

DINÂMICA SAZONAL E CONSERVAÇÃO DAS MATAS SECAS NO CERRADO: UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O ESTUDO E MANEJO DO BIOMA EM JATAÍ, GOIÁS

SEASONAL DYNAMICS AND CONSERVATION OF THE DRY FORESTS IN THE CERRADO: USE OF GEOTECHNOLOGIES FOR THE STUDY AND MANAGEMENT OF THE BIOME IN JATAÍ, GOIÁS

Fabio Junio P. Vailant¹

RESUMO

As matas secas são formações florestais presentes no Cerrado que possuem uma vegetação típica de áreas com estacionalidade, com árvores caducifólias que perdem suas folhas durante a estação seca. Essas matas desempenham um papel importante no Cerrado, pois fornecem proteção contra a erosão do solo, abrigo e alimento para muitas espécies de animais, além de contribuírem para a manutenção do ciclo hidrológico. Diante do exposto, a pesquisa tem como objetivo geral determinar valores de referência com os índices de vegetação para identificar amostras de ocorrência de Matas Secas, bem como compreender a dinâmica sazonal dessas formações florestais no município de Jataí (GO). Entre os objetivos específicos, este estudo se propõe a: a) avaliar as potencialidades de uso de geotecnologias para identificação de matas secas no Cerrado; b) criar uma chave de interpretação e delimitar valores de referência para identificação de Mata Seca (Deciduais e Semideciduais) com o uso de imagens satelitais baseadas em índices de vegetação; c) identificar as características geoambientais das áreas de ocorrência das matas secas e seu papel na configuração da paisagem no município de Jataí (GO); e d) analisar a dinâmica sazonal das áreas de matas secas considerando os períodos seco e chuvoso a partir de índices de vegetação. A metodologia empregada nesta pesquisa envolveu a coleta de dados por meio de sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite para análise da vegetação. Foram realizadas diferentes etapas, como a seleção das áreas de estudo, a identificação, a classificação, a calibração e a validação das formações vegetais de mata seca e a análise de indicadores ecológicos, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Área Foliar (IAF). No total, foram encontrados 134 fragmentos de Matas Secas acima de 2,8 hectares, das quais 90 foram identificadas como Semidecíduas, com um NDVI variando de 0,35 a 0,73 e o IAF variando de 0,73 a 2,76, nos períodos seco e chuvoso com perda no índice IAF abaixo de 80%. Já as Matas

¹ Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Jataí (UFJ). PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGGEO/MEC). E-mail: fabiovailant64@gmail.com

Decíduas foram identificadas em 44 amostras, com os índices variando de NDVI de 0,30 a 0,73 e IAF variando de 0,57 a 2,76, com perda no índice IAF acima de 80%. As geotecnologias se mostraram uma ferramenta eficaz para a identificação das áreas de Mata Seca no Cerrado, podendo ser usadas como meio de auxílio para potencializar as políticas de preservação da vegetação Decídua e Semidecídua do Cerrado.

Palavras-chave: matas secas, dinâmica sazonal, geotecnologias, estacionalidade, preservação.

ABSTRACT

Dry forests are forest formations prevalent in the Cerrado region, characterized by vegetation typical of areas with marked seasonality, featuring deciduous trees that shed their leaves during the dry season. These forests play a crucial role in the Cerrado, as they provide protection against soil erosion, and offer shelter and sustenance for numerous animal species, contributing significantly to the maintenance of the hydrological cycle. The overarching goal of this research is to establish reference values using vegetation index for identifying samples with dry forests and to understand their seasonal dynamics in the Jataí municipality of Goiás (GO). The study's specific objectives are to: a) assess the potential of geotechnologies for the identification of dry forests in the Cerrado; b) develop an interpretative key and establish reference values for identifying Dry Forest (Deciduous and Semi-deciduous) using satellite imagery and vegetation indices; c) identify the geo-environmental characteristics of dry forest areas and their role in shaping the landscape of Jataí (GO); and d) analyze the seasonal dynamics of dry forest areas considering the dry and rainy periods through vegetation index. The methodology employed in this research involved data collection through remote sensing, utilizing satellite imagery for vegetation analysis. Various stages were undertaken, such as selecting study areas, identifying, classifying, calibrating, and validating dry forest vegetation formations, and analyzing ecological indicators like the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Leaf Area Index (LAI). In total, 134 dry forest fragments larger than 2.8 hectares were found, of which 90 were identified as Semi-deciduous, with NDVI ranging from 0.35 to 0.73 and LAI ranging from 0.73 to 2.76, experiencing a loss in LAI index below 80% in dry and rainy periods. Deciduous Forests were identified in 44 samples, with NDVI ranging from 0.30 to 0.73 and LAI from 0.57 to 2.76, with a loss in LAI index above 80%. Geotechnologies proved to be an effective tool for identifying Dry Forest areas in the Cerrado, potentially serving for the means to enhance preservation policies for the Cerrado's Deciduous and Semi-deciduous vegetation.

Keywords: dry forests, seasonal dynamics, geotechnologies, seasonality, preservation.

INTRODUÇÃO

O Cerrado, abrangendo cerca de 23% do território brasileiro, é um dos biomas mais degradados do país. Ele é dividido em 11 fitofisionomias, incluindo formações florestais, savânicas e campestres. Entre elas, destaca-se a Mata Seca, uma formação florestal sem associação com cursos de água, influenciada pelo Bioma da Mata Atlântica. As Matas Secas têm um papel crucial na regulação hídrica e na proteção de encostas, especialmente em áreas de declividade acentuada.

A identificação das Matas Secas é desafiadora devido à variação na perda de folhagem e às intervenções antrópicas, como queimadas. Ferramentas e técnicas de geotecnologia, como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, têm sido fundamentais para diferenciar as fitofisionomias do Cerrado, usando índices de vegetação baseados em assinaturas espectrais.

Esta pesquisa focou no município de Jataí, em Goiás, parte do Bioma Cerrado, onde a conversão de áreas naturais em agropecuária acentuou a fragmentação de fitofisionomias. O objetivo geral foi determinar valores de referência com índice de vegetação para identificar Matas Secas e compreender sua dinâmica sazonal em Jataí. Os objetivos específicos incluíram avaliar o uso de geotecnologias na identificação de Matas Secas, criar uma chave de interpretação para delimitação com imagens satelitárias, identificar características geoambientais das áreas, e analisar a dinâmica sazonal das Matas Secas.

DESENVOLVIMENTO

O município de Jataí está localizado na microrregião Sudoeste de Goiás (Mapa 1), a 324 km da capital, Goiânia, com área de 7.174Km². Jataí se constitui em um importante entroncamento rodoviário do Centro-Oeste brasileiro, apresentando trechos de rodovias federais e estaduais (BR-364, BR-060, BR-158, GO-184 e GO-020) que conectam outras regiões do país.

Sobre as principais atividades econômicas que movimentam o município está o agronegócio. A região é caracterizada por suas vastas áreas de produção agrícola que gera grande parte da economia que movimenta o município, com destaque para as culturas de soja, milho, cana e feijão. Além disso, a pecuária também desempenha um papel importante na economia local, com a criação de gado de corte e leiteiro. Além das atividades ligadas diretamente ao agronegócio, o município de Jataí também possui um comércio varejista bastante desenvolvido. Lojas de vestuário e outros

Para a estruturação dos mapas de Hipsometria e Declividade foram utilizadas imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução de 30 metros disponibilizada pelo United States Geological Survey (USGS) por meio do projeto de cooperação entre a National Aeronautics and Space Administration (NASA) e a National Imagery and Mapping Agency (NIMA), Departamento de Defesa dos EUA e Agências Espaciais da Alemanha e da Itália. Foram utilizadas cenas equivalentes às cartas topográficas de Jataí e Serranópolis em escala de 1:250.000, gerando curvas de nível com equidistância de 50 metros com posterior processamento de Modelo Digital de Elevação (MDE) para geração das cartas hipsométrica e de declividade.

Também foi utilizada a base de solos em formato shapefile disponibilizada pelo SIEG em escala de 1:250.000 e elaborada pela Agência Ambiental de Goiás com base no mapeamento do projeto RADAMBRASIL desenvolvido em 1983 na escala de 1:1.000.000. As categorias de solos foram aferidas e validadas por meio de análise de perfis em campo (trincheiras) e de textura em laboratório (quantificação das frações de areia, silte e argila no Laboratório de Solos da UFJ).

Foram obtidas gratuitamente na homepage do United States Geological Survey (USGS) imagens das plataformas Sentinel 2A e 2B, sensor MSI, desenvolvidas no âmbito do Programa da União Europeia Copernicus, com instrumentos de captura multiespectral. Para recobrimento do município de Jataí são necessárias quatro cenas: T22KCE, T22KCF, T22KDE e T22KDF, com resolução espacial de 10 metros para as faixas do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, e resolução temporal de cinco dias. Para download das imagens se adotou como critério o índice de cobertura da cena por nuvens inferior a 20% e sem ruídos aparentes, com melhor qualidade possível e baixa interferência atmosférica. Embora as imagens sejam disponibilizadas com correção atmosférica e geométrica na plataforma, a cobertura de nuvens pode inviabilizar a identificação dos fragmentos de Mata Seca.

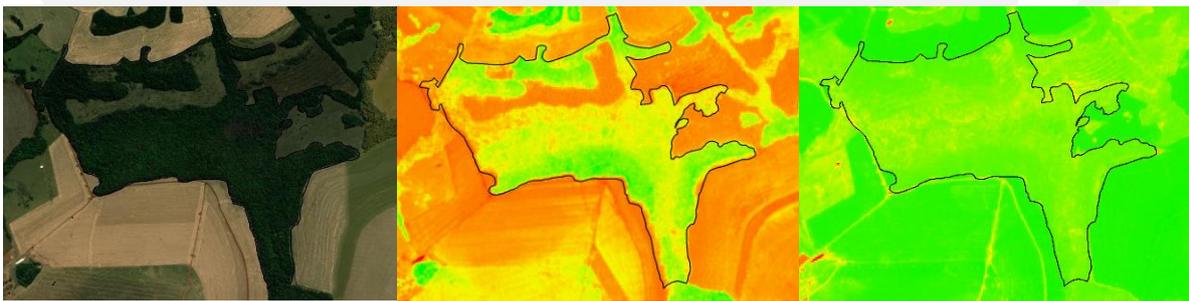
No Quadro 4 é possível observar as datas das imagens obtidas entre o final do período seco de 2020 e o auge do período chuvoso de 2021, intervalo necessário para avaliar a dinâmica sazonal dos fragmentos de Mata Seca. Para cada data foram obtidas quatro imagens, correspondentes às cenas: T22KCE, T22KCF, T22KDE e T22KDF. As datas destacadas em vermelho foram posteriormente descartadas pela grande cobertura de nuvens nas cenas. Já no mês de outubro de 2021, foi necessário descartar algumas amostras por apresentar cobertura parcial de nuvens.

Processamento de imagens e identificação preliminar de remanescente de Mata Seca.

Inicialmente, as quatro cenas Sentinel 2 (A/B) que recobrem o município de Jataí foram mosaicas para cada data informada no Quadro 4, sendo selecionadas uma imagem do período seco (agosto) e uma do período chuvoso (dezembro) para geração de NDVI e comparação da dinâmica da vegetação em dois momentos. Todos os procedimentos foram realizados no software ArcGIS 10.1®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFJ. O NDVI apresenta resultados entre -1 (ausência total de vegetação) e +1 (vegetação densa, com alto vigor vegetativo), sendo utilizada paleta de cores variando do vermelho (ausência de vegetação) ao verde (maior densidade de vegetação).

Após a geração do NDVI preliminar, as imagens temáticas foram sobrepostas à imagem do basemap disponibilizada no ArcGIS, criando-se manualmente polígonos em torno das áreas identificadas visualmente como possíveis fragmentos de Mata Seca, observando-se ainda características do relevo (localização em colúvio ou interflúvio), da hidrografia (distância dos cursos d'água) e dos tipos de solo. Na Figura 6 é apresentado um exemplo deste processo, demonstrando a imagem RGB do terreno e, na sequência, o resultado do NDVI para o mês de agosto de 2021 (período seco) e para dezembro de 2021 (período chuvoso). É possível observar a variação do verde foliar, sendo as áreas em amarelo e laranja as que representam perda parcial e total de folhas, respectivamente.

Figura 1 - Sequência de imagens para criar o polígono



Fonte: Sentinel 2 organização VAILANT, Fabio J.P.

A princípio, o polígono foi criado para demarcar toda a área onde a vegetação natural se encontra levando em consideração todo ambiente como a mata de Galeria ou ciliar que compõe os cursos da água, deixando de fora dos polígonos somente a vegetação oriunda da agricultura, desta forma, ao analisar a transição da vegetação natural para agricultura foi identificada a influência das bordas dos polígonos

juntamente com a influência das mata de Galeria e ciliar na identificação da Mata Seca, com isso alguns ambientes tiveram valores distorcidos em relação ao objetivo da pesquisa, e com a visita a campo e com as análises preliminares dos dados foi identificada a necessidade de filtrar possíveis influências que poderão ocorrer nos índices levantados pela pesquisa.

Para mitigar os problemas associados à exposição do solo durante o intervalo entre as safras ou o período de vazio sanitário - uma fase deliberada de não plantio para prevenir a propagação de doenças das plantas - foi empregada uma abordagem técnica utilizando o índice SAVI. Esse índice foi estrategicamente aplicado para ajudar a minimizar os efeitos negativos predominantemente nos períodos de seca ou de estiagem para avaliar a eficácia e a precisão do SAVI, ele foi comparado diretamente com o NDVI, e esse comparativo teve como objetivo definir quais dos dois índices oferece uma avaliação mais robusta para ser utilizada no índice IAF.

Contudo, a utilização do SAVI como base no índice IAF mostrou um aumento nos valores, havendo saturação em quase todo o polígono, não identificando o comportamento da perda de folhas nas amostras de Mata Seca em todo o período de seca e chuvoso entre 2020 e 2021.

Calibração (análise de amostras) e validação dos resultados

Na fase de calibração, as amostras foram delimitadas por percentual para representar o todo, das quais 10% (representando 15 amostras) foram selecionadas para uma análise de campo. O trabalho de campo verificou que as áreas designadas eram fragmentos de Mata Seca por ser uma vegetação que não sofre influência dos cursos d'água, e pelo comportamento da vegetação principalmente pela caducifólia apresentada em todas elas, ocorrendo de forma parcial ou total nas amostras. Sendo assim foram coletas amostras de solo e fotográficas para documentação.

A partir da análise preliminar de todos os polígonos, foi necessário que houvesse um refinamento nos índices das amostras, pois a utilização do SAVI como índice de correção para efeitos do solo descoberto ocasionou no IAF uma saturação em que não foram obtidos dados da área foliar. Além disso, foram identificados e corrigidos os efeitos de borda das amostras com a criação de polígonos retangulares acima de 2,8 hectares para elaborar a estatística descritiva dos índices, incluindo valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão. Esta abordagem é ilustrada na Figura 7, que

oferece visuais significativos sobre a configuração e a estruturação precisas do polígono e das áreas de ocorrência investigadas.

Figura 2 - Seleção de área no polígono



Fonte: Sentinel 2 organização VAILANT, Fabio J.P.

Os valores obtidos pelo índice IAF, apresentaram um percentual de 30% a mais em relação aos referendados por Veloso et al. (1991) e IBGE (2012). Assim, os valores considerados na pesquisa refletem essa elevação no índice de IAF. Este aumento pode ser atribuído à resolução espacial do satélite, que é de 10 metros, permitindo a identificação de dois alvos distintos com esta distância mínima da superfície da Terra.

Portanto, foi necessário criar uma classificação que melhor representasse a nova realidade encontrada nesta pesquisa. Assim, as classes adotadas foram estruturadas da seguinte forma: Mata Seca Semidecídua, com índice de perda do IAF entre 41% e 80%; e Mata Seca Decídua, com índice de perda acima de 81%. Com base nessas classes, foi possível analisar os resultados da pesquisa.

A fórmula utilizada para determinar o percentual de perda no índice IAF está representada a seguir:

Os valores obtidos pelo índice IAF, apresentaram um percentual de 30% a mais em relação aos referendados por Veloso *et al.* (1991) e IBGE (2012). Assim, os valores considerados na pesquisa refletem essa elevação no índice de IAF. Este aumento pode ser atribuído à resolução espacial do satélite, que é de 10 metros, permitindo a identificação de dois alvos distintos com esta distância mínima da superfície da Terra.

Portanto, foi necessário criar uma classificação que melhor representasse a nova realidade encontrada nesta pesquisa. Assim, as classes adotadas foram

estruturadas da seguinte forma: Mata Seca Semidecídua, com índice de perda do IAF entre 41% e 80%; e Mata Seca Decídua, com índice de perda acima de 81%. Com base nessas classes, foi possível analisar os resultados da pesquisa.

A fórmula utilizada para determinar o percentual de perda no índice IAF está representada a seguir:

$$\frac{(\text{max} - \text{min})}{\text{max}} \times 100 = \text{Percentual de perda índice IAF.}$$

Max: representa o IAF máximo coletado no período.

Min: representa o IAF mínimo coletado no período.

A partir da definição dos valores de referência foi possível identificar amostras que perderam porcentagem no índice de vegetação IAF, sendo assim as amostras que não sofreu influências com os cursos d'água devida a sua localização e com percentual de perda no índice de 41% acima foram classificadas como Mata Seca com um total de 134 amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

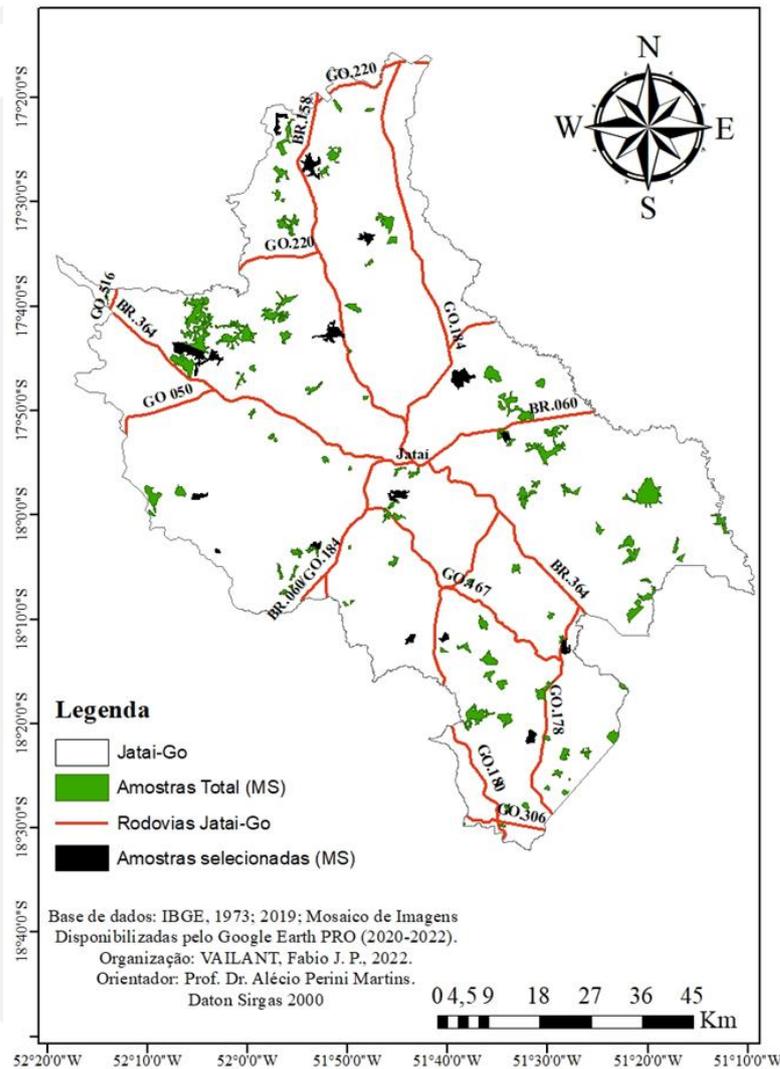
Na etapa de análise preliminar de NDVI nos períodos seco e chuvoso, foram selecionadas 141 amostras com características ambientais e espectrais semelhantes às encontradas na literatura para caracterização de Mata Seca, conforme o Mapa 2. A partir dessas amostras, iniciou-se o processo de identificação das mesmas como sendo Mata Seca ou não. Algumas amostras foram identificadas como não sendo Mata Seca e sim como fragmentos de Cerradão ou áreas contínuas a matas ciliares e de galeria sem perda significativa de folhas e, portanto, foram descartadas por não caracterizarem, FES (Floresta Estacional Semidecídua) ou FED (Floresta estacional decídua). Ao todo foram descartadas sete amostras nesta etapa, totalizando 134 fragmentos classificados previamente como Mata Seca.

Em todos os ambientes, foram observadas características visuais de vegetação Mata Seca, com predominância de vegetação arbustiva e arbórea que apresenta árvores e arbustos de pequeno a grande porte, adaptados às condições de solo pobre em nutrientes e com pouca disponibilidade de água. Muitas vezes, essas plantas possuem troncos retorcidos, folhas espessas.

A fim de compreender por que essa fitofisionomia não ocorre em toda a vegetação e sim em locais específicos, foram utilizados mapas de geologia, altimetria,

declividade, tipos de solos, gráficos pluviométricos e imagens fotográficas. Essas análises buscaram investigar se a ocorrência da Mata Seca está condicionada a um tipo de ambiente específico. No entanto, as ocorrências aqui apresentadas não se manifestaram em ambiente específico, mas sim em todo o ambiente de estudo.

Mapa 2 - Localização da amostra adquirida com a aplicação preliminar dos índices de vegetação



Base de dados: IBGE, 1973; 2019; Mosaico de Imagens disponibilizadas pelo Google Earth PRO (2020-2022). Organização: VAILANT, Fabio J. P., 2022.

Ao avaliar a distribuição espacial das amostras no mapa hipsométrico, nota-se uma menor quantidade e diversidade de áreas de matas secas em altitudes inferiores a 600 metros (10 amostras). Essa menor ocorrência pode ser justificada pela presença de latossolos vermelhos com maior profundidade, associados às formações Serra Geral

e Vale do Rio do Peixe, além de relevos suave-ondulados com alto grau de ocupação por atividades agropecuárias.

Nas cotas altimétricas entre 600 e 700m, de 700 a 800m e de 800 a 900m, há uma distribuição uniforme na quantidade de amostras, indicando que não existe uma relação clara entre altitude e ocorrência de Mata Seca. Quando se trata de relevo, a declividade se torna um fator determinante limitante mais importante do que a altimetria. As 43 amostras situadas em cotas altimétricas entre 600 e 700m estão localizadas em terrenos com declividade média de 4,47%, variando de inclinações de 2,09% a 8,60%. Portanto, a presença de Mata Seca parece ser mais comum em áreas de relevo plano e suave ondulado, principalmente em topos de interflúvios, sopé e terços inferiores de encostas, bem como em bordas de chapadas.

Em campo, foi observada a presença de rochas sedimentares (arenitos), contribuindo para a permeabilidade do solo. Além disso, a vegetação é típica da Mata Seca, com solos cobertos por camada de folhas, galhos e outros materiais orgânicos que se acumulam no solo. As características do solo da Mata Seca podem influenciar diretamente a biodiversidade e a produtividade dessa fitofisionomia, sendo essencial compreender sua composição e funcionamento para realizar planos de manejo e conservação adequados.

Foram obtidas 41 amostras nas cotas entre 700 e 800m, com predomínio do relevo suavemente ondulado e declividade média de 5,17%, com inclinações variando de 2,17% em interflúvios a 16,25% em bordas de encostas em transição entre chapadas e superfícies erosivas.

Em cotas superiores a 800m, as chapadas predominam na paisagem, com ocorrência de superfícies mais planas e declividades mais acentuadas em algumas bordas e fundos de vale, não ultrapassando 20% de inclinação. Foram identificadas 40 amostras entre cotas de 800 e 900m com declividade média de 4,57% e inclinações variando entre 2,24% para Matas Secas de interflúvios e 13,74% para fragmentos em colúvios.

Por fim, em áreas com altitudes superiores a 950m, foram identificadas apenas sete amostras, número relacionado à pequena porção do território municipal nessa cota e à intensa ocupação das chapadas por agricultura extensiva. Essas amostras estão todas localizadas em áreas de interflúvio, com declividade média de 2,86%.

Com relação às amostras totais foram identificadas em Mata Seca Semidecídua pertencente ao ambiente de interflúvio 68 amostras, e na colúvio 22, tendo sua grande

maioria concentrada no interflúvio, já quanto às Mata Seca Decídua, a sua distribuição é mais diversificada, tendo 24 no ambiente de interflúvio e 20 em coluvião, mostrando que é uma vegetação que se adapta bem nos dois ambientes.

Quando analisada a distribuição das amostras sobre o mapa de solos (Mapa 5), as amostras de Mata Seca se distribuíram de maneira uniforme nos diversos grupos, o que motivou a definição de pontos de amostragem nas principais classes, indicados em vermelho no mapa.

Porém, após a realização de pesquisas de campo fica perceptível o problema ocasionado pela escala de elaboração do mapa de solos, tendo sido identificadas amostras em solo pedregoso, com características de neossolos litólicos, classificados erroneamente como latossolos no mapeamento oficial. Assim, aponta-se para a necessidade de uma maior atenção no uso de informações em escalas pequenas (inferiores a 1:250.000) em análises deste porte.

Neste estudo, foi identificada a maior correspondência da ocorrência de Matas Secas em solos classificados como latossolos distróficos, que apresentam como principal característica a saturação por bases inferior a 50%, portanto, solos mais ácidos, sendo composto por areia, argila e silte, com média alta fertilidade e a presença de matéria orgânica em decomposição. São apresentados valores da composição dos solos em alguns pontos selecionados para calibração do mapeamento de Mata Seca.

Em campo, foi observada a presença de rochas sedimentares (arenitos), contribuindo para a permeabilidade do solo. Além disso, a vegetação é típica da Mata Seca, com solos cobertos por camada de folhas, galhos e outros materiais orgânicos que se acumulam no solo. As características do solo da Mata Seca podem influenciar diretamente a biodiversidade e a produtividade dessa fitofisionomia, sendo essencial compreender sua composição e funcionamento para realizar planos de manejo e conservação adequados.

Durante a observação em campo nos pontos selecionados para calibração foi constatado um padrão mais intenso de caducifolia em áreas que apresentam solos mais rasos e com apenas o horizonte (A) definido. Nessas regiões, também foi encontrada uma considerável camada de matéria orgânica e a presença constante de afloramento rochoso. Na foto 01 do ponto 13, há uma declividade bastante acentuada, onde na parte mais alta ocorre lixiviação do solo, ficando presente apenas o material mais resistente, enquanto o restante é depositado no fundo do vale. Já no entorno do fragmento, há presença de pastagem.

Foto 1 - Afloramento Rochoso ponto 13



Fonte: VAILANT. Fabio J.P

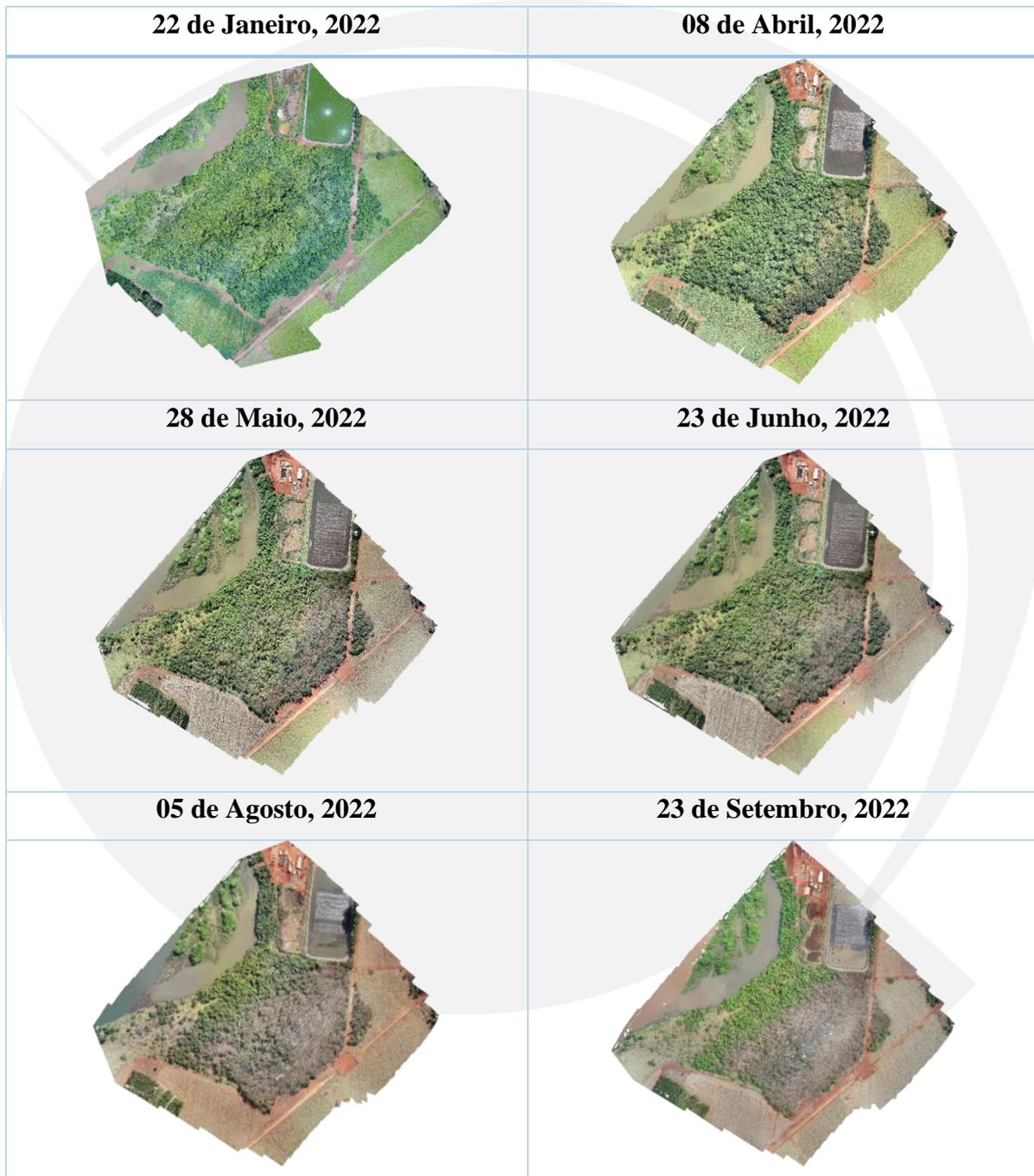
Nestes ambientes, os processos de caducifolia se mostram mais acentuados, sendo que durante o período de estiagem a perda de folhas ultrapassa os 50% do dossel, dando uma aparência de vegetação seca. De acordo com a descrição apresentada por Ribeiro e Walter (1988), pode-se classificar este ponto 13 como uma Mata Seca decídua, localizada no terço inferior de uma encosta escarpada com declividade de 6,78%, a 762 metros de altitude, e com afloramento rochoso basáltico.

A Figura 03, apresenta uma sequência temporal sazonal do ponto 14, também selecionado na etapa de calibração, que corresponde a um fragmento de Mata Seca situado no Campus Jatobá da Universidade Federal de Jataí. Nessa região, foi realizado um estudo para observar as características do processo de caducifolia, monitorando a perda de folhas com Aeronave Remotamente Pilotada. Observou-se que essa perda de folhagem ocorre apenas em parte do fragmento, despertando curiosidade sobre as razões pelas quais isso não acontece em toda a vegetação presente nesse local. Diante dessa questão, realizou-se uma visita de campo com o objetivo de identificar possíveis diferenças nos tipos de solo nessa região.

Verificou-se que a parte do fragmento onde a vegetação perde suas folhas é caracterizada por um ambiente de solo raso e pedregoso, identificado através de perfurações feitas em toda a extensão do fragmento. Em alguns pontos, também foram encontrados afloramentos rochosos. Dessa forma, ao entender o processo de desfolhamento em parte da vegetação, pode-se explicar que a espécie não consegue atravessar o solo com leito rochoso com suas raízes, impossibilitando-a de buscar água

em maiores profundidades. Já na parte onde o solo não apresentou dificuldade das raízes de buscarem água o processo de caducifolia é menor.

Figura 3 - levantamento aerofotogramétrico realizado em um fragmento de Mata Seca Decídua (ponto 14) no Campus Jatobá da Universidade Federal de Jataí. O monitoramento foi realizado entre janeiro e setembro de 2022



Fonte: Drone laboratório Geoinformação UFJ, Organização: VAILANT, Fabio J. P., 2022.

Análise espaço-temporal de fragmentos de Matas Secas a partir da aplicação de índices de vegetação

A análise dos índices de vegetação, essencial para entender as mudanças na paisagem do Cerrado, depende do conhecimento dos índices pluviométricos. Para isso, os dados de precipitação de setembro de 2020 a dezembro de 2021 foram incluídos. Observou-se uma relação direta entre a média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e a precipitação, com picos de vigor vegetativo nos períodos chuvosos e decréscimos durante a estiagem, indicando estresse hídrico.

Contudo, o NDVI não identifica especificamente a caducifolia, apenas mudanças na pigmentação foliar. Para uma análise mais precisa, sobretudo em áreas com pouca cobertura vegetal, usa-se o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). O SAVI é crucial em áreas agrícolas e pecuárias, onde a Mata Seca é a única vegetação presente durante a entressafra. Ele mostra a relação entre a refletância do índice e a quantidade pluviométrica, diferindo do NDVI pelo aumento do solo exposto com a perda do dossel.

A análise do SAVI revelou 17 pontos com interferência de nuvens, confirmados por imagens de satélite. Além disso, o índice de área foliar (IAF) é utilizado para avaliar a quantidade de folhas, sendo fundamental para entender a caducifolia em vegetações como a Mata Seca. Portanto, a combinação de NDVI, SAVI e IAF fornece uma compreensão abrangente da dinâmica vegetativa do Cerrado.

Na vegetação do Cerrado, os nutrientes no solo estão constantemente disponíveis, tendo pouca alteração de um período para o outro. O que varia, no entanto, é a disponibilidade de água. Uma vez que o Cerrado é uma região de clima sazonal, com períodos de chuva e de seca, a quantidade de água disponível influencia diretamente na caducifolia, o que é comprovado no Gráfico 2, que apresenta dados sobre a influência da precipitação no IAF. Observa-se que a linha laranja, que representa a média do IAF, apresenta uma resposta significativa em relação aos períodos de maior precipitação. Durante esses períodos, ocorre um aumento na cobertura das copas das árvores, representado pelo pico no IAF. Isso significa que a maior disponibilidade de água favorece o desenvolvimento das folhas, resultando em uma maior área foliar, segundo Taffarello (2019), “possibilitando a retomada do crescimento das plantas e o surgimento de novas folhas”.

Gráfico 2 - Relação entre NDVI e variação sazonal da precipitação entre setembro de 2020 e dezembro de 2021

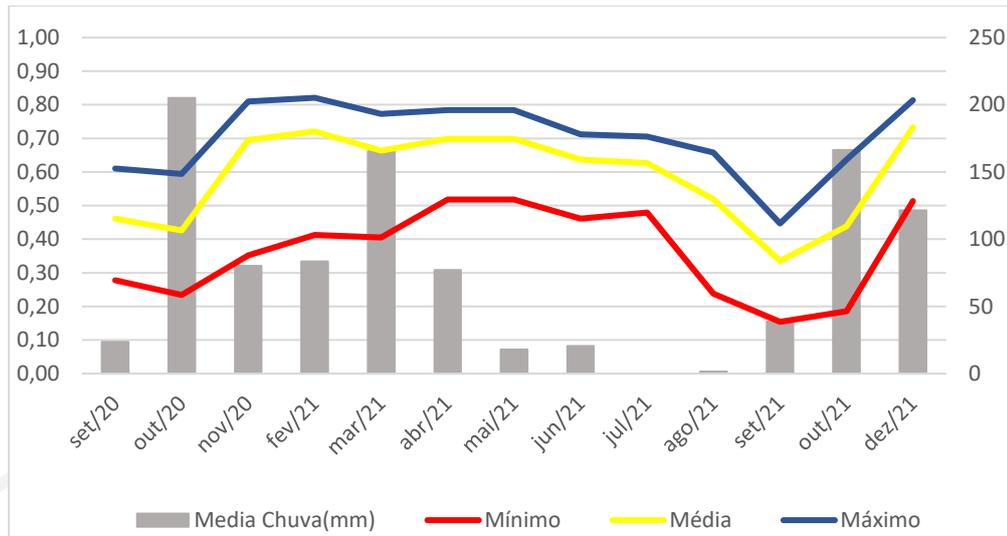
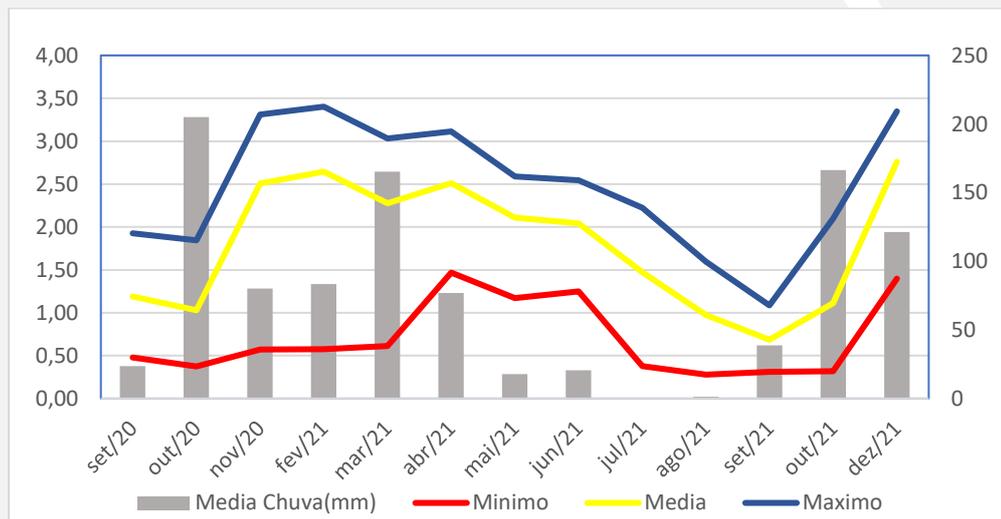


Gráfico 3 - Relação entre IAF e variação sazonal da precipitação entre setembro de 2020 e dezembro de 2021



Fonte: Base de dados: Imagem Sentinel 2A, INMET, Organização VAILANT, Fabio. J. P.

Na Figura 4, foi aplicado o índice de vegetação IAF, e com ele foi obtida uma resposta no dossel da vegetação que mostra com maior clareza o efeito da estiagem na vegetação. No entanto, se se analisar apenas as imagens de satélite sem a aplicação do índice, não é possível observar que a vegetação no mês de junho já apresenta pontos de menor densidade nas copas. Contudo, com o uso do índice é possível identificar com maior sensibilidade, indicando que o processo de caducifolia já está modificando a paisagem desde junho e que nos meses seguintes essa perda de folhas se torna mais densa. Dessa forma, prevalece apenas a região mais ao sul da figura, com seus dosséis de menor influência da estiagem, o que pode ser justificado pela presença de um curso de água que ajuda a vegetação próxima a manter seu dossel.

Figura 4 a b c d e f - Imagens de satélite do ponto 100 com índice de vegetação IAF, nos meses de fevereiro, junho, agosto e setembro de 2021 a 2022

Figura 11a: Junho 2022



Figura 11b: Agosto 2022



Figura 11c: Fevereiro 2021

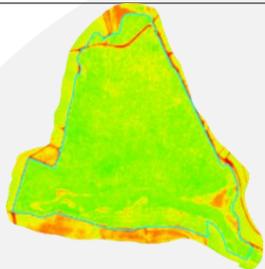


Figura 11d: Junho 2021

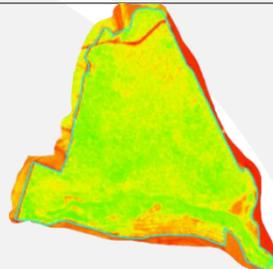


Figura 11e: Agosto 2021

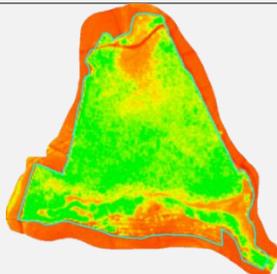
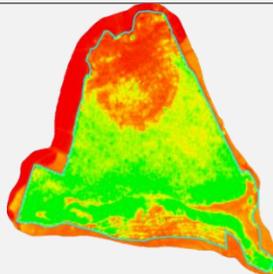


Figura 11f: setembro 2021



Fonte: Base de dados: IBGE, 1973; 2019; Mosaico de Imagens disponibilizadas pelo Google Earth PRO (2020-2022). Organização: VAILANT, Fabio J. P., 2022.

Dessa forma, a análise do IAF em conjunto com o índice pluviômetro contribui para um melhor entendimento do processo de caducifolia no Bioma Cerrado. Esses dados são de extrema importância para o estudo e a conservação desse ecossistema, pois permitem compreender como as plantas se adaptam e respondem às variações climáticas.

Para diferenciar entre Mata Seca Decídua e Semidecídua, utilizou-se o ponto 14 como referência, pois já existia pesquisa que tratava de um fragmento de Mata Seca Decídua. Dessa forma, realizou-se um acompanhamento periódico através de imagens de satélite com índice de vegetação aplicado e aerofotografia nesse fragmento,

mostrando que parte dele possui características de Mata Seca Decídua. Esse fragmento foi utilizado como parâmetro para diferenciar as duas sub fitofisionomias.

Todos os valores obtidos foram conferidos através de uma análise aprofundada nas imagens de satélite para observar se não sofreram interferência de outros fatores externos, como nuvens cobrindo as amostras ou vegetação que se assemelha à Mata Seca. Sendo assim, as amostras mostradas nas Tabelas 1 e 2 foram utilizadas na calibração.

Tabela 1 - Valores obtidos com cálculo da média do índice foliar, classificação como Mata Seca Semidecídua.

Pontos	Min	Max	Max-min	Diferença no índice em %	Classificação	Pontos	Min	Max	Max-min	Perda no índice em %	Classificação
1	0,80	2,94	2,15	73%	Semidecídua	72	0,72	2,93	2,20	75%	Semidecídua
3	0,66	2,79	2,14	76%	Semidecídua	73	0,75	3,12	2,37	76%	Semidecídua
5	0,78	2,87	2,09	73%	Semidecídua	74	0,68	3,16	2,48	79%	Semidecídua
6	0,51	2,47	1,95	79%	Semidecídua	75	0,77	2,80	2,03	72%	Semidecídua
10	0,66	2,81	2,14	76%	Semidecídua	82	0,61	2,72	2,10	77%	Semidecídua
11	0,71	2,54	1,84	72%	Semidecídua	83	0,79	2,48	1,69	68%	Semidecídua
12	0,68	3,22	2,54	79%	Semidecídua	85	0,68	2,41	1,73	72%	Semidecídua
13	0,84	3,13	2,29	73%	Semidecídua	86	0,73	2,36	1,63	69%	Semidecídua
16	0,60	2,31	1,70	74%	Semidecídua	87	0,53	2,58	2,05	80%	Semidecídua
17	0,55	1,85	1,30	70%	Semidecídua	91	0,87	2,76	1,89	68%	Semidecídua
18	0,68	2,23	1,55	70%	Semidecídua	92	0,95	2,84	1,89	67%	Semidecídua
19	0,63	2,76	2,13	77%	Semidecídua	93	0,88	2,96	2,08	70%	Semidecídua
20	0,97	2,97	2,00	67%	Semidecídua	94	0,93	2,89	1,95	68%	Semidecídua
22	1,08	2,88	1,79	62%	Semidecídua	95	0,81	2,95	2,14	73%	Semidecídua
24	0,46	2,33	1,87	80%	Semidecídua	96	0,82	2,77	1,96	70%	Semidecídua
25	0,64	2,81	2,17	77%	Semidecídua	97	0,65	2,77	2,13	77%	Semidecídua
28	0,61	3,10	2,50	80%	Semidecídua	98	0,80	2,93	2,14	73%	Semidecídua
30	0,84	3,05	2,22	73%	Semidecídua	100	0,60	2,93	2,33	79%	Semidecídua
31	0,91	3,04	2,12	70%	Semidecídua	102	0,42	2,03	1,61	79%	Semidecídua
32	0,47	2,17	1,70	78%	Semidecídua	103	0,62	2,39	1,77	74%	Semidecídua
33	0,83	3,35	2,52	75%	Semidecídua	106	0,90	3,17	2,28	72%	Semidecídua
34	0,98	3,23	2,26	70%	Semidecídua	109	0,68	2,97	2,29	77%	Semidecídua
36	0,69	3,24	2,55	79%	Semidecídua	112	0,65	2,61	1,95	75%	Semidecídua
38	0,53	2,56	2,03	79%	Semidecídua	113	0,59	2,75	2,16	78%	Semidecídua
39	1,06	2,91	1,85	64%	Semidecídua	114	0,62	2,80	2,18	78%	Semidecídua
40	0,67	3,05	2,38	78%	Semidecídua	115	0,57	2,89	2,32	80%	Semidecídua
42	0,74	3,01	2,27	75%	Semidecídua	116	0,54	2,80	2,26	81%	Semidecídua
46	0,65	2,79	2,14	77%	Semidecídua	117	0,62	2,80	2,18	78%	Semidecídua
47	0,59	2,72	2,13	78%	Semidecídua	118	0,71	3,01	2,30	76%	Semidecídua
48	0,57	2,71	2,15	79%	Semidecídua	124	0,88	3,29	2,41	73%	Semidecídua
49	0,68	2,94	2,26	77%	Semidecídua	128	0,74	3,07	2,33	76%	Semidecídua
50	0,85	3,00	2,15	72%	Semidecídua	129	0,57	2,44	1,87	77%	Semidecídua
51	0,64	2,98	2,34	78%	Semidecídua	131	0,54	2,18	1,64	75%	Semidecídua
53	0,74	2,98	2,24	75%	Semidecídua	132	0,56	2,88	2,32	81%	Semidecídua
54	0,82	2,94	2,12	72%	Semidecídua	133	0,69	2,72	2,03	75%	Semidecídua
55	0,59	2,46	1,86	76%	Semidecídua	134	0,65	2,94	2,30	78%	Semidecídua
59	0,61	2,86	2,25	79%	Semidecídua	136	0,40	1,99	1,59	80%	Semidecídua
60	0,83	2,87	2,04	71%	Semidecídua	138	1,02	2,91	1,89	65%	Semidecídua
62	0,61	2,87	2,26	79%	Semidecídua	140	0,80	3,15	2,35	75%	Semidecídua
63	0,58	2,68	2,10	78%	Semidecídua	150	0,68	2,94	2,26	77%	Semidecídua
65	0,71	3,24	2,53	78%	Semidecídua	153	0,58	2,93	2,34	80%	Semidecídua
66	0,90	2,96	2,06	70%	Semidecídua	156	0,74	2,97	2,23	75%	Semidecídua
67	0,68	2,89	2,21	76%	Semidecídua	157	1,02	3,09	2,07	67%	Semidecídua
68	0,59	2,96	2,37	80%	Semidecídua	158	0,90	2,97	2,07	70%	Semidecídua

Fonte: Base de dados: Imagem Sentinel 2A, INMET, Organização VAILANT, Fabio. J. P.

A Matas Secas Semidecíduas apresentam um comportamento fenológico distinto, caracterizado pela caducifolia das folhas como estratégia adaptativa às variações climáticas marcadas por períodos de chuva e seca. Os dados obtidos em pesquisas recentes, conforme ilustrado na Tabela 1, revelam uma flutuação

significativa no Índice de Área Foliar, em que a porcentagem de perda no índice oscilou entre 62% e 81% durante o ciclo anual, evidenciando uma variação sazonal.

Durante a estação chuvosa, foi constatado um espaçamento interno limitado entre as plantas, uma vegetação densa que compõe barreiras formadas por pequenos arbustos. Esse adensamento dificulta o movimento no interior da amostra, o que é consistente com os valores mais elevados do Índice de Área Foliar (IAF) reportados para este período. Além disso, as copas das árvores de maior porte se destacam por sua folhagem densa, interceptando de forma significativa a luz solar e limitando sua chegada ao solo da floresta.

Tabela 1 - Índices Foliar obtido das médias com classificação de Mata Seca Decíduas

Pontos	Min	Max	Max-Min	Diferença no índice em %	Classificação	Pontos	Min	Max	Max-Min	Perda no índice em %	Classificação
2	0,40	3,13	2,73	87%	Decíduas	84	0,39	2,86	2,47	86%	Decíduas
4	0,35	3,40	3,06	90%	Decíduas	101	0,40	2,86	2,46	86%	Decíduas
8	0,46	2,90	2,43	84%	Decíduas	107	0,39	2,49	2,10	84%	Decíduas
9	0,46	2,62	2,16	82%	Decíduas	108	0,41	2,79	2,37	85%	Decíduas
14	0,58	3,13	2,54	81%	Decíduas	110	0,46	2,61	2,14	82%	Decíduas
15	0,55	3,12	2,57	83%	Decíduas	111	0,52	2,75	2,24	81%	Decíduas
26	0,57	3,15	2,58	82%	Decíduas	119	0,43	2,67	2,23	84%	Decíduas
27	0,53	3,09	2,56	83%	Decíduas	120	0,55	3,07	2,52	82%	Decíduas
29	0,58	3,11	2,53	81%	Decíduas	121	0,56	3,14	2,58	82%	Decíduas
37	0,58	3,30	2,72	83%	Decíduas	122	0,49	2,81	2,33	83%	Decíduas
43	0,28	3,02	2,74	91%	Decíduas	123	0,36	2,80	2,43	87%	Decíduas
44	0,55	2,94	2,39	81%	Decíduas	125	0,53	2,87	2,34	82%	Decíduas
52	0,51	2,84	2,32	82%	Decíduas	126	0,49	2,76	2,27	82%	Decíduas
56	0,34	3,12	2,78	89%	Decíduas	127	0,55	3,12	2,56	82%	Decíduas
57	0,32	3,04	2,72	89%	Decíduas	130	0,49	2,90	2,41	83%	Decíduas
58	0,24	3,34	3,09	93%	Decíduas	135	0,22	2,17	1,95	90%	Decíduas
61	0,48	2,96	2,48	84%	Decíduas	137	0,31	2,27	1,96	86%	Decíduas
64	0,48	2,69	2,21	82%	Decíduas	141	0,41	3,16	2,75	87%	Decíduas
69	0,49	2,95	2,47	83%	Decíduas	151	0,43	2,82	2,39	85%	Decíduas
70	0,32	2,91	2,59	89%	Decíduas	152	0,45	3,10	2,65	85%	Decíduas
76	0,25	2,57	2,32	90%	Decíduas	154	0,51	2,84	2,33	82%	Decíduas
77	0,43	2,59	2,16	83%	Decíduas	155	0,28	2,92	2,64	90%	Decíduas

Com base na Tabela 2, observa-se que as amostras apresentaram uma perda no índice do IAF em relação ao período seco e chuvoso acima de 81%, desta forma são classificadas como Mata Seca Decídua. No campo, essas amostras se distinguem pelo tom acinzentado durante os períodos de estiagem, diferenciando-se notavelmente das

outras vegetações. Nas copas predominam poucas folhas, com maior visibilidade dos caules e dos troncos, contendo aparência típica de vegetação seca.

Durante as observações de campo e com a aplicação dos índices IAF, notou-se que o processo de caducifolia não ocorre simultaneamente em todas as áreas das amostras. Foram identificados pontos onde o processo de perda de folhas foi mais avançado outros em que o processo parecia estar se iniciando no dia da visita. Isso indica uma variação temporal da caducifolia dentro da mesma área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa, foram empregadas técnicas de geoprocessamento para a identificação de Matas Secas no Cerrado. A utilização de índices de vegetação, como o NDVI, SAVI e IAF, possibilitou a distinção quantitativa das Matas Secas em relação a outras formações do Cerrado. A precisão desses índices foi validada em campo, reforçando sua eficácia para futuros levantamentos de vegetação em larga escala.

A avaliação das potencialidades das geotecnologias demonstradas será uma ferramenta eficaz na identificação dessas áreas no Cerrado. A criação de uma chave de interpretação e a delimitação de valores de referência para densidade foliar e biomassa ressaltam a variação sazonal das Matas Secas. A classificação das Matas Semidecíduas e Decíduas, com 90 e 44 amostras respectivamente, identificadas a partir de imagens de satélite e índices de vegetação, proporcionou uma compreensão aprimorada da distribuição espacial dessas matas.

A identificação das características geoambientais das áreas de ocorrência das Matas Secas possibilitou uma análise mais abrangente do papel dessas formações na configuração da paisagem local. Esse conhecimento é crucial para o planejamento e a gestão ambiental, a modernização, a preservação e a conservação das Matas Secas.

Além disso, a geotecnologia também permite o monitoramento dessas áreas, facilitando a detecção de possíveis desmatamentos e incêndios florestais. Com essas informações, os órgãos ambientais e outras instituições responsáveis podem agir de forma mais rápida e eficaz, prevenindo a manipulação e a perda de sistemas ecológicos importantes.

A análise da dinâmica sazonal das áreas de Matas Secas, levando em conta os períodos secos e chuvosos através dos índices de vegetação, revelou as variações ao longo do ano. Essa compreensão temporal é vital para o monitoramento e a tomada de decisão, tanto para identificar quanto para estudar a Mata Seca no município de Jataí.

Deste modo, este estudo contribui não apenas para o conhecimento científico, mas também para ações fundamentais voltadas à conservação ambiental e ao desenvolvimento sustentável na região. Entender as características e a dinâmica das Matas Secas é necessário para a implementação de políticas públicas práticas e para a promoção de práticas de manejo que visem à harmonização entre a conservação da biodiversidade e as necessidades socioeconômicas locais.

REFERÊNCIAS

AB´SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.

AB´SÁBER, A. N. **O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento**. São Paulo: 1983. p. 41-55.

ARAÚJO FILHO, J. C. de. Floresta Estacional Semidecidual, 2009. <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucan/a/arvore/CONT000gt7eon7l02wx7ha087apz2x2zjco4.html>.Acessado: data 25 de maio de 2021 as 10:57.

ARCGIS®. Versão 10.6.1 [s. l.]. ESRI, 2018.

ASSUNÇÃO, F. Hildeu; SCOPEL, Iraci; SANTOS, B. Weuler. Caracterização espacial do clima no município de Jataí. **Sbagro**, Jataí-GO, v. 01, n. 01, p. 01-08, 01 jan. 1995.

BASTIAANSSEN, Wim G. M *et al.* Um algoritmo de balanço de energia superficial de sensoriamento remoto para terra (SEBAL). Formulação. **Revista de hidrologia**, v. 212, p. 198-212, 1998.

BERTELLI, C.; NETO C. Silvio; FADEL Bárbara. **Características de ecossistema e sustentabilidade: estudo sobre a vegetação original e remanescente da bacia hidrográfica do rio canoas**. Franca- SP 2016. vol 7, nº 87, p.5.

BENTO-GONÇALVES, A. J.; VIEIRA, A.; FERREIRA, A. D.; COELHO, C. Caracterização geomorfológica e implementação de um sistema integrado de informação, em ambiente SIG, no âmbito do projecto RECOVER (Estratégias de remediação de solos imediatamente após incêndios florestais). **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 12, n. 1, p. 3721-3735, 2008.

BORGES, Renato. **Índice de vegetação: Saiba o que é e o que ele mostra da sua lavoura**. 2021. Disponível em: <https://blog.agrointeli.com.br/blog/indice-de-vegetacao/>. Acesso em: 19 out. 2021.

BORGES, Mariley; RODRIGUES, Hérick; LEITE, Marcos. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do Cerrado no Norte de Minas Gerais e suas fitofisionomias. **Caderno de Geografia**, [s. l.], v. 29, ed. 58, p. 819 - 835 2019.

COSTA, L. M. da; OLSZEVISKI, N. Caracterização da paisagem do Cerrado. In: FALEIRO, F. G. (ed.); FARIAS NETO, A. L. de (ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 362-378.

DE PAULA, Makele Rosa et al. RESPOSTA ESPECTRAL DA ÁGUA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 50, p. 170-182, 2021.

DE RESENDE, Á. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E., DOS SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Inf. Agronômicas**, 1-19, (2016).

DO AMARANTE, CASSANDRO VT et al. QUANTIFICAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE CLOROFILAS EM FOLHAS ATRAVÉS DE MÉTODO COLORIMÉTRICO. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 471-475, 2008.

DIAK, G. R.; MECIKALSKI, J. R.; ANDERSON, M. C.; NORMAN, J. M.; KUSTAS, W. P.; TOM, R. D.; DE WOLF, R. L. Estimating land surface energy budgets from space: Review and current efforts at the University of Wisconsin—Madison and USDA—ARS. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 85, n. 1, p. 65-78, 2004.

DOS SANTOS, C. V. B.; DE MOURA, M. S. B.; DE SOUSA CARVALHO, H. F.; GALVÍNCIO, J. D.; DE QUEIROGA, Miranda, R.; NISHIWAKI, A. A. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação do índice de área foliar e índice de área da planta em floresta seca utilizando modelos simplificados em imagens de alta resolução com o uso de VANT. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing v12**, v. 3, p. 109-123, 2022.

DOMBROSKI, J. L. D. *et al.* Ecophysiology of water stressed (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex. DC) Mattos) seedlings. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 155-163, 2014.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. A. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018.

DRONENG. **Imagens NDVI para agricultura**. 2014. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/imagens-ndvi-para-agricultura/>>. Acesso em: 20 setembro. 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa-Spi, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Cerrado ecologia e flora**. 1. ed. Brasília-DF: Embrapa-Spi, 2008. 164-180 p.

EMBRAPA. **Bioma Mata Seca.** 2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-seca>
Acesso em: 19 fev. 2023, as 18:24.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** 2005. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf. Acesso em: 15ago. 2021.

GAMEIRO, Samuel *et al.* Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terrae**, Jaguaribe- Ce, v. 2, n. 1, p. 15-22, 26 maio 2017.

GRANDO, C. **As adaptações das plantas às condições do cerrado brasileiro.** In: USP/ESALQ. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Disponível em <http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/CGrando-200801-Resumo.pdf>. 2008.

Haidar, R. F.; Felfili, J. M.; Pinto, J. R. R.; Fagg, C. W. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Agta Amazonica**, Brasília, DF, v. 43, 2013. p. 261 - 290.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IPAM. **Bioma Amazônia.** 05 de nov. de 2015, <<https://ipam.org.br/glossario/bioma/#:~:text=O%20termo%20E2%80%9C%20%9Cbioma%20%9D%20%9D,fitofisionomia%2C%20o%20solo%20e%20a>> Acessado em 06 outubro de 2021 às 19:22.

JACON, Aline Daniele. **Caracterização espectro-sazonal de fitofisionomias do cerrado e estimativa de biomassa usando dados do sensor hyperion/EO1** [Masters Dissertation]. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais—INPE. 2016.

JENSEN, John R. **Sensoreamento Remoto do Ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestre. Tradutor: José Carlos Neves Epiphânio *et al.* 2. ed. São José dos Campos - Sp: Parêntece, 2009.

KAFIRA, V.; ALBANAKIS, K.; OIKONOMIDIS, D. **Flood Susceptibility Assessment using G.I.S.** An example from Kassandra Peninsula, Halkidiki, Greece. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE HELLENIC GEOGRAPHICAL SOCIETY, 10, 2014, Salónica, Grécia. 10. Salónica, Grécia: UFV, 2014, v. 10, p. 287 - 308.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serrapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, vol. 26, n.4, Viçosa-MG, p.430-431, 2002.

LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Marcelo Ricardo. **Formação do solo**. O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. 1 ed. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 1-10.

LISBOA F. Jugurta; IOCHPE, Cirano. Introdução a Sistema de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados. In: XV JAI JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, 15., 1996, Viçosa-Mg. **Anais XVI Congresso da SBC**. Recife-Pe: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 01-48.

MARTINELLI, M. Cartografia do turismo: que cartografia é essa? In: LEMOS, I. G. org. **Turismo: impactos socioambientais**. São Paulo: Hucitec, 2001. p. 297-302.

MOREIRA, A. Mauricio. **Fundamentos do sensoriamento remoto: metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2005. 320 p.

PEREIRA, B. A. S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO F. A. Florestas Estacionais no cerrado: Uma visão geral. **Revista Pesq. Agropec. Trop**, Goiânia, GO, v. 41, n. 3, p. 446-455, 2011.

PIRES, R. da S. A. A agricultura no processo de modificação do cerrado no município de goiás-go. **Monografia**, Goiás, GO p.14-17, 2015.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de textos, 2015.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. Planaltina: 1998. p. 166.

RUDORFF, F. T. Bernardo. **Introdução ao sensoriamento remoto: produtos de sensoriamento remoto**. 2020. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 19 out. 2021.

SANTOS, E. V. dos; MARTINS, R.; FERREIRA, A. I. M. **O processo de ocupação do bioma cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de Goiás**. Catalão, Goiás. NEPSA-CNPq, 2007. 12-16 p.

SANTOS, Eduardo V.; MARTINS, Renato A.; FERREIRA, Idelvone M. O processo de ocupação do bioma cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de goiás. **Revista Geo ambiente**, Catalão-Goiás, v. 01, n. 13, p.01-22, 2018.

SENTINEL-2. Site. Curitiba- Pr, 2015. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/sentinel-2/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

SOUZA, Clara; OLIVEIRA, Rosana; MUSTAFE, Diego; NUNES, Keila; MORAIS, Eliana. O Cerrado como o “Berço das Águas”: potencialidades para a educação. **Revista Cerrados**, [s. l.], v. 17, ed. 1, p. 086 - 113, 2019.

SOUSA JUNIOR, José Geraldo de Abreu; DEMATTÊ, José Alexandre Melo; GENÚ, Aline Marques. Comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 727-738, 2008.

TAFFARELLO, Denise *et al.* Linkages between water and forests in South American watersheds under restoration. **Topics in Hydrometeorology**, 2019.

TAIZ, Lincoln *et al.* Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora, 2017.

VELOSO, H. P.; RANGEL F. A. R.; LIMA, J. C. C. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. 1 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VIEIRA, I. C.; PRADO, J. C.; GOMES, C. M. Caracterização edáfica do Cerrado: uma contribuição para a conservação e restauração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 42(5), 1-17. (2018). doi:10.1590/18069657rbc20180033.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, v. 17, n. 6, p.608-614, 05 abr. 2013.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D.; BELTRÃO, N. E. M.; ALVES, A.; CORDEIRO JÚNIOR, A. F.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N.; OLIVEIRA, M. C.; CUNHA, D. S.; MOTA, M. O. S.; SOARES, A. N.; BARBOSA, H. F. Práticas de Conservação de Solo e Água. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2012. p. 04-10