se iniciam no solo e se desenvolvem em direção a nuvem de tempestade) e 11 ocorridas fora do campo de visão da câmera. Já no verão de 2022/2023, foram analisadas 75 descargas elétricas, das quais 15 eram do tipo intranuvem, 34 do tipo descendente, 6 do tipo ascendente e 20 ocorreram fora do campo de visão da câmera. Após essa identificação, os vídeos serão recortados, preservando apenas os trechos de interesse, de modo a otimizar as etapas subsequentes de processamento e análise.

Palavras-Chave: Raios. Câmeras de Alta Velocidade. Phantom PCC. Pré-Processamento de Vídeos.

---

<sup>1</sup> E-mail: josemateusrochas@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: ivan.cruz@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: marcelo.saba@inpe.br

## DESENVOLVIMENTO DE CIRCUITO ELETRÔNICO PARA RADIÔMETROS COMPACTOS

Júlia Harue Katsurayama<sup>1</sup> (UNIFESP, Bolsista PIBITI/CNPq)

Fernando Guarnieri<sup>2</sup> (INPE, Orientador)

Franciele Carlesso<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)

### RESUMO

O principal meio que o Sol afeta a Terra é pelo fornecimento de energia radiante, o que inclusive permite a vida no planeta. Assim, o monitoramento da Irradiância Solar Total (TSI) é fundamental para entender os efeitos gerados por essa radiação no ambiente terrestre. Um meio de medir a TSI é utilizando um radiômetro de substituição elétrica (ESR). Ele é um instrumento que funciona a partir da comparação da potência óptica absorvida com a potência elétrica, ou seja, o aquecimento gerado pelo circuito elétrico deve ser igualado ao causado pelo Sol, chegando na mesma temperatura. Considerando que a quantidade de instrumentos utilizados para medir a TSI com alta precisão é limitada atualmente, principalmente pelo alto custo e complexidade das missões científicas em que são utilizados, o desenvolvimento de instrumentos mais compactos e leves pode contribuir para o aumento de sua disponibilidade. Com isso, neste trabalho é desenvolvido o circuito eletrônico para radiômetro compacto. O circuito montado utiliza um microcontrolador ESP32 para ler e armazenar as temperaturas obtidas, além de controlar a potência dissipada em uma resistência de aquecimento por meio de um sinal de modulação por largura de pulso (PWM) para liberar ou não a passagem de corrente por um transistor MOSFET de chaveamento, assim, o controle altera o duty cycle do PWM enviado ao MOSFET. O controle do aquecimento foi feito utilizando um controlador proporcional–integral–derivativo (PID), alterando os parâmetros para que funcione idealmente sem sobressinal e erro em estado estacionário. Ainda é previsto adicionar uma lookup table para consultar a potência necessária para determinadas faixas de temperatura para que se aproxime mais rápido da temperatura desejada, e utilizar o controle PID apenas para ajuste fino. Portanto, neste trabalho foi possível montar um circuito teste inicial, com controle funcionando adequadamente, o que possibilita o progresso no desenvolvimento de radiômetros compactos futuramente.

Palavras-chave: Radiômetro Compacto. Circuito eletrônico. Controle PID.

---

<sup>1</sup> E-mail: julia.katsurayamah@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: fernando.guarnieri@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: franciele.carlesso@inpe.br

## **DESENVOLVIMENTO DE CATALISADORES A BASE DE ÓXIDOS SUPORTADOS EM ALUMINA PARA EMPREGO EM SISTEMAS PROPULSIVOS LÍQUIDOS**

**Júlia Lima Siqueira<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Sayuri Okamoto<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Luís Gustavo Ferroni<sup>3</sup> Pereira (ITA, Coorientador)**

### **RESUMO**

O projeto teve como objetivo caracterizar catalisadores à base de óxidos suportados em alumina, desenvolvidos para aplicação em sistemas propulsivos líquidos de satélites que utilizam peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) concentrado como monopropelente. Essa linha de pesquisa busca substituir a hidrazina, propelente altamente tóxico e carcinogênico, por uma alternativa mais segura, eficiente e ambientalmente sustentável. Inicialmente, os resultados experimentais obtidos durante a síntese dos catalisadores foram analisados por meio de planejamento de experimentos, utilizando ferramentas estatísticas para avaliar a influência das variáveis de processamento sobre a atividade catalítica. Foram elaborados gráficos de Pareto, gráficos de probabilidade normal, análise de variância (ANOVA) e superfícies de resposta, permitindo identificar os fatores mais significativos e compreender suas interações. Complementarmente, os catalisadores foram caracterizados por adsorção física de nitrogênio (método BET), possibilitando a determinação da área superficial específica, do volume e da distribuição de poros. A correlação entre os resultados estatísticos e as propriedades texturais dos materiais contribuiu para uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a eficiência da decomposição catalítica do  $H_2O_2$ . O estudo reforça o potencial desses catalisadores para aplicações em sistemas de propulsão espacial e contribui para o avanço do desenvolvimento de propelentes verdes (green propellants).

Palavras-chave: Peróxido de hidrogênio. Catalisadores suportados. Área superficial específica. Método BET. Planejamento de experimentos. Propelentes verdes.

---

<sup>1</sup> E-mail: julialima170422@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: sayuri.okamoto@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: lgustavoferroni@ita.br

## **AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA SAÚDE RELACIONADOS AO CALOR: COMPARAÇÃO DE DIFERENTES DEFINIÇÕES DE ONDA DE CALOR**

**Júlia Teixeira Santos<sup>1</sup> (UNIFEI, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Ariane Frassoni<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**João Paulo Assis Gobo<sup>3</sup> (UNIR, Coorientador)**  
**Raul Pereira Chiaradia<sup>4</sup> (Profissional da Área Médica, CRMMG 61542)**

### **RESUMO**

Ondas de calor (OC) têm se tornado mais frequentes e intensas em decorrência do aumento da temperatura média global associado às mudanças climáticas. O estresse térmico provocado por OC pressiona os sistemas de saúde, aumentando as internações hospitalares, especialmente entre idosos. Entre 24/04 e 05/05 de 2024, um episódio de calor extremo foi registrado na Região Sudeste do Brasil, com ampla repercussão na mídia. Este trabalho tem como objetivo identificar a ocorrência de OC durante o referido período por meio de duas metodologias e avaliar se a escolha do método influencia a estimativa dos impactos sobre a saúde da população idosa ( $\geq 60$  anos) de São José dos Campos (SJC/SP). Foram utilizados dados diários de temperatura máxima (tmax), mínima (tmin) e umidade relativa diária (UR) da CETESB, além de registros de internações hospitalares do DATASUS para doenças dos sistemas circulatório (CID-I) e respiratório (CID-J). O primeiro método (OC1), adotado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), define uma OC como um período de pelo menos cinco dias consecutivos em que a tmax excede a climatologia em pelo menos 5°C. O segundo método (OC2) considera um período mínimo de três dias consecutivos em que a tmax ultrapassa a climatologia acrescida de um desvio padrão. Os resultados indicaram que entre os dias 24/04 e 05/05 foram observadas 34 admissões hospitalares CID-I e 8 CID-J (42 no total). As tmax variaram de 28°C a 34°C e as tmin de 17°C a 22°C, além de UR variando de 56,5% a 67,5% (condições mais secas que o normal). A partir do método OC1, um episódio de OC foi identificado com início em 28/04, enquanto o método OC2 indicou o início da OC em 27/04, ambos perdurando pelo menos até o dia 05/05. A antecipação observada da OC no OC2 decorre do limiar estatístico menos restritivo que o aplicado no OC1. Durante a OC identificada com o OC1, ocorreram 26 internações CID-I e cinco CID-J, enquanto o método OC2 incluiu uma internação adicional por CID-I. Observou-se aumento expressivo das internações a partir de 02/05, sugerindo um efeito defasado da exposição ao calor, compatível com estudos epidemiológicos que apontam atrasos de um a cinco dias, especialmente para CID-I. Em 02/05 foram registrados a maior tmax (33,6°C) e a menor UR (56,5%) do período analisado,

---

<sup>1</sup> E-mail: santostjulia@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: ariane.frassoni@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: joao.gobo@unir.br

<sup>4</sup> E-mail: raulpereirachiaradia@yahoo.com.br

seguidos, no dia seguinte, pelo pico de internações (13 CID-I e 4 CID-J). Os resultados reforçam a hipótese de associação entre calor extremo, baixa UR e aumento das internações, sobretudo por CID-I. As internações CID-J são menos numerosas, o que pode indicar menor sensibilidade ao calor ou simplesmente menor número de casos disponíveis, dificultando a identificação de um padrão claro. A diferença entre os métodos sugere que sua escolha pode influenciar a identificação do momento em que os impactos sobre a saúde começam a se manifestar, um aspecto que poderá ser investigado por meio de análises de defasagem temporal ou modelos epidemiológicos. Como continuidade da pesquisa, o período de análise será estendido, e serão aplicados outros métodos de identificação de OC, buscando avaliar como diferentes critérios podem modificar a estimativa dos impactos associados à saúde da população.

Palavras-chave: Ondas de Calor. Saúde Pública. Idosos. Temperatura do Ar.

## **PROJETO EDUCAÇÃO - EXTENSÃO EDUCACIONAL, AMBIENTAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM PARCERIAS COM INSTITUIÇÕES E UNIVERSIDADES E DIVULGAÇÃO**

**Juliana Maria Ribeiro Jacinto<sup>1</sup> (FATEC Cruzeiro, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Rosemary Aparecida Odorizi Lima<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Antonio Marcos Vianna Campos<sup>3</sup> (INPE, Colaborador)**

### **RESUMO**

Este trabalho integra ações de extensão educacional, científica, ambiental e tecnológica desenvolvidas em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), com apoio do Programa Educação, da Secretaria Municipal de Educação de Guaratinguetá-SP e da Secretaria Municipal de Educação de Cachoeira Paulista-SP, evidenciando como essas colaborações têm fortalecido a formação de estudantes e impulsionado a pesquisa científica no Brasil. A iniciativa visa promover a educação ambiental, científica e tecnológica por meio de parcerias estratégicas entre instituições de ensino e centros de pesquisa, ampliando o alcance, a efetividade e o impacto social das atividades de extensão. Por meio de revisão bibliográfica e do acompanhamento prático das ações em curso, são destacadas conquistas fundamentais decorrentes da integração entre universidade e INPE, com ênfase na transferência de conhecimento e na aplicação de tecnologias acessíveis. Como exemplo dessas ações, destaca-se o desenvolvimento de uma estação meteorológica de baixo custo, conduzido por estudantes bolsistas sob orientação de pesquisadores, com foco na coleta autônoma de dados climáticos por meio da plataforma Arduino, além da disseminação do conhecimento produzido por meio de cursos, exposições em escolas e eventos associados ao programa. Além do caráter formativo e científico, o projeto reforça a importância da troca de saberes entre diferentes áreas do conhecimento e instituições, promovendo maior aproximação com a sociedade por meio da divulgação científica e da aplicabilidade prática dos resultados. Por fim, o trabalho propõe uma reflexão sobre a relevância do investimento contínuo em projetos de extensão como ferramenta de transformação educacional e social.

Palavras-chave: Extensão Científica. INPE. Educação Ambiental. Estação Meteorológica. Divulgação Científica.

---

<sup>1</sup> E-mail: [juliana.jacinto@inpe.br](mailto:juliana.jacinto@inpe.br)

<sup>2</sup> E-mail: [rosemary.odorizi@inpe.br](mailto:rosemary.odorizi@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [marcos.vianna@inpe.br](mailto:marcos.vianna@inpe.br)

## **ANÁLISE DE DADOS PARA A BUSCA POR SINAIS TRANSIENTES DE ONDAS GRAVITACIONAIS**

**Karine Victoria Amaral Barbosa<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**José Carlos Neves de Araujo<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Márcio Eduardo da Silva Alves<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Ondas gravitacionais são perturbações causadas no espaço-tempo, geradas a partir da fusão de objetos compactos. O evento GW150914 foi o primeiro sinal de ondas gravitacionais, detectado em 2015, confirmando experimentalmente previsões da teoria da Relatividade Geral de Einstein. Para a detecção de ondas gravitacionais, são utilizados interferômetros Michelson aperfeiçoados, que têm como saída séries temporais contendo dados de strain. Neste trabalho, com o auxílio do pacote de software GWPy, são analisadas séries temporais de strain e sua representação no domínio da frequência por meio da aplicação de um algoritmo da transformada de Fourier, a “Fast Fourier Transform” (FFT). Utilizando ferramentas do GWpy, os dados de sinais transientes foram filtrados e foram feitas análises por meio de gráficos do strain no domínio do tempo, no domínio da frequência e espectrogramas. Com isso, é possível observar o processo de aproximação dos dois objetos compactos, no qual, há um aumento progressivo da intensidade e da frequência da emissão de ondas gravitacionais até a sua coalescência. Este fenômeno é conhecido como chirp e pode ser observado tanto no gráfico temporal do strain quanto no espectrograma. Dessa forma, após a avaliação de eventos gravitacionais, notou-se que é possível fazer uma análise sobre ondas gravitacionais utilizando programação em Python, distinguindo o sinal gravitacional dos diversos ruídos instrumentais.

Palavras-chave: Ondas Gravitacionais. Análise de dados. Séries temporais. GWpy. Strain. Gravitational waves. Data analysis. Time series. GWpy. Strain.

---

<sup>1</sup> E-mail: karine.amaral@unesp.br

<sup>2</sup> E-mail: jcarlos.dearaujo@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: marcio.alves@inpe.br

## **CARACTERIZAÇÃO DA QUÍMICA ATMOSFÉRICA NA AMAZÔNIA COM BASE EM OBSERVAÇÕES AÉREAS NO PROJETO CAFE-BRASIL**

**Kaue Padilha de Souza<sup>1</sup> (EEL-USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Dirceu Luis Herdies<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Débora Souza Alvim<sup>3</sup> (EEL-USP, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A composição química da atmosfera amazônica é fortemente controlada pela interação entre emissões biogênicas, queimadas, transporte convectivo e processos fotoquímicos, influenciando diretamente a formação de aerossóis, nuvens, precipitação e o balanço radiativo regional. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a distribuição vertical de compostos químicos atmosféricos e variáveis meteorológicas durante a campanha internacional CAFE-Brazil (Chemistry of the Atmosphere: Field Experiment in Brazil). Foram analisados dados obtidos entre dezembro de 2022 e fevereiro de 2023, durante 22 voos científicos (RF01–RF22) da aeronave de pesquisa HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft), totalizando aproximadamente 200 horas de observações com perfilamentos verticais entre 1 e 13 km de altitude sobre a Amazônia Central. O processamento dos dados foi realizado em ambiente Python, incluindo controle de qualidade, integração temporal, construção de perfis verticais e análise conjunta entre parâmetros meteorológicos e constituintes atmosféricos. Os resultados mostraram uma estrutura atmosférica típica da estação chuvosa amazônica, com redução da temperatura de aproximadamente 300–305 K na superfície para cerca de 230 K na alta troposfera, enquanto a velocidade do vento aumentou de valores inferiores a 10 m s<sup>-1</sup> para mais de 30 m s<sup>-1</sup> acima de 10 km, favorecendo o transporte de gases e aerossóis em altitude. A umidade relativa permaneceu entre 60 e 100% na camada limite, apresentando episódios inferiores a 20% entre 4 e 9 km, associados à intrusão de ar seco, enquanto sistemas convectivos promoveram intenso transporte vertical de umidade para níveis superiores a 11 km. Entre os compostos químicos analisados, o isopreno apresentou as maiores concentrações na baixa troposfera (0,3–0,8 ppb), refletindo sua origem predominantemente biogênica, com evidências de transporte convectivo para altitudes superiores a 6 km durante eventos de convecção profunda. O ozônio apresentou gradiente vertical crescente, variando de aproximadamente 20–40 ppbv próximo à superfície para valores superiores a 80 ppbv acima de 12 km, indicando a atuação combinada da fotoquímica atmosférica, do transporte convectivo e de intrusões estratosféricas. O clorometano (CH<sub>3</sub>Cl) apresentou concentrações entre 0,5 e 0,7 ppb, funcionando como importante traçador de queimadas, enquanto o 3-metilfurano, com

---

<sup>1</sup> E-mail: [kauepadilha22@usp.br](mailto:kauepadilha22@usp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [dirceu.herdies@inpe.br](mailto:dirceu.herdies@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [debora.alvim@eel.usp.br](mailto:debora.alvim@eel.usp.br)

concentrações entre 0,01 e 0,04 ppb, evidenciou a oxidação de compostos orgânicos voláteis e a influência da combustão de biomassa. Os aerossóis orgânicos apresentaram concentrações entre 1,5 e 3,5  $\mu\text{g m}^{-3}$ , demonstrando contribuição tanto da formação secundária quanto das emissões provenientes de queimadas, enquanto o sulfato atingiu concentrações próximas de 1,6  $\mu\text{g m}^{-3}$ , indicando processos de oxidação atmosférica e transporte regional. A análise integrada dos perfis verticais permitiu identificar diferentes regimes atmosféricos durante a campanha, incluindo episódios de atmosfera pristine, caracterizados por elevada umidade, baixas concentrações de ozônio e reduzida influência de queimadas; eventos associados a plumas de biomassa, identificados pelo aumento simultâneo de ozônio, clorometano e aerossóis orgânicos; e episódios de convecção profunda, responsáveis pelo transporte vertical de gases traço e aerossóis para a média e alta troposfera. Esses resultados demonstram que a distribuição vertical dos constituintes atmosféricos na Amazônia durante a estação chuvosa é fortemente controlada pela interação entre emissões biogênicas, queimadas e dinâmica atmosférica, contribuindo para o aprimoramento da compreensão da química atmosférica tropical, da validação de modelos atmosféricos e das estimativas de impactos climáticos e da qualidade do ar.

Palavras-chave: Aerossóis. Gases traço. Amazônia. Química atmosférica. Medidas com Avião.

## MECANISMOS DE ACELERAÇÃO DE ELÉTRONS NA MAGNETOSFERA

**Kemilly Seibel dos Santos<sup>1</sup> (IFC, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Livia Ribeiro Alves<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Karen Júlia Coldebella Ferreira<sup>3</sup> (INPE/NASA, Coorientadora)**

### RESUMO

A compreensão dos mecanismos de transporte e aceleração de partículas na magnetosfera terrestre é fundamental para prever os impactos do clima espacial em tecnologias modernas, como satélites e sistemas de posicionamento global. Este trabalho de iniciação científica teve como objetivo investigar como elétrons de baixa energia provenientes da magnetocauda atingem níveis relativísticos nos cinturões de radiação de Van Allen, focando-se nos mecanismos adiabáticos de aceleração do tipo Betatron e Fermi durante injeções de partículas. A metodologia integrou abordagens teóricas, experimentais e computacionais. No laboratório, utilizou-se o experimento do Tubo de Raios Catódicos para fins quantitativos, permitindo a visualização do raio de Larmor e a estimativa da razão carga-massa do elétron. Além disso, o tubo de Crookes possibilitou uma análise qualitativa sobre a mudança de trajetória de uma partícula carregada quando submetida a um campo magnético e a produção de luz visível devido a colisão entre partículas. Na vertente computacional, foram desenvolvidas rotinas em linguagem Python para calcular trajetórias de partículas e realizar uma estimativa de primeira aproximação dos ganhos energéticos, fundamentada na conservação dos invariantes adiabáticos durante eventos de injeção radial de partículas da magnetocauda para a magnetosfera interna. Os resultados experimentais para a razão carga-massa apresentaram um erro de aproximadamente cinco por cento em relação ao valor aceito na literatura. As simulações numéricas confirmaram que o transporte radial adiabático de partículas a partir de vinte raios terrestres em direção à Terra pode elevar a energia de elétrons para patamares relativísticos. No cenário analisado, o mecanismo Bétatron apresentou um fator de ganho de sessenta e quatro vezes na energia perpendicular em relação ao vetor campo magnético, superando o ganho de dezesseis vezes na energia na direção paralela gerado pelo mecanismo Fermi. Conclui-se que a integração entre a prática laboratorial e a simulação numérica é eficaz para consolidar o entendimento das leis fundamentais do eletromagnetismo e sua aplicação em maior escala. O domínio desses conceitos permite avançar para a interpretação da dinâmica de sistemas magnetizados em escala planetária, possibilitando uma compreensão mais abrangente dos processos que caracterizam o ambiente espacial. Esse conhecimento é relevante para a avaliação dos efeitos

---

<sup>1</sup> E-mail: kemi.seibel@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: livia.alves@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: karen.coldebella@gmail.com

desses processos sobre sistemas tecnológicos em órbita e para o desenvolvimento de estratégias voltadas à redução dos riscos associados à atividade espacial.

Palavras-chave: Força de Lorentz. Raio de Larmor. Magnetosfera.

## **CALIBRAÇÃO DE DADOS DE RADARES METEOROLÓGICOS PARA APLICAÇÕES EM MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO**

**Laura Hübner Tessari Braz<sup>1</sup> (IAG/USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Thiago Souza Biscaro<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Rachel Ifanger Albrecht<sup>3</sup> (IAG/USP, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A precisão no monitoramento da precipitação é fundamental para diversas aplicações em hidrologia e meteorologia. No entanto, uma das maiores fontes de erro na estimativa de precipitação é a calibração dos radares de superfície (Ground Radars - GR), que podem resultar em uma medida da precipitação sistematicamente maior ou menor do que a real, em função de um viés nos valores de refletividade. Este trabalho foca na identificação e correção desses vieses para cinco radares do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), disponíveis na base de dados do INPE, localizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil: São Roque, Santiago, Canguçu, Morro da Igreja e Pico do Couto. Em continuação ao projeto iniciado no ano passado, a metodologia empregada neste estudo baseia-se no método de correspondência de volumes (Volume Matching Method - VMM), que permite uma comparação quantitativa das refletividades de um radar a bordo de satélite (Spaceborne Radars - SR) e um radar de solo com processamento espacial mínimo dos dois conjuntos de dados. As interseções entre um feixe do SR e uma varredura do GR são identificadas, e as refletividades de ambos os instrumentos são calculadas para igualar aproximadamente os volumes da amostra. Esta comparação é realizada mais especificamente com os dados do radar de precipitação de bordo (DPR) da missão Global Precipitation Measurement (GPM), rede internacional de satélites que fornece observações globais de chuva e neve, disponibilizados pela NASA. Utilizando a linguagem de programação Python via Google Colab, aplicou-se o VMM para os casos coincidentes encontrados para o ano de 2021 e foram gerados gráficos finais para os cinco radares. Desse modo, pretende-se aprofundar a análise estatística dos casos disponíveis para cada radar, bem como listar as exceções e investigar os motivos que impossibilitaram o processamento por este método nos outros casos.

Palavras-chave: Radares meteorológicos. Precipitação. GPM. Sensoriamento remoto.

---

<sup>1</sup> E-mail: laurabraz@usp.br

<sup>2</sup> E-mail: thiago.biscaro@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: rachel.albrecht@iag.usp.br

**CENÁRIOS DE EXPANSÃO URBANA NA REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO (RIDE) E NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (RMBH) PARA USO EM PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA EM ALTA RESOLUÇÃO**

**Letícia Haguenauer Scaffa Falcão<sup>1</sup> (UERJ, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Chou Sin Chan<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Antonio Carlos da Silva Oscar Junior<sup>3</sup> (UERJ, Coorientador)**

**RESUMO**

As regiões metropolitanas são vulneráveis às mudanças climáticas devido à alta densidade populacional e complexidades de forma de uso da terra que potencializam o impacto de eventos extremos. Projeções climáticas obtidas a partir de modelos regionais de alta resolução espacial abrem novas possibilidades analíticas e para a gestão de desastres em ambientes urbanos, sobretudo no contexto metropolitano. Entretanto, tais projeções costumam assumir que as áreas urbanas permanecem estáveis ao longo do tempo, desconsiderando seu dinamismo, o que tende a subestimar os extremos climáticos e o risco. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica de cobertura e uso da terra, entre 2014 e 2024, na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) e da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), considerando fatores socioeconômicos e investimentos estruturantes nos territórios para criação de cenários de expansão urbana para 2030. Na metodologia foram utilizadas imagens de satélite da série Landsat para o mapeamento da cobertura e uso da terra nos dois períodos definidos, com etapas de calibração, correção atmosférica e normalização espectral, seguidas do cálculo de índices multiespectrais (NDVI, NDBI e MNDWI). A classificação das imagens foi realizada em ambiente de processamento em nuvem (Google Earth Engine), por meio de técnica de classificação supervisionada baseada no algoritmo de aprendizado de máquina Random Forest, com amostras de treinamento e validação independentes, avaliadas por matriz de confusão, acurácia global e índice Kappa. Como resultados parciais, destacam-se os mapas de uso e cobertura da terra das duas regiões de estudo, referentes aos anos de 2014 e 2024, compostos por quatro classes: vegetação, área construída, solo exposto e corpo hídrico, além de gráficos e tabelas com o diagnóstico preliminar das transições espaciais entre essas classes. Após a conclusão dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra para os dois anos analisados, iniciou-se a preparação dos dados para a etapa de modelagem de mudança, com vistas à geração de uma matriz de transição baseada em cadeias probabilísticas, que servirá de base para a projeção do cenário tendencial de expansão urbana em 2034.

Palavras-chave: Projeções de Crescimento Urbano. Mancha Urbana. Mudanças Climáticas. Urban Growth Projections. Urban Extent. Climate Change.

---

<sup>1</sup> E-mail: leticiahsfalcão@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: chou.chan@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: antonio.junior@uerj.br

# **CLASSIFICAÇÃO DE NUVENS DURANTE UM EPISÓDIO DE ZCAS E A RELAÇÃO DA NUVEM ALTOSTRATUS LÍQUIDO COM A RADIAÇÃO DE ONDA LONGA E ONDA CURTA**

**Libni de Araújo Silva<sup>1</sup> (UFCG, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Paulo Yoshio Kubota<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Bárbara Silva Souza<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo caracterizar as propriedades microfísicas, ópticas e radiativas de nuvens estratiformes associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com foco nas nuvens do tipo altostratus líquido. A metodologia consistiu na aplicação de uma técnica de mascaramento espacial dinâmico baseada em restrições verticais de pressão da média troposfera, extraindo dados estritamente entre 680 e 440 hPa. Essa abordagem permitiu o cruzamento integrado de propriedades das nuvens e dos fluxos de radiação, isolando a camada da nuvem média altostratus líquido. Os resultados quantitativos mostram que esse tipo de nuvem é composta predominantemente por gotas de água líquida superesfriada nos dias de maior intensidade da ZCAS, com médias de temperatura oscilando entre 2 e 6 °C abaixo de zero. Durante o ápice estrutural do evento, a profundidade óptica adimensional atingiu médias de 8,8 e o caminho de água líquida reteve o expressivo valor de 78 g/m<sup>2</sup>. Sob a ótica do balanço de radiação, as estimativas apontam um comportamento radiativo singular. Embora a camada líquida atue refletindo a radiação solar, gerando um efeito radiativo de nuvem para onda curta negativo de aproximadamente -5 W/m<sup>2</sup>, sua capacidade de aprisionar a radiação térmica terrestre é substancialmente maior, retendo até +34 W/m<sup>2</sup> do efeito radiativo de nuvem para onda longa. Consequentemente, a nuvem atua como uma “estufa” regional, gerando um saldo radiativo líquido fortemente positivo, que aquece ativamente a coluna atmosférica em até 28 W/m<sup>2</sup>. Conclui-se que, o tipo de nuvem estratiforme (altostratus líquido) atua como modulador térmico do fenômeno de efeito estufa. Além de elucidar os complexos processos de interação da radiação com as nuvens no sistema das ZCAS. Os valores exatos obtidos entregam um padrão observacional fisicamente quantitativo. Esses parâmetros são úteis para serem utilizados na validação das parametrizações de nuvens médias em modelos de previsão de tempo, fornecendo limiares que auxiliam a validação dos impactos dos eventos de precipitação extrema sobre a América do Sul.

Palavras-chave: Zona de Convergência do Atlântico Sul. Altostratus líquido. Microfísica de nuvens. Balanço de radiação.

---

<sup>1</sup> E-mail: libnia3@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: paulo.kubota@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: barbara.silva@inpe.br

## **CARACTERIZAÇÃO CRIOGÊNICA DE MATERIAIS PARA SISTEMAS DE ISOLAMENTO VIBRACIONAL DE DETECTORES DE ONDAS GRAVITACIONAIS DE TERCEIRA GERAÇÃO**

**Lucas Alves Casado<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Odylio Denys de Aguiar<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Denisson Guimarães do Carmo<sup>3</sup> (UNESP, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta o aprimoramento de um protótipo experimental voltado à determinação do módulo de elasticidade de lâminas metálicas usadas nas anti-molas geométricas (GAS) do sistema de isolamento vibracional MNP (multi-nested pendula), previsto para uso em detectores de ondas gravitacionais de terceira geração que devem operar em ambientes criogênicos. O estudo partiu de um dispositivo já existente, aprimorado para realizar ensaios de tração em corpos de prova no formato de lâminas de aço maraging e aço inoxidável, tanto em temperatura ambiente quanto em temperatura criogênica, a 77 K, obtida com nitrogênio líquido. O processo de medição foi conduzido em etapas: primeiro, cada lâmina foi ensaiada em sua geometria real de trabalho, gerando curvas de força por deslocamento nas duas condições de temperatura; em seguida, o sistema de sensoriamento foi calibrado e corrigido com o auxílio de um sensor óptico Keyence e de um dinamômetro Instrutherm, de forma a isolar o comportamento do fio de aplicação de carga, o music wire, do comportamento da própria lâmina; por fim, a estrutura do dispositivo foi modelada e analisada por elementos finitos (FEA), o que permitiu identificar e corrigir deslocamentos parasitas da montagem antes de se calcular o módulo de Young de cada material. Os dados de força e deslocamento foram ajustados por regressão polinomial, com coeficientes de determinação superiores a 0,97 em todos os ensaios, o que confirma a boa qualidade das curvas obtidas. A partir dessas curvas corrigidas, é possível comparar o comportamento elástico das lâminas de aço maraging e de aço inoxidável nas duas temperaturas testadas e apontar qual material apresenta o melhor desempenho mecânico para compor as anti-molas do GAS em ambiente criogênico. Os resultados obtidos servem de base para o aprimoramento do sistema MNP e para o entendimento de como a temperatura afeta as propriedades elásticas dos materiais candidatos, contribuindo para o aumento da sensibilidade dos futuros detectores interferométricos de ondas gravitacionais.

Palavras-chave: Ondas gravitacionais. Criogenia. Isolamento vibracional. Módulo de Young. Ensaio de tração.

---

<sup>1</sup> E-mail: lucas\_casado@usp.br

<sup>2</sup> E-mail: odylio.aguiar@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: dg.carmo@unesp.br

# **ANÁLISE DO AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE EVENTOS DE TEMPO SEVERO EM SANTA CATARINA, ATRAVÉS DE SONDAGENS ATMOSFÉRICAS OBTIDAS A PARTIR DO PRODUTO NUCAPS DO GOES 16**

**Lucas Borges da Costa<sup>1</sup> (UFSC, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Diego Pereira Enore<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Wendell Rondinelli Gomes Farias<sup>3</sup> (UFSC, Coorientador)**

## **RESUMO**

Visando aprimorar as análises dos ambientes pré-convectivos que favorecem precipitação de granizo em Santa Catarina, estudos foram realizados para verificar a viabilidade da utilização dos diagramas termodinâmicos Skew-T Log-P obtidos a partir do produto Legacy Atmospheric Profile (LAP) como um meio alternativo às radiossondagens, que utiliza dados dos perfis de temperatura e umidade detectados pelo imageador Advanced Baseline Imager (ABI) à bordo do satélite GOES-16, combinado aos perfis de previsão do modelo global Global Forecast System (GFS). Dentre as vantagens observadas, o produto LAP abarca todas as regiões do estado que não são contemplados com a radiossondagem, além de apresentar alta resolução espacial (grade 10 x 10 km) e temporal (10 min). Para o desenvolvimento da pesquisa, inicialmente foi realizada a validação estatística dos perfis do produto, bem como dos índices termodinâmicos derivados, sendo eles: CAPE, LI, SI, TT, K e Água Precipitável, comparando com os perfis e os índices obtidos por radiossondagens, ampliando a análise para todas as estações com radiossondas no Brasil para o ano de 2021. Resultados mostraram que a acurácia e a precisão dos perfis de temperatura apresentam melhoras significativas a partir do nível de 850 hPa até altos níveis da troposfera, ao passo que a temperatura do ponto de orvalho (Td) melhora significativamente nos níveis próximos à 850 hPa para condições de maior umidade e instabilidade termodinâmica, observadas com maior frequência durante o verão. Para ambientes muito secos, presentes na época do inverno especialmente, e em níveis médios e altos da troposfera, a estimativa de Td apresenta baixa precisão, sendo, portanto, uma limitação do produto ao estimar tal parâmetro. Em superfície, as maiores acurácias e a precisão de Td também foram observadas em estações mais úmidas, como o verão, ao passo que T não apresentou diferenças significativas. Tal fato apresenta implicações nas estimativas dos índices derivados, de maneira que os índices TT e K apresentam melhores acurácias e precisão quando Td está acima de 10°C e em ambientes muito secos ocorre uma redução significativa do desempenho do produto para tais índices. O índice CAPE demonstrou ser muito sensível à T e Td no nível de origem da parcela de ar, sendo o índice com o menor desempenho do produto, já que se observou uma forte tendência de

---

<sup>1</sup> Email: lucasborgescosta18@gmail.com

<sup>2</sup> Email: diego.enore@inpe.br

<sup>3</sup> Email: wendell.farias@ufsc.br

sua subestimativa expressiva. Tal fato ocorre pois o produto apresentou uma tendência de tornar o perfil mais seco do que o normal próximo à superfície. Quanto aos índices LI e SI, foram observados baixa acurácia na maioria dos casos em suas estimativas, com uma forte tendência de superestimativa desses índices para perfis mais instáveis, além de baixa precisão para perfis mais secos e estáveis. A água precipitável foi um dos índices com melhor desempenho do produto, apresentando acurácia e precisão significativas em praticamente todos os casos. Apesar das limitações observadas, os resultados permitiram identificar possíveis ajustes à serem realizados para melhorias nas estimativas do perfil pelo LAP de acordo com as características ambientais do país, além de apresentar resultados promissores, tornando-o uma ferramenta promissora para diversas aplicações e pesquisas.

Palavras-chave: Validação estatística. Índices termodinâmicos. Skew-T Log-P. Legacy Atmospheric Profile (LAP).

## **GEOTECNOLOGIAS E SIG APLICADO À CARTOGRAFIA GEOAMBIENTAL NO NORDESTE DO BRASIL**

**Lucas Oliveira de Medeiros<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Melquisedec Medeiros Moreira<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Helenice Vital<sup>3</sup> (UFRN, Coorientadora)**

### **RESUMO**

O Projeto Geotecnologias e SIG aplicado à Cartografia Geoambiental apresenta um grande potencial para a análise integrada do meio físico, contribuindo para a elaboração de produtos cartográficos e para a compreensão das relações entre os elementos ambientais. Essas ferramentas permitem espacializar informações relacionadas à geologia, ao relevo, ao clima e aos recursos hídricos, favorecendo a análise da ocorrência e da distribuição das águas subterrâneas. Nesse sentido, sua aplicação ao contexto do Rio Grande do Norte permite compreender as características e os principais desafios associados aos diferentes aquíferos presentes no estado. A água subterrânea constitui um recurso fundamental para o abastecimento público, a irrigação e a dessedentação de animais, especialmente no Rio Grande do Norte, onde diferentes sistemas aquíferos apresentam características hidrogeológicas distintas. Este trabalho teve como objetivo apresentar uma síntese das principais características, usos, potencialidades e limitações dos recursos hídricos subterrâneos do estado, considerando sua relação com os diferentes contextos geológicos e climáticos. Para isso, foram analisados os principais sistemas aquíferos potiguares, com destaque para o Barreiras, Açu e Jandaíra, além dos aquíferos associados ao embasamento cristalino e aos depósitos aluvionares, considerando aspectos relacionados ao armazenamento, circulação, recarga, qualidade da água e exploração. Os resultados demonstram que o Sistema Aquífero Barreiras apresenta elevada importância para o abastecimento da Região Metropolitana de Natal, devido às suas características de porosidade, permeabilidade e maior facilidade de renovação, porém apresenta elevada vulnerabilidade à contaminação, principalmente por nitrato, além de risco de intrusão salina em áreas costeiras submetidas à superexploração. O Aquífero Açu apresenta grande importância para a agricultura irrigada, especialmente no Vale do Açu e na Chapada do Apodi, porém sua circulação e renovação são mais lentas, tornando a exploração excessiva um importante fator de risco para o rebaixamento dos níveis subterrâneos. O Aquífero Jandaíra, constituído por rochas carbonáticas, apresenta circulação por fraturas e estruturas de dissolução, podendo desenvolver condições cársticas e proporcionar vazões favoráveis à irrigação. Nas regiões de embasamento cristalino, a ocorrência de água subterrânea está condicionada principalmente à presença e à

---

<sup>1</sup> E-mail: lucas.medeiros.016@ufrn.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: melquisedec.moreira@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: helenice.vital@ufrn.br

conectividade de fraturas, resultando em maior incerteza na perfuração de poços e, em determinadas áreas, maior tendência à salinização. Os depósitos aluvionares apresentam menor escala de armazenamento, mas possuem importância estratégica para comunidades rurais durante períodos de estiagem. Conclui-se que o aproveitamento das águas subterrâneas no Rio Grande do Norte deve considerar as particularidades geológicas, hidrogeológicas e climáticas de cada região, associando a perfuração e exploração de poços ao uso de métodos de investigação adequados, ao monitoramento da quantidade e qualidade da água e ao controle da exploração, de modo a reduzir riscos de contaminação, salinização e esgotamento dos recursos subterrâneos.

Palavras-chave: Abastecimento Público. Hidrogeologia. Qualidade da água. Recursos Hídricos. Rio Grande do Norte.

## **AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DAS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO FINO DAS REANÁLISES CAMS E MERRA-2 NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Lucas Sousa Costa<sup>1</sup> (UFOPA, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Vanúcia Schumacher<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Fabício Galende Marques de Carvalho<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

O material particulado é amplamente reconhecido como um dos principais fatores que afetam a qualidade do ar em áreas urbanas. Suas concentrações variam consideravelmente em diferentes regiões e períodos, o que torna sua análise uma tarefa complexa. No estado de São Paulo, a disponibilidade de uma rede consolidada de monitoramento permite avaliar produtos globais de reanálise atmosférica e verificar sua capacidade de representar as concentrações medidas em superfície. O objetivo desta pesquisa foi validar as concentrações de material particulado fino (MP2,5) e grosso (MP10) estimadas pelas reanálises CAMS e MERRA-2 e por dados observacionais de estações no estado de São Paulo. A análise teve como referência os dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), referentes ao período de 2015 a 2024. Foram considerados apenas registros com pelo menos 10 dias de medições válidas em cada mês, resultando em 42 estações para MP2,5 e 58 para MP10. O estudo considerou os períodos chuvoso e seco, incluindo a avaliação da relação com queimadas e variáveis meteorológicas, utilizando dados de focos de calor do Programa Queimadas - INPE, além de dados da reanálise atmosférica global do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ERA5/ECMWF) e de precipitação do produto GPM-Merge. Para a análise das queimadas, foram consideradas três classes de fogo definidas como: Sem Fogo, Moderado e Extremo. Os resultados indicaram que o CAMS representou de forma mais consistente a variabilidade temporal das concentrações observadas no ciclo mensal e nos períodos chuvoso e seco, embora tenha superestimado em relação aos dados observados. Enquanto o MERRA-2 subestimou as concentrações de material particulado e apresentou menor capacidade de acompanhar os episódios de maior concentração, principalmente durante o período seco. As tendências interanuais não foram estatisticamente significativas durante o período analisado. A classe de fogo extremo esteve associada à menor umidade relativa, precipitação reduzida e maiores concentrações de MP2,5 e MP10. Em síntese, os resultados sugerem que as reanálises podem complementar as medições de superfície, desde que seu desempenho e suas limitações regionais sejam avaliados antes de sua aplicação no monitoramento ambiental, na vigilância em saúde e na gestão da qualidade do ar.

Palavras-chave: Material Particulado. Qualidade do Ar. Reanálises Atmosféricas.

---

<sup>1</sup> E-mail: lucassousa1288@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: vanucia.schumacher@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: fabricao.galende@inpe.br

## **ANÁLISE QUANTITATIVA DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO DO CERRADO SOB CONDIÇÕES NORMAIS ECOSSISTÊMICAS E DE DISTÚRBIO**

**Lucas Theodoro de Souza<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Marcos Adami<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Danilo Marques de Magalhães<sup>3</sup> (UNESP, Orientador)**

**Ana Dias Magalhães (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

As queimadas constituem um dos principais agentes de alteração da dinâmica ecológica do Cerrado, promovendo mudanças na estrutura e no funcionamento das diferentes fitofisionomias do bioma. A identificação e o monitoramento dessas áreas vêm sendo amplamente realizados por meio de produtos derivados de sensoriamento remoto, como o MapBiomas Fogo, que possibilita o mapeamento histórico da ocorrência de queimadas e seus impactos sobre a cobertura vegetal. Buscando ampliar a compreensão da resposta espectro-temporal da vegetação nas formações campestre, florestal e savânica do Cerrado, a presente pesquisa tem como objetivo identificar e analisar a vegetação natural do bioma em contraste direto com áreas afetadas pelo fogo, visando caracterizar o comportamento espectral sazonal da vegetação e a ocorrência de distúrbios em suas diferentes fitofisionomias. Para isso, foi realizada uma análise de séries temporais derivadas de uma coleção de imagens do sensor MSI (MultiSpectral Instrument), a bordo do satélite Sentinel-2, referentes ao período de 2018 a 2024, agregadas por meio da média dos pixels das áreas amostrais. Para cada imagem foram calculados os índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) e NBR (Normalized Burn Ratio), amplamente utilizados no monitoramento da vegetação e na detecção de alterações relacionadas ao fogo. A análise consistiu na avaliação da média e do desvio padrão dos índices para cada fitofisionomia, visando caracterizar a fenologia da vegetação e os padrões associados aos distúrbios. Como produto final, será elaborada uma chave de interpretação para auxiliar na compreensão da resposta espectral das diferentes fitofisionomias do Cerrado sob condições naturais e sob influência do fogo.

Palavras-chave: Satélite. Terra. Queimadas. Uso da terra. Satellite. Earth. Burns. Land use.

---

<sup>1</sup> E-mail: [lucas.theodoro@unesp.br](mailto:lucas.theodoro@unesp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [marcos.adami@inpe.br](mailto:marcos.adami@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [danilo.magalhaes@unesp.br](mailto:danilo.magalhaes@unesp.br)

## **APRIMORAMENTO DE MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE DAS ÁREAS DE MOSAICOS DE USO DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA**

**Luísa Souza Ferreira<sup>1</sup> (UFABC, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Cassia Maria Gama Lemos<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Vitor Vieira Vasconcelos<sup>3</sup> (UFABC, Coorientador)**

### **RESUMO**

A Mata Atlântica contém uma biodiversidade única, mas perdeu cerca de 85% de sua área nativa. Entre as áreas estratégicas para sua restauração está o Vale do Paraíba Paulista (VPP), uma região montanhosa de ocupação antiga com predomínio de pastagens de baixo retorno econômico. Acredita-se que algumas áreas de pastagem podem estar sendo subestimadas em razão da similaridade espectral com outras classes de cobertura, como mosaico de uso e floresta em processo inicial de restauração. Sendo assim, este projeto tem como objetivo aprimorar o treinamento da classificação das imagens de satélites para o VPP, a fim de distinguir as áreas pasto sujo e florestas em regeneração da classe de mosaico de usos. Para tal, são utilizadas classificações do Inventário Florestal do Estado de São Paulo e do MapBiomias. O atual Inventário Florestal mapeia a cobertura vegetal nativa com imagens de 2016 até 2018, com legenda do IBGE, e a sua maioria pertencendo a 2017. De forma a convergir com os dados do Inventário, é selecionado o mapeamento de 2017 do MapBiomias. Em seguida, através do plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) do QGIS, são coletadas as assinaturas espectrais das novas classes através das bases espaciais do Landsat 8 de 2017 para o valor mediano do período chuvoso, seco e da mediana anual. Em seguida, são incorporados o mapeamento de 2018 de vegetação secundária do projeto BiomiasBR. Escolhe esse ano por ser o primeiro da série dos dados de vegetação secundária da plataforma e para aproximar dos anos já estudados. E, dessa forma, avaliar a consistência espacial da identificação da vegetação secundária no VPP. Por fim, é explorado a vegetação acima de 30º, visto por fundamentação teórica, a regeneração florestal ocorre principalmente em lugares com declividade acima de 20% no VPP. Entre os resultados encontrados, observa-se que todas as classes do Inventário possuem divergência de classificação, ou seja, são vegetação nativa, mas são denominadas como Mosaico de Usos pelo MapBiomias. A classe Floresta Ombrófila Densa estágio médio de regeneração conta com aproximadamente 43 mil hectares (76,64% do total), corroborando para a hipótese dessa pesquisa. A assinatura espectral da classe Floresta Ombrófila Densa estágio médio de regeneração apresenta convergências com Mosaico de Usos, especialmente no período chuvoso. Os resultados apontam que as metodologias de mapeamento entre BiomiasBR e Inventário Florestal se correlacionam, indicando consistência

---

<sup>1</sup> E-mail: [luisa.souza@aluno.ufabc.edu.br](mailto:luisa.souza@aluno.ufabc.edu.br)

<sup>2</sup> E-mail: [cassia.lemos@inpe.br](mailto:cassia.lemos@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br](mailto:vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br)

em seus métodos. Ademais, evidencia-se a necessidade de criar ontologias de classificação mais adequadas para monitoramento da regeneração florestal.

Palavras-chave: Mudança de Uso e Cobertura da Terra. Restauração Florestal. Mata Atlântica. Mosaico de uso.

## **ESTUDOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TROCAS DE CARBONO NA AMAZÔNIA USANDO DADOS DE TORRES DE FLUXO**

**Maria Clara Teixeira dos Santos Costa<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Celso Von Randow<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Rita de Cássia Silva Von Randow<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A evapotranspiração (ET) constitui um dos principais componentes do ciclo hidrológico da Amazônia, desempenhando papel fundamental na regulação do balanço de energia e nas interações entre a superfície terrestre e a atmosfera. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a evapotranspiração na Amazônia Central por meio da integração de dados de torre de fluxo e estimativas obtidas por sensoriamento remoto. Foram utilizados dados da torre micrometeorológica K-34, localizada na Reserva Biológica do Cuieiras, submetidos a procedimentos de organização e controle de qualidade. Para as análises de precipitação, as séries temporais foram agregadas para a escala mensal, sendo as lacunas preenchidas com auxílio dos dados do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS), proporcionando maior consistência às análises climáticas. Adicionalmente, foi empregado o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para a caracterização dos períodos de seca na área de estudo. Para a avaliação da evapotranspiração, foram utilizados dados de Calor Latente (LE) observados na torre K-34 e estimados pelo algoritmo GEESEBAL. Considerando que o GEESEBAL disponibiliza estimativas em intervalos de oito dias, os dados de LE da torre foram agregados para a mesma resolução temporal, possibilitando a comparação entre os dois conjuntos de dados. A comparação entre os valores de LE observados e estimados permitiu avaliar o desempenho do GEESEBAL na representação da evapotranspiração na área de estudo. A análise conjunta dos resultados de LE e do SPI indicou que, mesmo durante os períodos de seca mais intensa identificados pelo índice, não foi observada redução significativa do calor latente, sendo verificada, em alguns períodos, tendência de aumento desse fluxo. Esses resultados evidenciam o potencial da combinação entre medições de torres de fluxo, produtos de sensoriamento remoto e índices climáticos para o monitoramento da evapotranspiração na Amazônia e contribuem para o entendimento da resposta da floresta às variações das condições climáticas.

Palavras-chave: Evapotranspiração. Torre de Fluxo. Calor Latente. Sensoriamento Remoto. Amazônia. Evapotranspiration. Flux Tower. Latent Heat. Remote Sensing. Amazon Rainforest.

---

<sup>1</sup> E-mail: marytdsc2005@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: celso.vonrandow@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: rita.vonrandow@inpe.br

## **TENDÊNCIAS ESPACIAIS E TEMPORAIS DAS EMISSÕES POR QUEIMA DE BIOMASSA NA AMÉRICA DO SUL**

**Maria Eduarda Dias Pereira<sup>1</sup> (UFSJ, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Gabriel Pereira<sup>3</sup> (UFSJ, Coorientador)**

### **RESUMO**

A queima de biomassa constitui uma importante fonte de gases de efeito estufa (GEE) e aerossóis na América do Sul, porém os efeitos de longo prazo da severidade das secas sobre as emissões em diferentes tipos de vegetação permanecem pouco compreendidos. Este estudo avaliou os efeitos da severidade das secas sobre as emissões de queima de biomassa no continente entre 2003 e 2024. Foram utilizadas as estimativas de emissão do inventário 3BEM\_FRP (PREP-CHEM-SRC/CPTEC-INPE) para CO, CO<sub>2</sub> e PM<sub>2.5</sub>. As emissões foram estratificadas por classes de anomalia do Déficit Hídrico Cumulativo (CWD) e por grupos de vegetação (Florestas Tropicais, Florestas Extratropicais e Savanas), sendo avaliadas tendências temporais e padrões sazonais. Os resultados mostram que, sob seca severa (CWD ≤ -4), as emissões das três espécies apresentaram tendências crescentes significativas (p < 0,05) em todos os grupos, com coeficientes angulares máximos em Savanas (CO<sub>2</sub> :  $1,84 \times 10^8$  ; CO:  $6,77 \times 10^6$  ; PM<sub>2.5</sub>:  $7,62 \times 10^5$  kg ano<sup>-1</sup>), seguidas por Florestas Tropicais ( $1,16 \times 10^8$  ;  $5,44 \times 10^6$  ;  $5,13 \times 10^5$  kg ano<sup>-1</sup>), enquanto Florestas Extratropicais apresentaram aumentos menos expressivos. Em contrapartida, as anomalias de FRP não apresentaram tendências significativas. Observou-se, porém, aumento da área ocupada por anomalias extremas negativas de CWD, especialmente entre 2020 e 2024, atingindo +3,3σ em Florestas Tropicais e +2,8σ em Savanas. Esse padrão sugere que o crescimento das emissões está associado principalmente à expansão das áreas sob seca severa. Sazonalmente, as tendências mais intensas concentraram-se entre o início do inverno e da primavera (MJJ–ASO), com máximos de  $1,55 \times 10^8$  kg ano<sup>-1</sup> para CO<sub>2</sub> em Florestas Tropicais e  $2,42 \times 10^8$  kg ano<sup>-1</sup> em Savanas (p < 0,001). Esses resultados sugerem que a expansão espacial das secas extremas constitui o principal fator associado ao crescimento recente das emissões de queima de biomassa na América do Sul. Sugere-se a análise direta da FRE em estudos futuros, em conjunto com dados de satélites geoestacionários, visando superar a limitação imposta pelo reduzido número de aquisições e aprofundar a compreensão dos efeitos das secas sobre o ciclo diurno das queimadas.

---

<sup>1</sup> E-mail: maedppro@aluno.ufsj.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: luiz.aragao@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: pereira@ufsj.edu.br

Palavras-chave: Queima de Biomassa. Emissões de Queima de Biomassa. Déficit Hídrico Cumulativo. América do Sul. Biomass Burning. Biomass Burning Emissions. Cumulative Water Deficit. South America.

## **GERAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS COM SENSORES DE BAIXO CUSTO RECUPERADOS**

**Mariana de Lima Vasconcellos de Santana Ribeiro<sup>1</sup> (CEFET, Bolsista PIBIC-EM/CNPq)**

**Antonio Marcos Vianna Campos<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Almir Venancio Ferreira<sup>3</sup> (CEFET, Coorientador)**

### **RESUMO**

O projeto tem como objetivo recuperar equipamentos meteorológicos danificados ou fora de funcionamento para a construção de estações meteorológicas fixas e portáteis de baixo custo, capazes de monitorar variáveis atmosféricas como temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação e ponto de orvalho, disponibilizando essas informações em tempo real por meio de uma plataforma web acessível à comunidade. A metodologia adotada consiste na recuperação e adaptação de equipamentos, montagem das estações, instalação em campo, realização de testes operacionais e monitoramento contínuo dos dados obtidos. A primeira implantação ocorreu no CEFET Angra dos Reis, onde a estação permaneceu em fase de testes durante aproximadamente cinco meses, recebendo posteriormente atualizações no sistema eletrônico, instalação de um pluviômetro e substituição da fonte de alimentação. Em seguida, duas estações foram instaladas no Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS/UERJ), na Ilha Grande, em colaboração com o Laboratório NAPROA, operando com alimentação elétrica permanente. Posteriormente, uma nova estação foi implantada no Centro de Controle de Operações (CCO) do município de Mesquita (RJ), visando o monitoramento meteorológico local e a futura integração de um pluviômetro automático de baixo custo, considerando o histórico de inundações da região. Os dados produzidos por essa estação vêm sendo utilizados em um estudo comparativo entre os modelos numéricos de previsão GFS, ECMWF, ICON e COSMO, buscando avaliar o desempenho e os erros de previsão para o município de Mesquita. Os resultados demonstram a viabilidade da reutilização de equipamentos meteorológicos na construção de estações de baixo custo, possibilitando a ampliação do monitoramento ambiental, a geração contínua de dados confiáveis e o apoio a pesquisas relacionadas à previsão do tempo e à gestão de riscos ambientais.

Palavras-chave: Estação meteorológica. Sensores de baixo custo. Monitoramento ambiental. Reutilização de equipamentos. Modelos de previsão.

---

<sup>1</sup> E-mail: mariana.vasconcello@aluno.cefet-rj.br

<sup>2</sup> E-mail: marcos.vianna@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: almir.venancio@cefet-rj.br

## **DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS E TECNOLÓGICAS: PROJETOS ARDUINO PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS E CIENTÍFICAS**

**Mateus Motta Bueno Ribeiro<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBITI/CNPq)**  
**Rosemary Aparecida Odorizi Lima<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Antônio Marcos Vianna Campos<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este resumo apresenta a evolução do projeto "Desenvolvimento de Soluções Sustentáveis e Tecnológicas: Projetos Arduino para Aplicações Ambientais e Científicas", o qual visa a construção de estações meteorológicas de baixo custo, em plataformas de desenvolvimento de código aberto, para monitorar variáveis meteorológicas como temperatura, umidade, pressão atmosférica, ponto de orvalho, precipitação e vento. Buscando democratizar o monitoramento ambiental e promover a divulgação científica em instituições educacionais, garantindo autonomia de infraestrutura e viabilidade econômica. A metodologia avançou significativamente com a transição da unidade central para o microcontrolador ESP32, escolhido por seu desempenho superior e conectividade sem fio nativa. Toda a estruturação lógica foi mantida nas linguagens C e C++, preservando o armazenamento local contínuo com relógio de tempo real e cartão de memória para redundância. O sistema de captação passou por otimizações mediante múltiplos testes práticos comparativos, focados em avaliar a qualidade, a calibração e a estabilidade de novos sensores sob exposição contínua em ambientes de teste reais, além da implementação de um registro automático de falhas operacionais da estação. Já o sistema de alimentação independente foi aprimorado com um novo controlador de carga, permitindo a operação com baterias de lítio em conjunto com o painel solar fotovoltaico. Essa alteração reduziu substancialmente as dimensões do protótipo, facilitando sua aplicação em campo. Como avanço expressivo na gestão das informações, foi desenvolvido o portal web Central Coleta Dados, plataforma dedicada à recepção, centralização e visualização das medições. Os equipamentos foram instalados em uma torre meteorológica externa no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em Cachoeira Paulista, posicionados ao lado de uma estação de referência comercial para validação dos dados coletados. Os resultados foram significativos comparando a melhoria do protótipo às versões iniciais, bem como a coleta dos dados com diversos testes, artigos publicados e comparações apontam o projeto como promissor em transmitir educação ambiental e científica, consolidando e unindo a meteorologia e a tecnologia em prol da sociedade.

Palavras-chave: Estação Meteorológica. Monitoramento Ambiental. Instrumentação de Baixo Custo. Internet das Coisas. Educação Climática.

---

<sup>1</sup> E-mail: [matribeiomota@gmail.com](mailto:matribeiomota@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [rosemary.odorizi@inpe.br](mailto:rosemary.odorizi@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [marcos.vianna@inpe.br](mailto:marcos.vianna@inpe.br)

## **DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE SÍNTESE DE GREEN PROPELLANTS EM AMBIENTE DE MICROGRAVIDADE**

**Mateus Siqueira Vichi de Souza<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Douglas Miranda Rodrigues<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Sayuri Okamoto<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A exploração sustentável do ambiente espacial depende da capacidade de produzir localmente insumos estratégicos, reduzindo a dependência de suprimentos transportados da Terra. Nesse contexto, a utilização de recursos disponíveis no próprio ambiente de exploração representa uma alternativa promissora para obtenção de componentes de propelentes destinados a missões de longa duração. O objetivo mais amplo desta pesquisa é contribuir para o desenvolvimento de processos de síntese e utilização de propelentes de perfil ambiental mais seguro em ambientes de gravidade reduzida. Como primeira etapa desse desenvolvimento, buscou-se identificar o sistema propulsivo mais promissor para aplicações de utilização de recursos lunares e estruturar uma metodologia para sua futura otimização. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sistematizada dos principais sistemas propulsivos discutidos para aplicações lunares, incluindo os pares oxigênio líquido e hidrogênio líquido, oxigênio líquido e metano, o peróxido de hidrogênio e monopropelentes verdes de nova geração. Os sistemas identificados foram inicialmente comparados por meio de uma análise qualitativa e, posteriormente, por uma análise hierárquica multicritério de apoio à decisão, considerando critérios relacionados à disponibilidade de recursos lunares, eficiência energética da cadeia produtiva, maturidade tecnológica, segurança operacional e desempenho propulsivo. A robustez da decisão foi verificada por análise de sensibilidade. Os resultados indicaram que o sistema formado por oxigênio líquido e hidrogênio líquido apresentou o melhor desempenho global, destacando-se pela elevada aderência à utilização de recursos lunares e pelo potencial para futuras arquiteturas de exploração lunar. A partir dessa seleção, foi proposta uma metodologia de planejamento de experimentos, empregando o delineamento Box-Behnken, para futura otimização da eletrólise alcalina da água, considerada a etapa crítica da produção dos componentes do sistema propulsivo selecionado. Os fatores experimentais e as variáveis-resposta foram definidos com base na literatura especializada, resultando em um planejamento experimental consistente e passível de implementação em etapas futuras. Conclui-se que a integração entre revisão bibliográfica, análise multicritério e planejamento experimental permitiu estabelecer uma metodologia para o desenvolvimento de processos de obtenção de propelentes a partir de recursos lunares. Embora esta etapa tenha

---

<sup>1</sup> E-mail: mateusiqueira847@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: douglas.rodrigues@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: sayuri.okamoto@inpe.br

sideo conduzida com foco na gravidade parcial da superfície lunar, a metodologia proposta constitui um ponto de partida para futuras investigações envolvendo a produção e a utilização de propelentes verdes em ambientes de gravidade reduzida, incluindo aplicações em microgravidade orbital.

Palavras-chave: Utilização de Recursos In Situ. Propelentes Verdes. Seleção de Sistema Propulsivo. Análise Multicritério. Planejamento de Experimentos. In-Situ Resource Utilization. Green Propellants. Propulsion System Selection. Multicriteria Analysis. Design of Experiments.

## **USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA CATEGORIZAÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS E PREVISÃO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS**

**Matheus José Gomes<sup>1</sup> (UNIFEI, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Juliana Aparecida Anochi<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Marília Harumi Shimizu<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A previsão sazonal de precipitação e a mitigação dos impactos de eventos climáticos extremos são desafios críticos em regiões com alta variabilidade climática. Este trabalho integra duas frentes de pesquisa com o objetivo central de aplicar o mesmo modelo de rede neural, validado na previsão de chuvas, para a previsão de extremos de temperatura. Para isso, avaliou-se o desempenho da inteligência artificial na previsão sazonal de precipitação em Minas Gerais e analisou-se o conforto térmico durante as cinco maiores ondas de calor recentes na Região Metropolitana de São Paulo. A metodologia para a precipitação consistiu o treinamento de uma rede neural artificial com dados de observação de alta resolução, empregando uma técnica de conjunto estritamente dentro de cada modelo individual por meio de múltiplas inicializações independentes. Em paralelo, a investigação em São Paulo utilizou índices de conforto térmico derivados de dados de reanálise climática. Os resultados indicam que as previsões de precipitação superaram os modelos dinâmicos globais em todas as estações do ano, com menores erros e maior coerência espacial. Na Região Metropolitana de São Paulo, a análise térmica evidenciou diferenças significativas na duração das ondas de calor ao longo do período estudado e revelou anomalias positivas expressivas no índice de conforto térmico, quantificando o aumento do estresse térmico em graus Celsius. Conclui-se que o uso de redes neurais representa uma ferramenta computacionalmente eficiente para a previsão em escala regional e que a caracterização detalhada das anomalias térmicas urbanas fundamenta a viabilidade de aplicar essa mesma arquitetura preditiva para prever ondas de calor, auxiliando em estratégias de adaptação climática.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Previsão Sazonal. Ondas de Calor. Conforto Térmico. Mudanças Climáticas. Artificial Intelligence. Seasonal Prediction. Heat Waves. Thermal Comfort. Climate Change.

---

<sup>1</sup> E-mail: matheusjosegomes1@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: juliana.anochi@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: marilia.shimizu@gmail.com

## **APOIO NO DESENVOLVIMENTO DE BASE DE DADOS INTEGRADOS AO PORTAL WEB DA DIVISÃO DE IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E VULNERABILIDADES DO INPE**

**Maxson Daniel Barbosa da Silva<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBITI/CNPq)**

**Viviane Regina Algarve<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Luis Henrique da Silva Campos<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

O trabalho desenvolvido no projeto, teve o objetivo de auxiliar no gerenciamento da estrutura de dados de pesquisas ambientado globalmente dentro da Divisão de Impacto, Adaptação e Vulnerabilidade (DIIAV) da CGCT/INPE. Dentre alguns dos desafios científicos comumente encontrados atualmente, estão os relacionados à diversidade e quantidade de informações espaciais e temporais geradas dentro da divisão. O gerenciamento, manipulação e análise destes dados, necessitam de um contínuo desenvolvimento e aprimoramento do sistema ao qual é realizado a organização e leitura destas informações, obtendo assim uma estruturação mais eficiente e dinâmica. Inicialmente o trabalho tratou de identificar possíveis melhorias no portal da divisão com a utilização de programação em PHP, Bootstrap e WordPress. Com o intuito de se obter uma maior eficiência nas implementações, foi utilizado para a coleta de dados coletados a ferramenta Google Analytics, na qual possibilitou realizar uma análise criteriosa das informações de acesso dos usuários, como: quais navegadores eram usados, dispositivos, os dias da semana nos quais os sites eram mais acessados, dentre outras informações. Em alguns momentos do projeto, houve a necessidade de treinamentos para o aprendizado na utilização de ferramentas específicas para o desenvolvimento do portal, abrangendo os já mencionados: WordPress, linguagem em PHP, Bootstrap, Java Script, dentre outros. A princípio, foram realizadas algumas melhorias relacionadas à configuração e manutenção e utilização de alguns de plug-ins, como exemplo o Smart Slider, a fim de aprimorar a visualização de slides dentro da página home do tema padrão da DIIAV. Acesso remoto ao servidor web para realização de backups trimestrais, manutenção dos arquivos e sites através de linhas de código, manutenção dos dados de servidores terceiros. Durante o período de desenvolvimento, também participei da criação e implementação do site oficial do simpósio da divisão, atualmente em produção e disponível ao público. Minha contribuição envolveu o desenvolvimento do layout da página, melhorias na experiência do usuário e a implementação da animação interativa do planeta Terra na página inicial utilizando a biblioteca Three.js. O Three.js é uma biblioteca JavaScript voltada para a criação de gráficos 3D interativos no navegador por meio da tecnologia WebGL. Atualização constante das

---

<sup>1</sup> E-mail: maxsondaniel942@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: viviane.algarve@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: luis.campos@inpe.br

publicações nos sites da DIIAV com o intuito de sempre manter a base de dados atualizada para os usuários.

Palavras-chave: Estrutura de Dados. Design. Divulgação.

## **CONSTRUINDO NOSSO MAPA MUNICIPAL VISTO DO ESPAÇO: MAPEAMENTO DA CAATINGA DO SEMIÁRIDO NORDESTINO COM GEOTECNOLOGIA**

**Narlaine Gabrielle Pegado da Trindade<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Melquisedec Medeiros Moreira<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

### **RESUMO**

Inicialmente foram realizados diversos cursos nas plataformas FGV Online e EV.G ENAP, nas áreas geociências e geotecnologias, como por exemplo o curso “Gestão compartilhada no Projeto Orla” que abordava o conceito de gestão integrada com participação da população em áreas costeiras, e o curso “Percepção e mapeamento de áreas de risco geológico”, que foca nos conceitos relacionados às geociências e como o risco pode ocorrer em diversos locais com a presença de variáveis ambientais e climáticas. A partir disso, foi realizado um trabalho de mapeamento com a finalidade de proporcionar o reconhecimento geológico e geomorfológico das praias dos litorais oriental e setentrional do Rio Grande do Norte, visando compreender os processos naturais, a geodiversidade costeira, a cobertura vegetal na evolução da paisagem e processos erosivos e deposicionais que controlam a dinâmica costeira e sua relação com as atividades antrópicas. Para isso, foram realizadas duas etapas de campo durante o mês de maio de 2026, abrangendo 12 pontos de observação distribuídos ao longo da costa potiguar. A metodologia consistiu em observações diretas das feições geológicas e geomorfológicas, registros fotográficos, anotações de campo e levantamento de perfis topográficos nas praias de Tabatinga e Minhoto por meio de nível óptico e mira graduada. Os dados altimétricos coletados foram posteriormente processados para a construção dos perfis topográficos, possibilitando a análise da morfologia da praia, da declividade do terreno e da distribuição das principais feições sedimentares observadas. Os resultados evidenciaram diferenças marcantes entre os ambientes costeiros estudados, destacando a influência do controle estrutural na exposição de falésias do Grupo Barreiras, a presença de beachrocks na Praia de Camurupim, a ocorrência de processos erosivos intensificados por intervenções antrópicas em Ponta Negra, além da atuação de processos deposicionais e da dinâmica das marés nas praias do litoral setentrional. Também foi observada a importância da vegetação costeira, especialmente das dunas vegetadas e dos manguezais, na estabilização dos sedimentos, na proteção contra a erosão e na manutenção do equilíbrio ecológico desses ambientes. Conclui-se que a integração entre observações de campo e levantamentos topográficos possibilitou compreender os principais processos responsáveis pela evolução da paisagem costeira potiguar, demonstrando a importância dessas técnicas para o monitoramento ambiental, a interpretação da dinâmica sedimentar e o planejamento sustentável das áreas litorâneas.

Palavras-chave: Geomorfologia costeira. Dinâmica sedimentar. Geodiversidade. Bacia Potiguar. Litoral do Rio Grande do Norte.

---

<sup>1</sup> E-mail: [narlainegabrielle@gmail.com](mailto:narlainegabrielle@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [Melquisedec.moreira@inpe.br](mailto:Melquisedec.moreira@inpe.br)

## **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PAISAGENS DE RISCO DE DOENÇAS VETORIAIS NO SEMIÁRIDO**

**Nathalia Moraes Desani<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Maria Isabel Sobral Escada<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Ana Claudia Rorato Vitor<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

As doenças transmitidas por vetores constituem um importante problema de saúde pública, sendo influenciadas por fatores ambientais, antrópicos e climáticos que modificam a paisagem e favorecem a manutenção dos ciclos de transmissão. Com isso, o presente estudo teve como objetivo desenvolver e validar uma tipologia para a classificação de paisagens de risco para a transmissão da leishmaniose, utilizando imagens de alta resolução espacial obtidas por drone (VANT) e técnicas de geoprocessamento. A metodologia consistiu na compartimentação da área de estudo em grades espaciais de 30 × 30 m e na classificação das paisagens a partir da interpretação de ortomosaicos, considerando indicadores de risco entomológico, relacionados ao habitat do vetor, e de risco epidemiológico, associado à presença e à circulação humana, posteriormente integrados para a estimativa do risco total. A aplicação da metodologia foi realizada no bairro Cruz da Menina, no município de Patos (PB), comparando imagens obtidas em julho de 2024, ao final do período chuvoso, e em outubro de 2025, durante o período seco. A análise temporal evidenciou alterações na configuração da paisagem e na distribuição espacial das classes de risco, com redução do risco em 420 células (98,1%), aumento em 7 (1,6%) e manutenção em 1 célula (0,2%), indicando maior risco de transmissão no período chuvoso em função do aumento da umidade. Mesmo durante o período seco, com o ressecamento da vegetação, a presença de resíduos orgânicos e da criação de animais manteve condições favoráveis ao vetor em áreas específicas, embora em menor intensidade. Os resultados demonstram que a metodologia proposta foi capaz de identificar a influência da sazonalidade e das características da paisagem sobre o risco de transmissão da leishmaniose, evidenciando que a umidade favorece a ocorrência do vetor no período chuvoso, enquanto a presença de resíduos orgânicos e da criação de animais contribui para a manutenção do risco em áreas específicas durante o período seco. Dessa forma, a metodologia apresenta potencial como ferramenta para subsidiar a vigilância epidemiológica, o planejamento de ações de prevenção e controle da doença e sua aplicação em diferentes contextos ambientais.

Palavras-chave: Leishmaniose. Paisagens de risco. Drone. Geoprocessamento. Vigilância. Epidemiológica. Tipologia de risco.

---

<sup>1</sup> E-mail: [nathalia.desani@unesp.br](mailto:nathalia.desani@unesp.br)

<sup>2</sup> E-mail: [isabel.escada@inpe.br](mailto:isabel.escada@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [ana.rorato@inpe.br](mailto:ana.rorato@inpe.br)

## **SIMULAÇÃO MAGNETOHIDRODINÂMICA DE TEMPESTADES MAGNÉTICAS**

**Nathan Mazzon Marquezin<sup>1</sup> (EEL-USP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Luis Eduardo Antunes Vieira<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Flavia R. Cardoso<sup>3</sup> (EEL-USP, Coorientadora)**

**Marcos Vinicius Dias Silveira<sup>4</sup> (INPE, Colaborador)**

### **RESUMO**

O Sol possui um ciclo de aproximadamente 11 anos, com períodos de alta e baixa atividade solar. Durante os máximos solares, ocorre um aumento na frequência de ejeções de massa coronal (CMEs), cuja interação com a magnetosfera pode desencadear tempestades geomagnéticas severas. Essas estruturas podem atingir velocidades superiores a 800 km/s, provocando grandes compressões da magnetosfera terrestre. O estudo da localização da magnetopausa é de extrema importância, pois ela é o limite externo da magnetosfera, que protege a Terra e os equipamentos de satélites em órbita próxima do espaço das partículas energizadas, da massa e do momento transferidos para a magnetosfera interna. O objetivo deste projeto é analisar a tempestade magnética de maio de 2024, classificada como um evento extremo, por meio de uma simulação computacional magnetohidrodinâmica (MHD) disponibilizada pelo Community Coordinated Modeling Center (CCMC) da NASA. Durante o período analisado, a velocidade do vento solar excede 1000 km/s. Os índices geomagnéticos Dst e Sym-H foram utilizados para identificar as diferentes fases da tempestade e avaliar o comportamento da magnetopausa para cada uma delas. Observou-se uma compressão significativa da magnetopausa durante o impulso súbito e a fase principal da tempestade. A posição do nariz da magnetopausa obtida pela simulação MHD foi comparada com a estimada pelo modelo empírico de Shue et al. (1998), apresentando boa concordância. Os resultados demonstram a resposta da magnetopausa à interação entre o vento solar e a magnetosfera da Terra durante uma tempestade magnética extrema, contribuindo para a compreensão dos processos físicos associados ao clima espacial.

Palavras-chave: Vento Solar. Magnetopausa. Simulação MHD. Localização. Tempestade Geomagnética.

---

<sup>1</sup> E-mail: namazzon@usp.br

<sup>2</sup> E-mail: luis.vieira@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: flaviacardoso@usp.br

<sup>4</sup> E-mail: marcos.silveira@inpe.br

## **FOLHAS, FLORES E FRUTOS: AS CADEIAS DA SOCIOBIODIVERSIDADE NA TRAMA URBANA AMAZÔNICA**

**Paulo Vinícius Martins Rodrigues<sup>1</sup> (UFOPA, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Silvana Amaral<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Renata Maciel Ribeiro<sup>3</sup> (IPAM, Coorientadora)**

### **RESUMO**

As atividades econômicas baseadas na sociobiodiversidade amazônica ainda são pouco representadas nos sistemas oficiais de informação, dificultando a identificação de seus agentes e a compreensão de sua distribuição territorial. Este estudo aplica parte da metodologia proposta por Ribeiro (2024), para identificar os agentes formais da bioeconomia na Região Metropolitana de Santarém, estado do Pará. Para isso, foram manipulados bancos de dados relacionais contendo registros do Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), integrando consultas estruturadas à Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) por meio de palavras-chave associadas a produtos estratégicos da sociobiodiversidade amazônica. Os registros selecionados foram georreferenciados e integrados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a análise de sua distribuição espacial. Embora persistam lacunas na classificação oficial, a estratégia metodológica permitiu ampliar de 45, previamente identificados, para 90 o número de códigos CNAE potencialmente associados à bioeconomia da sociobiodiversidade. Verificou-se que apenas cerca de 1% dos empreendimentos ativos no Pará estão vinculados às atividades analisadas. Na área de estudo, foram identificados 430 empreendimentos, concentrados no município de Santarém e majoritariamente em áreas urbanas (84,6%). Esse padrão revela um descompasso entre os territórios de produção dos recursos da sociobiodiversidade e os espaços onde essas atividades são efetivamente formalizadas. As atividades predominantes estiveram relacionadas às cadeias de frutas, turismo e navegação, evidenciando baixa diversificação produtiva. A distribuição espacial também revelou forte associação com os principais eixos hidrográficos, com 41,1% dos empreendimentos localizados a menos de 1 km dos rios principais. Conclui-se que, apesar dos desafios relacionados à representação estatística e à compreensão da integração territorial da bioeconomia da sociobiodiversidade, a aplicação da metodologia representa um avanço na identificação e na análise espacial de seus agentes formais, fornecendo subsídios para o fortalecimento dessas cadeias produtivas na trama urbana amazônica.

Palavras-chave: Bioeconomia. Sociobiodiversidade. Trama urbana amazônica.

---

<sup>1</sup> E-mail: pauloviniciusrodri@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: silvana.amaral@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: renatamacielribeiro@gmail.com

## **ESTUDO DA INTERFEROMETRIA ÓPTICA NO DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR DE TEMPERATURA PARA UM RADIÔMETRO DE BANDA LARGA**

**Pedro Henrique Soares Cesar<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Luís Eduardo Antunes Vieira<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Adriany Rodrigues Barbosa<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

**Franciele Carlesso<sup>4</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

O projeto tem como objetivo estudar e apresentar a viabilidade do uso da interferometria óptica, a partir do interferômetro de Mach Zehnder para o desenvolvimento de sensores de temperatura aplicáveis a radiômetros de banda larga. O projeto parte da criação de um interferômetro de Mach Zehnder que consiste em um arranjo interferométrico com dois braços ópticos, cada um contendo o mesmo material óptico como um cristal ou filme fino dependendo do material analisado. Um destes braços contém um controlador de temperatura acoplado a ele para que houvesse a variação de temperatura do material testado de forma controlada. Por fim, os testes realizados ao longo do projeto com diferentes materiais e diferentes faixas de temperatura induzem a uma diferença no índice de refração de cada material (efeito termo-óptico), que alteram o padrão de interferência, logo os dados obtidos demonstram uma variação da função intensidade da luz pela da temperatura, confirmando a sensibilidade térmica do sistema interferométrico, reforçando o potencial do método.

Palavras-chave: Interferometria. Mach Zehnder. Sensor de temperatura. Efeito termo-óptico

---

<sup>1</sup> E-mail: pedrohenriquesoarescesar@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: luis.vieira@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: adriany.barbosa@inpe.br

<sup>4</sup> E-mail: franciele.carlesso@inpe.br

**CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO (MP2,5µm)  
E DIÓXIDO DE CARBONO (CO2) APLICADAS EM SENSORES DE BAIXO CUSTO:  
IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR E NA SAÚDE PÚBLICA EM ÁREAS URBANAS**

**Pedro Lucas de Mello Mendonça<sup>1</sup> (CEFET-RJ, Bolsista PIBIC-EM/CNPq)  
Antonio Marcos Vianna<sup>2</sup> Campos (INPE, Orientador)  
Almir Venancio Ferreira<sup>3</sup> (CEFET-RJ, Coorientador)**

**RESUMO**

A pesquisa baseia-se no monitoramento ambiental da concentração de material particulado (MP2,5µm) e Dióxido de Carbono (CO2) presentes na atmosfera e quais os impactos dessa concentração na qualidade do ar e na saúde pública em áreas urbanas utilizando sensores de baixo custo com Arduino/ESP32. A metodologia consiste na instalação dos sensores Sensirion SCD-30 (destinado ao monitoramento do CO2) e o ZH06-1 (destinado ao monitoramento do material particulado) na Avenida Rei pelé (antiga Avenida Maracanã) e na Avenida General Canabarro para a coleta dos dados utilizando sensores de baixo custo integrados a um ESP32. Os dados gerados pelos sensores são enviados para um cartão SD e posteriormente serão processados para a geração de gráficos. Os sensores foram instalados durante um curto período de testes no Cefet-RJ - Unidade Maracanã, local ideal para observação da alta concentração de poluentes e devido ao alto volume de tráfego diário. Os dados foram coletados em intervalos de 10 minutos. Como resultados parciais, os dados permitiram identificar variações significativas nos níveis de poluentes correlacionados aos horários de pico do tráfego local. Conclui-se que o uso integrado de microcontroladores e sensores de baixo custo é viável para o monitoramento contínuo da qualidade do ar, demonstrando confiabilidade e eficácia na vigilância ambiental. Dessa forma, a tecnologia fornece subsídios empíricos essenciais não apenas para o mapeamento de poluentes, mas também para ações práticas de educação ambiental e mitigação da poluição em centros urbanos.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental. Sensores de Baixo Custo. Poluição Atmosférica. Vigilância Ambiental. Qualidade do Ar.

---

<sup>1</sup> E-mail: pelucasmendonca1@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: marcos.vianna@inpe.com

<sup>3</sup> E-mail: almir.venancio@cefet-rj.br

## **TENDÊNCIAS OBSERVADAS E PROJEÇÕES FUTURAS DE INDICADORES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS NO SUDESTE DO PAÍS**

**Pedro Lucas Oliveira Santos<sup>1</sup> (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Daniela Carneiro Rodrigues<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Wanderson Luiz Silva<sup>3</sup> (UFRJ, Coorientador)**

### **RESUMO**

A caracterização das tendências dos extremos pluviométricos em um contexto de mudanças climáticas é fundamental para o suporte a estratégias de adaptação, gestão de riscos e planejamento em proteção civil. Nesse contexto, essa pesquisa analisa as tendências observadas e as projeções futuras de extremos de precipitação na Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste (BASE), região de elevada relevância socioeconômica que abrange os Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, além do leste de Minas Gerais e de São Paulo. São utilizados dados diários de precipitação de 244 estações pluviométricas e meteorológicas das redes da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no período de 1980 a 2023. Os extremos são quantificados por índices padronizados pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices – ETCCDI. A detecção do sinal e da magnitude das tendências é realizada por meio do teste não paramétrico de Mann–Kendall e da Curvatura de Sen. Para as projeções futuras, são empregadas as simulações do modelo do sistema terrestre EC-Earth3, no âmbito do Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 – CMIP6, considerando os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do IPCC para o período de 2030 a 2100. Os resultados indicam aumento estatisticamente significativo na intensidade média da precipitação e na duração de períodos secos na BASE, evidenciando maior irregularidade do regime pluviométrico da região no decorrer dos últimos anos. Eventos extremos de curta duração apresentam intensificação espacialmente heterogênea, mas com maior destaque em áreas litorâneas e regiões serranas. As projeções futuras apontam para um incremento na intensidade das chuvas extremas em 24 horas (+15 mm), aumento na duração de estiagens (+20 dias) e elevação na frequência de chuvas moderadas a fortes (+6 dias), particularmente no setor sul da bacia. Além disso, projeta-se uma elevação na duração de períodos secos ao longo do século 21, sendo mais pronunciada sob o cenário de altas emissões. Esses resultados indicam aumento da suscetibilidade a desastres hidrometeorológicos, com implicações diretas para a segurança hídrica e o planejamento territorial na BASE, fornecendo subsídios técnicos relevantes para a formulação de políticas de adaptação e mitigação.

Palavras-chave: Bacia do Atlântico Sudeste. Extremos Climáticos. Mudanças Climáticas. Precipitação.

---

<sup>1</sup> E-mail: pedrolucassantos88@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: daniela.rodrigues@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: wanderson@igeo.ufrj.br

## **PYSINDA: BIBLIOTECA CLIENTE PARA ACESSO PROGRAMÁTICO AOS DADOS DA PLATAFORMA DATASINDA**

**Pedro Lucas Rodrigues de Araújo<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Aguinaldo Bezerra<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

### **RESUMO**

O Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA) distribui dados obtidos por Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), estações automáticas instaladas em campo e equipadas com sensores que medem uma miríade de variáveis ambientais, tais como temperatura, umidade, precipitação, etc., e transmitem periodicamente essas observações para armazenamento e disponibilização aos usuários interessados. Esses dados são essenciais para atividades de monitoramento ambiental, pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico. Entretanto, o acesso programático a esses dados por meio da plataforma DataSINDA pode exigir do usuário conhecimento prévio sobre a organização do sistema, seus parâmetros de consulta e a estrutura das respostas fornecidas pela API. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma biblioteca cliente em Python, apelidada de pySINDA, voltada à abstração da complexidade e simplificação do acesso aos dados disponibilizados pelo DataSINDA. A metodologia consistiu no estudo da plataforma e de sua interface de acesso, na identificação dos principais fluxos de consulta, na definição de uma camada de abstração para representar requisições e respostas, e na implementação de funcionalidades que facilitam a recuperação, o tratamento inicial e a integração dos dados em rotinas computacionais. A biblioteca foi concebida para reduzir a complexidade associada ao modelo de dados do SINDA, orientado a PCDs, oferecendo uma forma mais direta e padronizada de selecionar informações, executar consultas e utilizar os resultados em análises posteriores. Essa abordagem considera diferentes perfis de usuários, desde pesquisadores e desenvolvedores com maior experiência técnica até estudantes, iniciantes ou interessados que buscam explorar a plataforma para fins de aprendizado. Como resultado, a biblioteca contribui para ampliar a reprodutibilidade, a automação e a acessibilidade no uso dos dados do DataSINDA, favorecendo a incorporação dessas informações em diferentes fluxos de trabalho. Conclui-se que a construção de clientes especializados para plataformas institucionais de dados é uma estratégia relevante para aproximar infraestruturas operacionais de comunidades científicas, técnicas e educacionais, promovendo maior aproveitamento dos dados públicos disponíveis.

Palavras-chave: pySINDA. DataSINDA. SINDA. Dados ambientais. Python. Environmental data. Application programming interface. Data access. Scientific computing. Software library.

---

<sup>1</sup> E-mail: pedrolucasrodrigues1603@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: aguinaldo.bezerra@inpe.br

## **AVALIAÇÃO DE MOSAICOS DE IMAGENS GERADOS ATRAVÉS DE SOFTWARES DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS**

**Pedro Ponse<sup>1</sup> (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Claudia Cristina dos Santos<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Sidnei João Siqueira Sant'Anna<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este estudo apresenta uma análise comparativa entre os softwares Pix4D (comercial) e WebODM (software livre) na geração de Mosaicos, Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital de Terreno (MDT). O objetivo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica da ferramenta de código livre frente à comercial em aplicações que demandam precisão centimétrica. O levantamento fotogramétrico foi realizado com um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) do modelo DJI Phantom 3 Advanced no bairro Guaecá, em São Sebastião (SP), capturando 220 imagens a 120 m de altitude. Para a orientação e validação das superfícies geradas, foram mensurados, com o uso de GPS diferencial de precisão milimétrica, 58 pontos de apoio totais no terreno. Os dados foram processados de forma independente em ambos os softwares sob parâmetros algorítmicos pareados. Os parâmetros internos de alinhamento (taxa de calibração, erro de reprojeção e dimensão final do pixel/GSD) foram extraídos diretamente dos relatórios automatizados de qualidade de cada plataforma. Para a avaliação de acurácia posicional e comparação estatística, os produtos foram importados para o software QGIS, onde realizou-se a extração de valores altimétricos sobre os pontos de teste e a álgebra de mapas por diferença direta de rasters (MDS\_Pix4D - MDS\_WebODM e MDT\_Pix4D - MDT\_WebODM). Os resultados revelaram que o Pix4D obteve taxa de calibração de 100,00% das imagens (220/220), erro médio de reprojeção de 0,15 pixels e GSD de 4,96 cm, enquanto o WebODM apresentou taxa de calibração de 91,40% (201/220), erro médio de reprojeção de 0,77 pixels e GSD de 8,60 cm, decorrentes de limitações no alinhamento inicial. A densidade das nuvens adensadas foi equivalente, alcançando 15,99 milhões de pontos no Pix4D e 15,51 milhões no WebODM. A validação espacial contra os pontos de teste indicou que o Pix4D possui elevada consistência horizontal, com Erro Médio Quadrático planimétrico (RMSE<sub>xy</sub>) de 2,30 cm, contudo apresentou uma tendência de erro sistemático vertical positivo de 4,20 m. O WebODM apresentou maior dispersão planimétrica, com RMSE<sub>xy</sub> de 72,80 cm, porém exibiu menor tendência vertical em relação às cotas de campo, com desvio altimétrico absoluto médio de 73,90 cm. Conclui-se que o Pix4D permanece indicado para projetos que demandam alta precisão planimétrica estrita, embora exija correção manual do referencial altimétrico, ao passo que o WebODM se consolida como uma alternativa viável para projetos

---

<sup>1</sup> E-mail: pedro.ponse2002@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: claudia.santos@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: sidnei.santanna@inpe.br

operacionais de escala subdecimétrica, eliminando custos com licenças comerciais sem comprometer a densidade estrutural dos dados.

Palavras-chave: Fotogrametria com VANT. PIX4D. WebODM. Álgebra de Mapas. Processamento de Imagens. UAV photogrammetry. Pix4D. WebODM. Map álgebra. Image processing.

## INVESTIGAÇÃO DE FENÔMENOS SOLARES ENERGÉTICOS E DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA PREVISÃO DE SUA OCORRÊNCIA

Roberta Camilly Freitas de Carvalho<sup>1</sup> (USP, Bolsista PIBIC/CNPq)

José Roberto Cecatto<sup>2</sup> (INPE, Orientador)

### RESUMO

As explosões ou “flares” solares são fenômenos energéticos ( $10^{24} - 10^{32}$  erg) gerados nas regiões ativas da alta cromosfera / baixa coroa, as quais apresentam altas temperatura e densidade, e campos de centenas a poucos milhares de Gauss na forma de arcos magnéticos. Esses eventos resultam na liberação súbita de energia acumulada no campo, desencadeada por processos de reconexão magnética que reconfiguram o campo e os arcos, produzindo radiação eletromagnética de amplo espectro (desde ondas de rádio até raios X e gama). Essa radiação ao atingir o ambiente e tecnologias terrestres pode causar blecaute de rádio e perturbação dos sinais de GPS, entre outros efeitos. É detectada quando já se encontra na Terra, sem tempo para mitigação dos efeitos. Então, para minimizar esses efeitos é necessário prever sua ocorrência com antecipação suficiente 1-2 dias. Com esse intuito foi realizado, junto ao banco de dados SWPC-NOAA, o levantamento diário de índices solares com o intuito de gerar um modelo empírico de previsão, usando dados da emissão solar em raios-X (1 – 8 °A, GOES) e rádio (10,7 cm) dos Ciclos Solares 23 a 25. A metodologia buscou identificar limites críticos de ocorrência para eventos das classes M e X. Comparativamente, o ciclo 23 se caracterizou por maior atividade, registrando 5133 eventos (2.185 de classe M e 125 de classe X), e com um “flare” X28 sendo o mais intenso. Por sua vez, o ciclo 24 gerou um “flare” X9.3 como o mais intenso e 1949 eventos. Foram obtidos níveis base do fluxo de RX um pouco diferentes para “flares” classes M e X na comparação entre os ciclos estudados, mas dentro de uma ordem de grandeza para cada classe. O nível base de fluxo, para eventos M e X do ciclo 23, foi  $4 \times 10^{-7}$  W/m<sup>2</sup> e  $2 \times 10^{-6}$  W/m<sup>2</sup> em RX, bem como 74 UFS e 90 UFS em rádio, respectivamente. Para o ciclo 24, obteve-se  $1 \times 10^{-7}$  W/m<sup>2</sup> e  $4 \times 10^{-7}$  W/m<sup>2</sup> em RX, respectivamente para eventos M e X. Até o presente, para o ciclo 25 (2022–2026), registraram-se 1791 eventos (1696 de classe M e 95 de classe X), sendo o “flare” mais intenso X9.0, observado no disco solar visível. Para este ciclo, obtiveram-se níveis base de  $3 \times 10^{-7}$  W/m<sup>2</sup> e  $5 \times 10^{-6}$  W/m<sup>2</sup> para eventos M e X, respectivamente.

Palavras-chave: Sol. Explosões solares. Previsão.

---

<sup>1</sup> E-mail: roberta.camilly@usp.br

<sup>2</sup> E-mail: jr.cecatto@inpe.br

# **ANÁLISE ESPECTRAL DA VARIABILIDADE DE DADOS DE TEMPERATURA/UMIDADE COLETADOS NO SÍTIO EXPERIMENTAL DO CAMPUS DO INPE EM CACHOEIRA PAULISTA**

**Sarah Rodrigues Prezotto<sup>1</sup> (UFPR, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Jose Celso Thomaz Junior<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Darío Gerardo Fantini<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

## **RESUMO**

Este trabalho investiga a influência da escolha da wavelet-mãe na análise de séries temporais meteorológicas. São consideradas as variáveis temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar de onda curta, obtidas a partir de dados observacionais e de diferentes bases meteorológicas, organizados em uma mesma resolução temporal. Inicialmente, as séries foram ratadas, padronizadas e submetidas a procedimentos de avaliação da qualidade, com o propósito de assegurar a consistência dos dados e permitir a comparação entre as fontes utilizadas. O processamento e a análise foram desenvolvidos em Python, utilizando as bibliotecas pandas e NumPy para a organização e manipulação das séries temporais, SciPy para procedimentos numéricos e estatísticos e Matplotlib para a elaboração das visualizações. Também foram empregados scripts e notebooks Jupyter, além de funções próprias para o cálculo da Transformada Wavelet Contínua e a realização dos testes de significância estatística. A Transformada Wavelet Contínua é utilizada para investigar a variabilidade das séries no domínio tempo-escala, permitindo identificar padrões que se modificam ao longo do tempo e que nem sempre são adequadamente representados por métodos tradicionais de análise. Nesse contexto, são comparadas as wavelets Morlet, Paul e DOG (Difference of Gaussians), considerando suas propriedades matemáticas e as diferenças na representação de regiões de maior potência, transições e estruturas temporais presentes nos sinais. Os resultados são apresentados por meio de escalogramas, espectros globais de potência e análises de correlação e correlação cruzada entre as variáveis. Também é investigada a modulação associada à banda diária, buscando compreender a relação entre o ciclo da radiação solar, a resposta da temperatura do ar e o comportamento da umidade relativa. Assim, o trabalho busca avaliar a adequação das diferentes wavelets para a caracterização de séries meteorológicas e contribuir para uma compreensão mais ampla da variabilidade atmosférica em múltiplas escalas temporais.

Palavras-chave: Transformada Wavelet Contínua. Séries temporais meteorológicas. Temperatura do ar. Umidade relativa. Radiação solar de onda curta.

---

<sup>1</sup> E-mail: sarah.rodrigues@ufpr.br

<sup>2</sup> E-mail: jose.thomaz@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: dario.fantini@inpe.br

## **RECONECTANDO RIOS E CIDADES: ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM BACIAS URBANAS**

**Thaís Aparecida da Silva<sup>1</sup> (UFJF, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Evandro Albiach Branco<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Andrea Oliveira da Silva<sup>3</sup> (UFSCar, Coorientadora)**

### **RESUMO**

A urbanização e as transformações dos corpos hídricos urbanos, associadas a processos de canalização, retificação e ocultamento, podem comprometer funções hidrológicas, ecológicas e sociais dos rios e ampliar a vulnerabilidade das cidades diante das mudanças climáticas. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo compreender as relações entre os processos de urbanização, as transformações dos corpos hídricos e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas em uma sub-bacia hidrográfica urbana, tendo como área de estudo o município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A pesquisa possui abordagem mista e está estruturada em três eixos: análise bibliográfica e documental, além de ferramentas de geotecnologia social. No primeiro período de desenvolvimento, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, orientada pelas recomendações do PRISMA 2020, com buscas nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Foram utilizadas combinações de termos relacionados a corpos hídricos urbanos, urbanização, mudanças climáticas, adaptação e impactos socioambientais. A organização e triagem dos estudos foram realizadas com auxílio do Rayyan. Inicialmente, foram identificados 461 artigos, dos quais 90 duplicatas foram removidas, resultando em 371 registros para triagem. Após a leitura de títulos, palavras-chave e resumos, 230 estudos foram excluídos por não apresentarem alinhamento com os objetivos da pesquisa, e 141 publicações foram avaliadas quanto à elegibilidade. Ao final, aproximadamente 50 estudos foram selecionados para compor a revisão. Os estudos analisados abordam relações entre urbanização, transformação e recuperação de corpos hídricos, impactos hidrológicos e ambientais, serviços ecossistêmicos, soluções baseadas na natureza, infraestrutura verde e azul e aspectos sociais relacionados à percepção, uso e governança dos rios urbanos. Os resultados desta etapa fornecem o embasamento teórico-metodológico para o diagnóstico socioambiental da sub-bacia, as análises espaciais e a construção de cenários de adaptação às mudanças climáticas, contribuindo para o planejamento urbano e a gestão ambiental adaptativa.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Rios urbanos. Urbanização. Adaptação climática. Renaturalização de rio

---

<sup>1</sup> E-mail: [thais.aparecida@estudante.ufjf.br](mailto:thais.aparecida@estudante.ufjf.br)

<sup>2</sup> E-mail: [evandro.albiach@inpe.br](mailto:evandro.albiach@inpe.br)

<sup>3</sup> E-mail: [andrea@estadudante.ufscar.br](mailto:andrea@estadudante.ufscar.br)

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO BIOMA CAATINGA**

**Thamires dos Santos Rego<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Katia Alves Arraes<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

### **RESUMO**

Desenvolvido na modalidade de iniciação científica, este estudo tem como objetivo analisar e monitorar as dinâmicas de uso e cobertura da terra no bioma Caatinga, um ecossistema semiárido essencial que engloba toda a Região Nordeste e se estende até o norte de Minas Gerais. Para transformar dados em conhecimento prático, a pesquisa encontra fundamento na união entre sensoriamento remoto e inteligência artificial. Utilizando a plataforma Google Earth Engine, imagens do satélite Sentinel 2 foram processadas e classificadas a nível municipal por meio do algoritmo de aprendizado de máquina Random Forest, mapeando classes temáticas fundamentais como corpos d'água, solo exposto, área urbana, vegetação aberta, vegetação densa, uso agrícola e/ou pastagem. A partir da conclusão do mapeamento integral do estado do Rio Grande do Norte, estabelecido como piloto, identificou-se a necessidade de disponibilizar os dados geoespaciais de forma pública e estruturada para a sociedade, órgãos ambientais, gestão pública municipal e comunidade científica. Para viabilizar a difusão da informação territorial, o projeto desenvolveu uma plataforma interativa e otimizada. Utilizando tecnologias de desenvolvimento web integradas a bibliotecas de mapeamento, estruturou-se um sistema de informação geográfica executado diretamente em navegadores. A interface organiza os dados para consulta espacial, fornecendo um pop-up com as características de cada município. O sistema permite acesso à informações sobre agricultura permanente e temporária, aspectos socioeconômicos, pontos de interesse e limites de biomas municipais. A plataforma também disponibiliza a visualização por recortes territoriais, abrangendo regiões como Assu/Mossoró, Sertão do Apodi, Potengi, Alto Oeste, Seridó, Sertão Central, Trairi, Agreste Litoral Sul, Mato Grande e Metropolitana de Natal. Além disso, o sistema permite a identificação de infraestruturas de impacto econômico e ambiental, a exemplo de complexos eólicos e polos petrolíferos. Os resultados desta etapa evidenciam a viabilidade de integrar inovação tecnológica e usabilidade, fornecendo subsídios diretos e transparentes para a gestão e o planejamento territorial de todo o bioma.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Bioma Caatinga. Usabilidade. Gestão Territorial. Disseminação de Dados Espaciais.

---

<sup>1</sup> E-mail: [thamiressreg@gmail.com](mailto:thamiressreg@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [katia.arraes@inpe.br](mailto:katia.arraes@inpe.br)

## **TRAJETÓRIAS DE BAIXA ENERGIA GERADAS NO SISTEMA TERRA-LUA DIRECIONADAS AO SISTEMA JOVIANO**

**Victor Alves Gaspar<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Gabriel Antonio Caritá<sup>3</sup> (UNESP, Coorientador)**

### **RESUMO**

O presente projeto teve como objetivo desenvolver ferramentas computacionais para análise e otimização de trajetórias de escape no sistema Terra–Lua utilizando o Problema Circular Restrito de Três Corpos (PCR3BP). Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangendo os fundamentos da mecânica orbital, incluindo o problema de dois corpos, o PCR3BP, as equações de movimento, os pontos de Lagrange, a constante de Jacobi, métodos numéricos para integração de equações diferenciais, algoritmos de otimização metaheurística, superfícies de Poincaré e técnicas de transferência orbital, estabelecendo a base teórica necessária para o desenvolvimento do projeto. Com base nesses estudos, foram implementados e expandidos, em linguagem Python, programas para simulação da dinâmica orbital no PCR3BP, utilizando códigos previamente validados como ponto de partida e incorporando novas funcionalidades voltadas às necessidades da pesquisa. Foram desenvolvidos integradores numéricos para propagação de trajetórias. Os algoritmos Differential Evolution e Particle Swarm Optimization foram estudados para aplicação na otimização de trajetórias de escape. Como parte das ferramentas desenvolvidas, foram obtidas seções de superfícies empregando técnicas de otimização em substituição ao método tradicional da bissecção, permitindo identificar ilhas de estabilidade e regiões de comportamento caótico no espaço de fases. Esses resultados foram apresentados durante o Simpósio de Matemática, Física e Astronomia da Universidade do Vale do Paraíba (SIMFAST/UNIVAP). Paralelamente, foram desenvolvidos programas para otimização de trajetórias de escape mono impulsivas e bi-impulsivas, além de mapas destinados ao estudo paramétrico da influência do tempo de coasting e dos tempos de voo sobre o custo da manobra e a velocidade final de escape. A consistência física dos programas foi verificada por meio da conservação da constante de Jacobi. Como resultado, foi estabelecida uma base computacional para estudos de otimização de trajetórias no Problema Circular Restrito de Três Corpos, possibilitando o desenvolvimento de novas metodologias de análise e otimização de trajetórias de escape. Os resultados obtidos também foram submetidos ao XXIII Brazilian Colloquium of Orbital Dynamics (CBDO).

Palavras-chave: Problema Circular Restrito de Três Corpos. Dinâmica Orbital. Otimização Metaheurística. Differential Evolution. Trajetórias de Escape.

---

<sup>1</sup> E-mail: victoralvesgaspar07@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: antonio.prado@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: ga.carita@unesp.br

## **ANÁLISE DE CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS POTENCIALMENTE ASSOCIADAS À OCORRÊNCIA DE GRANIZO EM SANTA CATARINA**

**Victor André Deitos<sup>1</sup> (UFSC, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Izabelly Carvalho da Costa<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**  
**Wendell Rondinelli Gomes Farias<sup>3</sup> (UFSC, Coorientador)**

### **RESUMO**

O estado de Santa Catarina registrou 307 eventos de granizo (>3 cm) entre 2021 e 2024 (PREVOTS, 2024), com prejuízos econômicos significativos (Hermann, 2007). Uma característica dessa área é a atuação frequente de sistemas meteorológicos complexos, como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), supercélulas, frentes frias e ciclones subtropicais (Velasco e Fritsch, 1987; Kousky e Cavalcanti, 1984; Reboita, 2009). Essa dinâmica atmosférica favorece a ocorrência de tempestades convectivas, capazes de produzir granizo (>2 cm), ventos destrutivos (>80 km/h), tornados ou chuva intensa (> 40 mm/h) (INPE, 2025), com impactos socioeconômicos expressivos (Lucas et al., 2012; Hermann, 2007). A previsão desses eventos, apesar dos avanços, ainda tem como desafio precisar o modo convectivo, horário e local exato da ocorrência das tempestades, tanto devido às limitações operacionais quanto à carência de estudos regionalizados sobre os ambientes atmosféricos associados. Nesse contexto, os radares meteorológicos são ferramentas fundamentais, seja no monitoramento, ou na previsão de curtíssimo prazo de eventos dessa natureza. Neste trabalho, foi utilizado o radar de dupla polarização de Chapecó, que opera na banda S com cobertura de 250 km e está localizado no Oeste de Santa Catarina, com o objetivo de antecipar eventos de granizo severo. Os padrões das variáveis polarimétricas do radar foram analisados para o período entre 2021 e 2024, e encontrou-se limiares comuns associados aos eventos de granizo. De forma complementar, foram utilizados os dados de reanálise do ECMWF (ERA 5) para analisar o ambiente pré-convectivo e os ingredientes necessários para a precipitação de granizo severo. Levando em conta os casos analisados, foram encontrados valores característicos para os parâmetros pré-convectivos que favorecem a formação de granizo, estes foram: MUCAPE maior que 1000 J/KG, altos valores de cisalhamento, altura de isoterma de 0°C entre 650 hpa e 600 hpa, TVVT (Taxa Vertical de Variação de Temperatura) considerado o de uma adiabática úmida. Quanto aos valores das variáveis de radar, o valor da refletividade horizontal encontrado abrange a faixa de 40 a 70 dBz e a refletividade diferencial apresenta valores maiores que 2,5 dB. Para a fase diferencial específica, foram obtidos valores que variam de 2° a 4,5°, enquanto o coeficiente de correlação cruzada manteve valores entre 0,8 e 0,95. Com

---

<sup>1</sup> E-mail: victordeit@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: izabelly.costa@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: wendell.farias@ufsc.br

estas informações, foram encontradas faixas comuns para as variáveis atmosféricas estudadas e analisadas no estado de Santa Catarina relacionadas à precipitação de granizo.

Palavras-chave: Granizo. Variáveis polarimétricas. Radar. Índices de instabilidade. ERA5.

# **SÍNTESE QUÍMICA PELO MÉTODO HIDROTÉRMICO ASSISTIDO POR MICRO-ONDAS (MAH) PARA OBTENÇÃO DE ZN – MOF COM PROPRIEDADES PARA A APLICAÇÃO COMO ABSORVEDOR DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

**Vitor de Moraes Yamamoto<sup>1</sup> (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Mauricio Ribeiro Baldan<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Felipe de Moraes Yamamoto<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

## **RESUMO**

O crescente uso de dispositivos eletrônicos e sistemas de comunicação tem contribuído para o aumento da poluição eletromagnética, capaz de provocar interferências, ruídos e falhas no funcionamento de equipamentos sensíveis. Nesse contexto, os materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) destacam-se como uma alternativa promissora para minimizar esses efeitos. Entre esses materiais, os compósitos constituídos por aditivos magnéticos e/ou dielétricos dispersos em matrizes poliméricas apresentam vantagens como baixa densidade, flexibilidade, facilidade de processamento e boas propriedades eletromagnéticas. Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar compósitos à base de ferrocarbonila (FC) e óxido de zinco (ZnO), sendo o ZnO obtido por meio da calcinação de estruturas metalorgânicas (Metal–Organic Frameworks – MOFs) de zinco e incorporado a uma matriz de borracha de silicone. O estudo buscou investigar a influência do ZnO nas propriedades dielétricas e magnéticas dos compósitos, com foco na absorção e atenuação de ondas eletromagnéticas nas bandas S, C, X e Ku (2–18 GHz). A metodologia experimental foi dividida em quatro etapas. Inicialmente, foi sintetizado um MOF de zinco por método hidrotérmico assistido por micro-ondas, empregando sulfato de zinco, 2-metilimidazol (2-Methylimidazole – 2-MIM) e brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB), dissolvidos em água. Em seguida, o material obtido foi lavado, seco e submetido à calcinação a 800 °C durante 1 hora para obtenção do ZnO, cuja formação foi confirmada por difratometria de raios X (DRX) e caracterizada morfológicamente por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Posteriormente, os compósitos foram preparados utilizando 60% em massa de ferrocarbonila, matriz de borracha de silicone e diferentes concentrações de ZnO. Por fim, as propriedades eletromagnéticas foram determinadas utilizando um Analisador Vetorial de Redes (Vector Network Analyzer – VNA), modelo N5232A (Keysight®), acoplado a um guia de ondas coaxial. A partir dos parâmetros de espalhamento, foram calculadas a permissividade elétrica relativa complexa ( $\epsilon_r$ ) e a permeabilidade magnética relativa complexa ( $\mu_r$ ) por meio do método de Nicholson-Ross-Weir (NRW). Os resultados mostraram que a adição de ZnO obtido por uma rota alternativa de síntese promoveu aumento da permissividade elétrica relativa real ( $\epsilon_r'$ ),

---

<sup>1</sup> E-mail: felipe.yamamoto@inpe.br

<sup>2</sup> E-mail: mauricio.baldan@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: v.yamamoto@aluno.ifsp.edu.br

indicando maior capacidade de armazenamento de energia elétrica. As tangentes de perda dielétrica permaneceram praticamente inalteradas entre as amostras, sugerindo pequena influência do ZnO nos mecanismos de dissipação elétrica. Em contrapartida, observou-se um discreto aumento da tangente de perda magnética nas amostras contendo ZnO, indicando maior eficiência na dissipação de energia associada aos mecanismos magnéticos. As simulações eletromagnéticas baseadas em ensaios de refletividade evidenciaram melhoria no desempenho de absorção dos compósitos com a incorporação de ZnO. A amostra contendo apenas ferrocarbonila apresentou perda por reflexão de -8,75 dB para uma espessura de 3 mm, enquanto a amostra contendo ferrocarbonila e ZnO atingiu -16,37 dB para uma espessura de 8 mm. Esses resultados demonstram que a incorporação de ZnO favorece o desempenho eletromagnético dos compósitos, tornando a combinação entre ferrocarbonila e óxido de zinco em matriz de borracha de silicone uma alternativa promissora para aplicações como materiais absorvedores de radiação eletromagnética.

Palavras-chave: Compósitos. Absorção eletromagnética. Óxido de zinco. Ferrocarbonila. MOF de zinco.

## **ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA EDUCAÇÃO CLIMÁTICA E AMBIENTAL**

**Vitor de Souza Simão Pinto Barbosa<sup>1</sup> (ETEC, Bolsista PIBIC-EM/CNPq)**

**Antonio Marcos Vianna Campos<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Rosemary Aparecida Odorizi Lima<sup>3</sup> (INPE, Coorientadora)**

### **RESUMO**

As estações meteorológicas automáticas cumprem papel central no monitoramento de variáveis ambientais; contudo, seu custo elevado restringe o acesso a esses dados, sobretudo no contexto da educação básica, o que reforça a relevância de soluções de baixo custo para a democratização de dados meteorológicos e para a educação climática. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e educacional de uma estação meteorológica de baixo custo, baseada na plataforma Arduino UNO, voltada ao apoio de atividades de educação climática e ambiental no âmbito do Programa Educação do INPE. Para tanto, a estação foi montada em protoboard, com os sensores BMP280, para temperatura e pressão atmosférica (acurácia de  $\pm 1,0$  °C e  $\pm 1$  hPa, respectivamente), e HTU2X, para temperatura e umidade relativa do ar (acurácia típica de  $\pm 0,3$  °C e  $\pm 2\%$  RH). Além dos sensores, foi empregado um módulo de relógio de tempo real (RTC) DS3231 para o registro temporal das leituras. Para o armazenamento local, foi acoplado um módulo microSD via interface SPI (Serial Peripheral Interface). Ao longo dos quatro primeiros meses da bolsa (abril a julho de 2026), as leituras da estação desenvolvida foram comparadas com os dados da estação meteorológica automática do Programa Educação do INPE em Cachoeira Paulista, a fim de avaliar a exatidão dos sensores utilizados. Os resultados indicaram um viés médio de aproximadamente 8 °C na temperatura, muito superior à acurácia nominal dos sensores, o que sugere blindagem térmica inadequada da estação de baixo custo, e um offset médio de cerca de 3,5 hPa na pressão atmosférica. Durante essa etapa, foram identificadas interrupções espontâneas na coleta de dados, associadas a instabilidades no gerenciamento de buffers e bibliotecas do firmware, e não a limitações de armazenamento no cartão microSD. Como resposta, foram implementados ajustes no código, incluindo temporizador watchdog e otimização do uso de memória do microcontrolador. Como perspectiva futura, prevê-se a substituição do Arduino UNO pelo ESP32, que oferece maior capacidade de memória e conectividade sem fio, permitindo o envio remoto dos dados em tempo real. Espera-se que os resultados obtidos subsidiem o aprimoramento técnico da estação de baixo custo e sua aplicação em oficinas STEAM voltadas a alunos da rede pública, contribuindo para a democratização do acesso a dados meteorológicos e para a formação científica do bolsista na área de instrumentação ambiental.

Palavras-chave: Estação Meteorológica. Arduino. Sensores Ambientais. Educação Climática. Baixo Custo.

---

<sup>1</sup> E-mail: vitinhossb2@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: marcos.vianna@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: rosemary.odorizi@inpe.br

**PROGRAMA EDUCAÇÃO – EXTENSÃO EDUCACIONAL, CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E SUA IMPORTÂNCIA NA EDUCAÇÃO METEOROLÓGICA E AMBIENTAL E PARCERIAS COM UNIVERSIDADES E INSTITUIÇÕES: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO BEM-ESTAR PSICOLÓGICO DE DOCENTES**

**Vitória Cristine Daniel Félix<sup>1</sup> (UNISAL, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Rosemary Aparecida Odorizi Lima<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**RESUMO**

O presente projeto teve como objetivo investigar a influência das variáveis meteorológicas no bem-estar psicológico de docentes vinculados ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), evidenciando a importância da integração entre pesquisa científica, educação e parcerias institucionais para a produção de conhecimento interdisciplinar. Inserida no contexto das ações desenvolvidas pelo INPE em colaboração com universidades e instituições de ensino, a pesquisa fundamentou-se na interface entre Psicologia, Biometeorologia Humana, Saúde Ocupacional e Educação Ambiental, considerando que a compreensão das relações entre clima e saúde contribui para a formação científica e para a promoção da qualidade de vida. O estudo caracterizou-se como exploratório, com abordagem quantitativa e qualitativa, sendo realizado por meio da aplicação de um questionário eletrônico anônimo aos docentes do CPTEC/INPE. O instrumento contemplou questões relacionadas ao perfil dos participantes, à percepção dos efeitos das variáveis meteorológicas sobre o cotidiano de trabalho e a indicadores de bem-estar psicológico. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e interpretação qualitativa das respostas discursivas. Os resultados indicaram que, na percepção dos participantes, fatores como temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e mudanças bruscas nas condições atmosféricas podem influenciar a disposição, a concentração, o conforto físico e o bem-estar psicológico durante o exercício da docência. Além disso, o desenvolvimento da pesquisa reforça a relevância das parcerias estabelecidas pelo CPTEC/INPE com instituições de ensino e pesquisa, evidenciando como a articulação entre ensino, pesquisa e extensão favorece a produção científica e amplia a compreensão dos impactos das condições ambientais sobre a saúde humana. Conclui-se que as variáveis meteorológicas representam um importante componente ambiental a ser considerado em estudos sobre saúde ocupacional e qualidade de vida no trabalho docente, ao mesmo tempo em que iniciativas colaborativas desenvolvidas pelo INPE contribuem para fortalecer a educação científica, a educação ambiental e a formação de recursos humanos voltados aos desafios das mudanças climáticas e da sustentabilidade.

Palavras-chave: Bem-estar psicológico. Biometeorologia humana. Docência. Educação ambiental. Variáveis meteorológicas.

---

<sup>1</sup> E-mail: felixvitoria0@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: rosemary.odorizi@inpe.br

## **INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE TEMPO, CLIMA E PESQUISAS DO INPE**

**Yago Henrique Barbosa Avelar<sup>1</sup> (FATEC, Bolsista PIBITI/CNPq)**  
**Rosemary Aparecida Odorizi de Lima<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

### **RESUMO**

A divulgação científica desempenha papel fundamental na aproximação entre a ciência e a sociedade, tornando o conhecimento científico mais acessível ao público. Este trabalho teve como objetivo contribuir para a divulgação de conteúdos relacionados ao tempo, clima e às pesquisas desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio das redes sociais do Programa Educação – Extensão Educacional Ambiental, Científica e Tecnológica. As atividades foram desenvolvidas no primeiro semestre de 2026 e consistiram na pesquisa, elaboração e publicação de conteúdos científicos e institucionais para o Instagram do programa, utilizando linguagem acessível e informações provenientes de fontes confiáveis. Também foi realizada a reformulação da identidade visual do perfil, visando padronizar as publicações e fortalecer a comunicação institucional. Como resultados, foram produzidas aproximadamente 60 publicações para o feed e diversos conteúdos para os stories, abordando temas como meteorologia, climatologia, meio ambiente, eventos científicos, datas comemorativas, curiosidades científicas e pesquisas desenvolvidas pelo INPE. As ações contribuíram para o crescimento do perfil, com aumento de 25,6% no número de seguidores e de 100% na média de visualizações das publicações, ampliando o alcance das informações científicas. O projeto também favoreceu o desenvolvimento de competências em pesquisa, produção de conteúdo digital e comunicação científica, complementadas pela participação no IV Encontro de Jovens Cientistas. Conclui-se que as redes sociais constituem ferramentas eficazes para a divulgação científica, fortalecendo a aproximação entre instituições de pesquisa e a sociedade e ampliando o acesso ao conhecimento científico de forma acessível e confiável.

Palavras-chave: Divulgação científica. Redes sociais. Comunicação científica. Meteorologia. INPE. Scientific communication. Social media. Science outreach. Meteorology. INPE.

---

<sup>1</sup> E-mail: hbabelaryago@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: rosemary.odorizi@inpe.br

## **MAPEAMENTO DA RESILIÊNCIA A EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA EM COMUNIDADES EM SANTARÉM – PA**

**Yasmin Coutinho Lemos<sup>1</sup> (UFOPA, Bolsista PIBIC/CNPq)**  
**Naurinete de Jesus da Costa Barreto<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**  
**Leidiane Leão de Oliveira<sup>3</sup> (UFOPA, Coorientadora)**

### **RESUMO**

Os eventos extremos de precipitação representam risco para comunidades vulneráveis, exigindo a compreensão da resiliência comunitária frente a esses eventos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a resiliência comunitária da Ocupação Vista Alegre do Juá, em Santarém, Pará, em relação aos eventos de precipitação. Inicialmente, analisou-se a série histórica de precipitação de Santarém, no período de 1981 a 2022, com dados da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), para caracterizar a variabilidade do regime de chuvas. Em seguida, foram levantados indicadores socioeconômicos e de infraestrutura urbana da área de estudo, a partir de bases oficiais e informações de campo, para caracterizar as condições de vulnerabilidade socioambiental da comunidade. Por fim, foram aplicados 174 questionários estruturados aos moradores da Ocupação Vista Alegre do Juá. O questionário continha 32 perguntas distribuídas em quatro dimensões da resiliência comunitária. As respostas foram avaliadas por escala Likert de três níveis, com pontuação direta e inversa, e foram agrupadas em 11 pétalas conceituais, sintetizadas nas dimensões Controle, Relacional, Situacional e Filosófico/Religioso. Os padrões de chuva mostraram variabilidade interanual acentuada, com concentração das chuvas entre janeiro e maio, e totais anuais variando entre 900 mm e 3000 mm, além da ocorrência frequente de eventos de precipitação superior a 50 mm em 24 horas, comumente associados à ocorrência de processos erosivos, alagamentos e danos à infraestrutura local. A caracterização socioambiental evidenciou elevada vulnerabilidade da ocupação, associada à precariedade da infraestrutura urbana, ao déficit de saneamento básico e à predominância de famílias de baixa renda, ampliando sua suscetibilidade a condições adversas de tempo/clima. Na avaliação da resiliência comunitária, as dimensões filosófico/religioso (0,80) e relacional (0,75) apresentaram os maiores índices de resiliência, enquanto controle (0,52) e situacional (0,47) registraram os menores valores, ou seja, menor capacidade de compreensão do risco, prevenção e resposta aos eventos de chuva forte. A organização da resiliência em 11 pétalas conceituais, cada uma com objetivo específico, permitiu identificar as principais fragilidades e potencialidades da comunidade, fornecendo subsídios para o planejamento de ações de prevenção, adaptação e gestão do risco frente aos eventos de precipitação intensa. A comunidade apresenta fragilidades

---

<sup>1</sup> E-mail: yasminctnh@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: netebarreto@gmail.com

<sup>3</sup> E-mail: leidianeoli@gmail.com

relacionadas à percepção do risco, prevenção e resposta, reforçando a necessidade de ações integradas de adaptação.

Palavras-chave: Vulnerabilidade socioambiental. Chuvas intensas. Amazônia.

## FLUXO IÔNICO NA REDISTRIBUIÇÃO HIDROLÓGICA EM FLORESTA DE NEBLINA

**Yasmin Figueroa de Vasconcellos<sup>1</sup> (UFSCar, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Laura de Simone Borma<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Kelly Cristina Tonello<sup>3</sup> (UFSCar, Coorientadora)**

### RESUMO

A composição química da água em cada caminho hidrológico pode variar em função de características estruturais da vegetação, como área de copa, textura da casca e composição da comunidade arbórea. Este projeto tem como objetivo analisar e comparar as concentrações de cátions e ânions na água da chuva, da precipitação interna e do escoamento pelo tronco em uma floresta de neblina situada no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha (SP). A partir de coletas realizadas após eventos de precipitação, as amostras foram filtradas e analisadas por cromatografia iônica e espectrometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP-OES). A partir dos dados obtidos, calculou-se as médias ponderadas pelo volume (VWM) e os fluxos iônicos anuais em cada compartimento hidrológico. As concentrações de íons das amostras de precipitação interna foram superiores em relação à chuva e ainda atingiram os maiores valores nas amostras de escoamento pelo tronco. O potássio apresentou nítida diferença, passando de 0,335 mg L<sup>-1</sup> (chuva) para 3,981 mg L<sup>-1</sup> (precipitação interna) e 15,163 mg L<sup>-1</sup> (escoamento). O cálcio aumentou de 0,405 para 1,268 e 2,124 mg L<sup>-1</sup>, enquanto o cloreto passou de 0,421 para 1,757 e 1,768 mg L<sup>-1</sup>, na mesma sequência. Em contraste, o amônio reduziu de 0,537 mg L<sup>-1</sup> (chuva) para 0,110–0,131 mg L<sup>-1</sup> nas demais amostras. Em todas as espécies contempladas no estudo de escoamento pelo tronco, de modo geral, potássio, cálcio e cloreto foram os íons mais abundantes, ao passo que fluoreto e nitrito apresentaram as menores concentrações. A respeito da contribuição relativa dos íons (MPV%), nas amostras de chuva do período chuvoso, registrou-se maior participação de amônio (23,10%), cloreto (15,21%) e potássio (14,24%), enquanto no período seco destacaram-se cálcio (19,09%), cloreto (11,21%) e sódio (11,75%). Na precipitação interna, o potássio predominou em ambos os períodos, representando cerca de 43,24% no chuvoso e 40,81% no seco, seguido por cloreto (16,70–22,03%) e cálcio (13,88–12,82%). No escoamento pelo tronco, o potássio e o cálcio permaneceram como os principais íons em ambos os períodos, com variações sazonais discretas, sugerindo uma baixa influência da sazonalidade na composição relativa do escoamento pelo tronco. Os resultados indicam que a composição química da precipitação é significativamente modificada após a interação com a vegetação. Além disso, verificou-se variabilidade entre as espécies arbóreas. O papel do dossel florestal, portanto, destaca-se na redistribuição de nutrientes e na modificação da química da água ao longo das diferentes vias hidrológicas.

Palavras-chave: Escoamento pelo Tronco. Análise Iônica. Ecohidrologia. Hidrologia Florestal. Florestas Tropicais Montana.

---

<sup>1</sup> E-mail: yasminfigueroa@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup> E-mail: laura.borma@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: kellytonello@ufscar.br

## **MONITORAMENTO DA CAMADA DE OZÔNIO ESTRATOSFÉRICO POR SONDAGENS DE BALÕES COM CÉLULAS ELETROQUÍMICAS (ECC's)**

**Yasmin Nicolle Maia de Amorim<sup>1</sup> (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Maria Paulete Pereira Martins<sup>2</sup> (INPE, Orientadora)**

**Francisco Raimundo da Silva<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Este trabalho de iniciação científica tem como atribuições principais o preparo das sondas para medição de ozônio, as calibrações de células eletroquímicas, montagem e lançamento completo de sondas de ozônio, o preparo da solução eletroquímica para a bateria eletrolítica e o envio detalhado e tratado dos dados captados nas sondagens para o domínio virtual da NASA (National Aeronautics and Space Administration). Logo, as sondas com os sensores de ozônio são preparadas dentro de 15 dias e passam por alguns processos de calibração até o dia do lançamento, cujas quais, são conectadas a um rádio transmissor digital e a um balão de borracha inflado com gás hidrogênio. Para o rastreo e processamento dos dados, é utilizado um software desenvolvido pela Vaisala e programas em Python para criar os arquivos em formato de texto. Dessa forma, o vôo possui uma duração de aproximadamente 90 minutos e atinge uma altura de até 33 quilômetros, gerando os perfis verticais de ozônio, temperatura, umidade, velocidade e direção dos ventos, usando a tecnologia do GPS (Global Positioning System). Após o processamento dos dados e criação de gráficos, as informações são enviadas para a NASA e postadas posteriormente no site do SHADOZ (Southern Hemisphere ADditional OZonesondes). Assim, todos os dados e arquivos de sondagens são gravados em um banco de dados no LAVAT (Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais) e repassados para estudantes, pesquisadores, universidades e ao público em geral.

Palavras-chave: Camada de Ozônio. Vaisala. Sonda de Ozônio. SHADOZ. Células Eletroquímicas.

---

<sup>1</sup> E-mail: yasmin.maia.119@ufrn.edu.br

<sup>2</sup> E-mail: maria.paulete@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: francisco.raimundo@inpe.br

## **MAPEAMENTO DE ÁREAS QUEIMADAS UTILIZANDO SÉRIES TEMPORAIS DO SENSOR WFI E APRENDIZADO DE MÁQUINA**

**Yasmin Sakadauskas Ferreira<sup>1</sup> (UFSCar, Bolsista PIBIC/CNPq)**

**Thales Sehn Körting<sup>2</sup> (INPE, Orientador)**

**Alisson Cleiton de Oliveira<sup>3</sup> (INPE, Coorientador)**

### **RESUMO**

Os incêndios florestais de origem antrópica são recorrentes no Brasil e atingem de forma particularmente intensa o bioma Cerrado, cuja vegetação acumula material combustível fino e se torna altamente inflamável durante os longos períodos de estiagem. O mapeamento sistemático das áreas queimadas é insumo essencial para a quantificação de emissões, para a fiscalização ambiental e para o manejo integrado do fogo. Este trabalho teve como objetivo mapear áreas queimadas em regiões do Cerrado a partir de imagens do sensor WFI (Wide Field Imager), a bordo dos satélites brasileiros CBERS-4, CBERS-4A e AMAZONIA-1. O principal desafio metodológico foi a ausência da banda SWIR (Short-Wave Infrared) no WFI, historicamente a mais utilizada na detecção de cicatrizes de fogo. Em contrapartida, o sensor WFI oferece ampla faixa de imageamento e alta frequência de revisita, de um a três dias, o que favorece a detecção de mudanças abruptas da cobertura vegetal por séries temporais. A abordagem partiu do Burned Area Index (BAI), índice originalmente calibrado para fitofisionomias mediterrâneas, e propôs a recalibração dos seus valores espectrais de referência para as bandas do vermelho e do infravermelho próximo do WFI. A recalibração foi conduzida por busca exaustiva em um espaço de valores definido a partir da média e do desvio-padrão da resposta espectral de áreas queimadas amostradas em sete cenas CBERS-4/WFI, tendo como critério a concordância com máscaras de referência obtidas por vetorização manual. O ponto de referência foi recalibrado de vermelho = 0,10 e NIR = 0,06, valores da formulação original, para vermelho = 0,087 e NIR = 0,076 na formulação adaptada. Os resultados indicaram ganho na detecção: as omissões caíram de 3,61% para 2,84% dos pixels avaliados, a sensibilidade subiu de 35% para 49% e a métrica F1-score passou de 0,48 para 0,59. O ganho ocorreu ao custo de um leve aumento de 0,38 ponto percentual nas falsas detecções (de 0,61% para 0,99%), com redução do erro total de 4,21% para 3,84%. A acurácia global, que foi de 95,79% com o BAI original para 96,17% com o BAI adaptado, mostrou-se pouco informativa, pois a classe queimada representa menos de 6% da área avaliada. As falsas detecções remanescentes concentraram-se sobre corpos d'água e ao longo da rede de drenagem, cujo comportamento espectral se assemelha ao de superfícies queimadas na ausência do SWIR. Conclui-se que a aplicação do índice recalibrado supera os resultados

---

<sup>1</sup> E-mail: yasmin.sakadauskas@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup> E-mail: thales.korting@inpe.br

<sup>3</sup> E-mail: alisson.oliveira@inpe.br

obtidos com o BAI original no mapeamento de áreas queimadas no Cerrado, ainda que seu uso operacional exija associação a classificadores de aprendizado de máquina e a séries temporais.

Palavras-chave: Cerrado. WFI (Wide Field Imager). CBERS. BAI (Burned Area Index). Comportamento Espectral.