

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

SENSORIAMENTO REMOTO E FORMAÇÕES  
MONOESPECÍFICAS NO PANTANAL

Autora: Sheyla Thays Vieira Barcelos  
Orientador: Dr. Reginaldo Brito da Costa  
Coorientador: Dr. Alisson André Ribeiro  
Coorientador: Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
fevereiro - 2023

UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

Sensoriamento remoto e formações monoespecíficas no  
Pantanal

Autora: Sheyla Thays Vieira Barcelos  
Orientador: Dr. Reginaldo Brito da Costa  
Coorientador: Dr. Alisson André Ribeiro  
Coorientador: Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito

“Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA, no Programa de Pós-graduação em *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária da Universidade Católica Dom Bosco - Área de Concentração: Sustentabilidade Ambiental e Produtiva aplicada ao Agronegócio e Produção Sustentável”

Campo Grande  
Mato Grosso do Sul  
fevereiro de 2023

B242s Barcelos, Sheyla Thays Vieira  
Sensoriamento remoto e formações monoespecíficas no  
Pantanal/ Sheyla Thays Vieira Barcelos sob orientação  
do Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa.-- Campo Grande,  
MS : 2023.  
84 p.: il.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade  
Agropecuária) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo  
Grande- MS, 2023

Bibliografia: p. 18- 23

1. Handroanthus impetiginosus. 2. Sensoriamento remoto.  
3. Pantanal. 4. Formações monoespecíficas. 5. Filtros  
ambientais I.Costa, Reginaldo Brito da. II. Título.

CDD: 621.3678

## Sensoriamento Remoto e Formações Monoespecíficas no Pantanal

**Autora:** Sheyla Thays Vieira Barcelos

**Orientador:** Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa

**Coorientador:** Prof. Dr. Alisson André Ribeiro

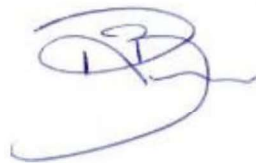
**Coorientador:** Prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito

**TITULAÇÃO:** Doutora em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária

**Área de Concentração:** Sustentabilidade Ambiental e Produtiva.

APROVADA em 13 de fevereiro de 2023

A presente defesa foi realizada por webconferência. Eu, Reginaldo Brito da Costa, como presidente da banca assinei a folha de aprovação com o consentimento de todos os membros, ainda na presença virtual destes.



Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa – UCDB

Prof. Dr. Alisson André Ribeiro – UFMS

Prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito – UCDB

Prof. Dr. Denilson de Oliveira Guilherme – UCDB

Prof. Dr. Michel Ângelo Constantino de Oliveira – UCDB

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho – UFMS

Profa. Dra. Camila Leonardo Miotto – UFR

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me abençoado, protegido e confortado durante todos os meus anos de vida, principalmente nos piores momentos que enfrentei durante a pandemia do COVID-19, guardando a mim e minha família, garantindo nossa saúde e segurança. Agradeço a Ele por ter colocado no meu caminho pessoas maravilhosas como meu coorientador prof. Dr. Alisson André Ribeiro que fez total diferença no meu trabalho.

A minha mãe Ruth Vieira de Paula Barcelos por todas as conversas diárias e preocupação com meu bem-estar. Ao meu pai Jorge Wilson Larea Barcelos e minhas irmãs Evellyn Cristina Vieira Barcelos, Magda Larissa Vieira Barcelos e Lais Vieira Cardoso, pela compreensão, apoio, companheirismo e todo amor que me dedicaram por toda a vida.

Ao meu orientador prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa por ter me dado todo apoio e suporte durante meu doutoramento, e meu coorientador prof. Dr. Vitor Hugo dos Santos Brito por sua amizade incondicional, seu companheirismo, ombro amigo e disposição em me ajudar nos momentos mais críticos.

Ao prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, por ter me abraçado e me inserido em seu grupo de pesquisa, no LabGIS-UFMS, no momento em que mais precisei. Seus ensinamentos, sua fé e sabedoria carregarei comigo eternamente.

A todos da família, em especial minha avó Maria Teixeira, que em suas orações pedia para minha pesquisa dar certo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos Programa de Suporte à Pós-graduação de Instituições de Ensino Particulares e Comunitárias (PROSUC).

## SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE ABREVISTURAS .....	ix
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. OBJETIVOS .....	5
OBJETIVO GERAL .....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
3.1 Pantanal .....	6
3.2 <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê-roxo) .....	9
3.3 Monoformações Florestais .....	12
3.4 Sensoriamento Remoto .....	13
3.5 Geotecnologias e Conservação Ambiental .....	16
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
CAPÍTULO I: Análise cienciométrica de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos no Pantanal .....	24
INTRODUÇÃO .....	26
MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
CONCLUSÕES .....	41
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
CAPÍTULO II: Análise Multitemporal de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê-roxo) no Pantanal através de sensoriamento remoto .....	44
INTRODUÇÃO .....	46
MATERIAIS E MÉTODOS .....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53

CONCLUSÕES.....	71
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
6. ANEXO I.....	76

## LISTA DE TABELAS

Página

### Capítulo I

Tabela 1: Especificações e sinônimos do Ipê-roxo.....	33
Tabela 2: Descrição das publicações obtidas através das palavras-chave “ <i>Handroanthus</i> ”, “ <i>remote sensing</i> ”, “ <i>Tabebuia</i> ” e “Pantanal”.....	34

### Capítulo II

Tabela 1: Bandas do Sentinel-2 com as respectivas abreviações utilizadas nas equações 1-6, seus respectivos comprimentos de onda centrais ( $\sigma$ em nanômetros) e sua resolução espacial em metros (adaptado de EUROPEAN SPATIAL AGENCY, 2022).....	52
---	----



## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Localização do Pantanal na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai.....	7
Figura 2: Sub-regiões do Pantanal.....	8
Figura 3: <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos.....	10
Figura 4: Mapa de ocorrência de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos no Pantanal.....	11
Figura 5: Relação de aquisição e processamento das imagens obtidas a partir de aeronaves e satélites.....	15

### Capítulo I

Figura 1: Rede de interação autoria e co-autoria.....	29
Figura 2: Rede de interação autoria e co-autoria (rede principal) .....	30
Figura 3: Rede de palavras-chave.....	30
Figura 4: Rede de palavras-chave (excluindo “Pantanal” e “ <i>remote sensing</i> ”) .....	31
Figura 5: Quantidade de produções obtidas nas bases de dados através de combinações das palavras-chave.....	32

### Capítulo II

Figura 1: Área de estudo: a) Localização do Pantanal, Bacia do Alto Paraguai e Brasil. b) Localização da área de estudo revelando a monodominância do <i>Handroanthus impetiginosus</i> (áreas em vermelho) (CNC FLORA, 2013) dentro da região de estudo (Poconé). c) Imagem Sentinel-2 em Poconé. d) Regiões de interesse com alta concentração da espécie. Limites de Pantanal (MIOTO et al., 2012). Limites Políticos (IBGE, 2021).....	49
Figura 2: Imagens Sentinel-2 de 01/05/2021 a 21/05/2021, composição cores-reais (RGB), mostrando a evolução do florescimento de <i>H. impetiginosus</i> nas regiões.	

- Lineamentos representados em azul. A elipse vermelha mostra um dos lineamentos que controlam o padrão de florescimento, que se inicia ao norte do lineamento e não consegue progredir a sul. No quadrado vermelho da região Sul a progressão de florescimento se dá de forma radial.....55
- Figura 3: Imagens Sentinel-2 de 26/05/2021 a 25/06/2021, composição cores-reais (RGB), mostrando a evolução do florescimento de *H. impetiginosus* nas regiões. Lineamentos representados em azul. Na região Sul a progressão de florescimento continua de forma radial, enquanto na região Norte se inicia um padrão difuso, com vários pontos de origem. Nos dias 20 e 25/06/2021, percebe-se a formação de um padrão semi-circular.....56
- Figura 4: Imagens Sentinel-2 de 05/07/2021 a 30/07/2021, composição cores-reais (RGB), mostrando a evolução do florescimento de *H. impetiginosus* nas regiões. Lineamentos representados em azul. Ambas as regiões quase totalmente florescidas, já com bastante solo exposto (em branco) na região Sul, devido à queda das flores e das folhas.....58
- Figura 5: Imagens Sentinel-2 de 09/08/2021 a 24/08/2021, composição cores-reais (RGB), mostrando a evolução do florescimento de *H. impetiginosus* nas regiões. Lineamentos representados em azul. A evolução de ambas as regiões segue para um estágio em que os pixels são dominados por solo exposto (regiões em branco) pela queda das flores.....59
- Figura 6: Assinatura espectral das amostras selecionadas. Em torno das linhas de refletância de cada cobertura estão marcadas áreas baseadas no desvio padrão das amostras selecionadas. Quanto mais estreita amplitude em cada banda, mais homogênea a refletância de cada cobertura naquela banda.....60
- Figura 7: Evolução do *Enhanced Vegetation Index* (EVI) nas áreas Norte e Sul juntamente com uma imagem Sentinel-2 de 15/06/2021 como referência de localização. As setas vermelhas indicam a sequência temporal do índice.....61
- Figura 8: Evolução do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) nas áreas Norte e Sul juntamente com uma imagem Sentinel-2 de 15/06/2021 como referência de localização. As setas vermelhas indicam a sequência temporal do índice.....62
- Figura 9: Evolução do *Near-infrared Vegetation Index* (NIRv) nas áreas Norte e Sul juntamente com uma imagem Sentinel-2 de 15/06/2021 como referência de localização. As setas vermelhas indicam a sequência temporal do índice.....63
- Figura 10: Evolução do *Normalized Difference Blooming Index* (NDBMI) nas áreas Norte e Sul juntamente com uma imagem Sentinel-2 de 15/06/2021 como referência de localização. As setas vermelhas indicam a sequência temporal do índice.....64
- Figura 11: Evolução do *Normalized Difference Water Index* de Gao (1996) (NDWI) nas áreas Norte e Sul juntamente com uma imagem Sentinel-2 de 15/06/2021 como referência de localização. As setas indicam a sequência temporal do índice. É evidente que a redução de umidade se inicia primeiro e de forma mais acentuada fora das regiões demarcadas.....65

- Figura 12: Gráfico de mediana dos valores de cada índice espectral em cada área. Em azul está representada a AOI, em laranja a região Norte e em verde a região Sul.....67
- Figura 13: Gráfico de desvio padrão dos valores de cada índice espectral em cada área. Em azul está representada a AOI, em laranja a região Norte e em verde a região Sul.....69
- Figura 14: Imagem Sentinel-2 de 11/05/2021, composição RGB 432 (cores reais). Dentro do quadrado azul está a região que está florescida em 11/05/2021 e através de realce de histograma é possível verificar já em 01/05/2021 as regiões em que a vegetação sofreu alterações que levarão ao florescimento.....70
- Figura 15: Imagens Sentinel-2 na composição RGB 432 (cores reais) em conjunto com os modelos digitais de superfície SRTM v 3.0 (U.S. Geological Survey, 2022) de 30m e TanDEM-X (TanDEM-X, 2022) de 12m. Percebe-se que há uma relação de florescimento com relevo.....70

## LISTA DE ABREVISTURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBERS – China Brazil Earth Resources Satellite

EVI – Enhanced Vegetation Index

Foundation (OSGeo)

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite. Série de satélites dos Estados Unidos da América

medir a temperatura da terra

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NDBMI – Normalized Difference Blooming Index

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

NDWI – Normalized Difference Water Index

NIRv – Near Infrared Vegetation Index

OLI – Operational Land Imag

QGIS – Software livre e gratuito multiplataforma criado por Open Source Geospatial

REIP – Red-Edge Inflection Point

SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TIRS – Thermal Infrared Sensor Utilizado no satélite Landsat 8 como sensor para

USGS – United States Geological Survey

## RESUMO

O Pantanal é marcado por peculiaridades, como estações de seca e cheia, solos de baixa fertilidade, dificuldade de acesso, dentre outras, que restringiram a sua ocupação e a interferência antrópica, tornando a pecuária extensiva a principal atividade econômica. Ao longo do seu processo histórico de ocupação humana, o fogo foi intensamente utilizado como a principal forma de manejo dos solos, e atualmente representa uma das principais ameaças para o ecossistema, mas é um elemento que juntamente com o ciclo de inundações promovem a savanização de povoamentos monodominantes, como de *Tabebuia aurea* nos Paratudais. O objetivo geral é discutir a relação entre os fatores ambientais: formas de relevo; NDVI; NDWI, que influenciam as formações monoespecíficas de Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) presentes em uma das sub-regiões do Pantanal conhecida como Poconé através de sensoriamento remoto. A tese está intimamente ligada a manutenção da biodiversidade das espécies vegetais locais que desempenham papel fundamental na manutenção da flora, fauna e recursos hídricos, além da fixação de carbono, garantindo a preservação do complexo fitogeográfico. Portanto, será apresentada em dois capítulos, onde o primeiro trata-se de uma análise cienciométrica de trabalhos científicos que estudam espécies vegetais como o Ipê-roxo no Pantanal através de sensoriamento remoto. Neste primeiro capítulo foi possível identificar um *gap* científico quanto a pesquisas acerca das monoformações de *H. impetiginosus*, principalmente em uma região de tamanha importância ambiental. A partir disso, o capítulo dois trata de analisar formações monodominantes de *H. impetiginosus* em uma das sub-regiões do Pantanal (Poconé) considerando que as formas de vegetação são fortemente influenciadas pela topografia local e pelos diferentes níveis de inundação ou alagamento fazendo uso de sensoriamento remoto por satélite possibilitando um processo efetivo de analisar e supervisionar extensas áreas florestais de uma forma precisa e robusta em busca de dados qualitativos e quantitativos acerca de sua situação, desenvolvimento e sustentabilidade. Desta forma, contextualizando toda as perspectivas de manejo e conservação de espécies vegetais no Pantanal, neste estudo foram propostas geotecnologias para o entendimento da dinâmica de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) como subsídio a preservação da espécie.

**Palavras-chave:** *Handroanthus impetiginosus*; sensoriamento remoto; Pantanal; formações monoespecíficas; filtros ambientais.

## ABSTRACT

The Pantanal is marked by peculiarities, such as dry and wet seasons, low fertility soils, difficult access, among others, which restricted its occupation and anthropic interference, making extensive livestock farming the main economic activity. Throughout its historical process of human occupation, fire has been intensely used as the main form of soil management, and currently represents one of the main threats to the ecosystem, but it is an element that, together with the cycle of floods, promotes the savannization of monodominant stands, such as *Tabebuia aurea* in Paratudais. The overall objective is to discuss the relationship between environmental factors: landforms; NDVI; NDWI, which influence the monospecific formations of Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) present in one of the sub-regions of the Pantanal known as Poconé through remote sensing. The thesis is closely linked to maintaining the biodiversity of local plant species that play a fundamental role in maintaining flora, fauna and water resources, in addition to carbon fixation, guaranteeing the preservation of the phytogeographic complex. Therefore, it will be presented in two chapters, where the first is a scientometric analysis of scientific works that study plant species such as the Ipê-roxo in the Pantanal through remote sensing. In this first chapter, it was possible to identify a scientific gap regarding research on monoformations of *H. impetiginosus*, mainly in a region of such environmental importance. Based on this, chapter two analyzes monodominant formations of *H. impetiginosus* in one of the sub-regions of the Pantanal (Poconé) considering that the forms of vegetation are strongly influenced by the local topography and by the different levels of inundation or flooding making use of satellite remote sensing enabling an effective process to analyze and supervise extensive forest areas in a precise and robust way in search of qualitative and quantitative data about their situation, development and sustainability. Thus, contextualizing all the perspectives of management and conservation of plant species in the Pantanal, in this study geotechnologies were proposed for understanding the dynamics of ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) as a subsidy for the preservation of the species.

**Keywords:** *Handroanthus impetiginosus*; remote sensing; wetland; monospecific formations; environmental filters.