



COINTER PDVAgro 2023

VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição Presencial Recife (PE) | 29, 30 de nov a 1 de dez

ISSN: 2526-7701 | PREFIXO DOI: 10.31692/2526-7701

COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) E MODELO DE ELEVAÇÃO PARA ANÁLISE DE DIFERENTES REGIÕES

COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN POR DIFERENCIA MODELO ESTANDARIZADO (NDVI) Y DE ELEVACIÓN PARA ANÁLISIS DE DIFERENTES REGIONES

COMPARISON OF VEGETATION INDEX BY DIFFERENCE STANDARDIZED (NDVI) AND ELEVATION MODEL FOR ANALYSIS OF DIFFERENT REGIONS

Apresentação: Comunicação Oral

Emily Miskiw¹; Mauro de Lima²; Grazieli Suszek³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VIIICOINTERPDVAgro.0236>

RESUMO

O Sensoriamento Remoto (SR) é uma técnica sem contato direto que evoluiu com avanços em sistemas de sensores, sendo notável o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) no monitoramento ambiental e agrícola. No Assentamento Teijin, MS-134, foi utilizado VANTs com câmeras RGB e multiespectrais mapearam o solo com detalhes via software Pix4D, permitindo planejamento de uso da terra, acompanhamento vegetativo identificação e riscos naturais. O objetivo principal deste estudo é comparar uma área que passou por degradação com uma área conservada, utilizando imagens capturadas por VANTs. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que avalia a saúde e a densidade vegetativa utilizado no trabalho para análise das condições da vegetação do solo, apresentado dois mapas de áreas diferentes onde houve variações significativas entre os dois conjuntos de mapas podem também indicar mudanças na paisagem, tais como o manejo inadequado do solo, que deve se ter uma conscientização para a utilização adequada do solo.

Palavras-Chave: NDVI, Degradação do Solo, Conservação.

RESUMEN

¹ Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, emilymiskiw@com.br

² Engenheiro Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, mauro.lima@ifms.edu.br

³ Doutora em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, grazieli.suszek@ifms.edu.br

La Teledetección (SR) es una técnica sin contacto directo que evolucionó con los avances en los sistemas de sensores, con notable uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV) en monitoreo ambiental y agrícola. En el Asentamiento Teijin, MS-134, se utilizaron vehículos aéreos no tripulados con RGB y cámaras multiespectrales para mapear el suelo en detalle a través del software Pix4D, permitiendo la planificación del uso del suelo, el monitoreo vegetativo, la identificación y los riesgos naturales. El principal objetivo de este estudio es comparar un área que ha sufrido degradación con un área conservada, utilizando imágenes capturadas por vehículos aéreos no tripulados. El Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI), que evalúa la salud y la densidad vegetativa, utilizado en el trabajo para analizar las condiciones de la vegetación del suelo, presentó dos mapas de diferentes áreas donde hubo variaciones significativas entre los dos conjuntos de mapas, que también pueden indicar cambios. en el paisaje, como una gestión inadecuada del suelo, que requiere conciencia sobre el uso adecuado del sue

Palabras Clave: NDVI, Degradación del Suelo, Conservación.

ABSTRACT

Remote Sensing (SR) is a technique without direct contact that evolved with advances in sensor systems, with notable use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in environmental and agricultural monitoring. In the Teijin Settlement, MS-134, UAVs with RGB and multispectral cameras were used to map the soil in detail via Pix4D software, allowing land use planning, vegetative monitoring, identification and natural risks. The main objective of this study is to compare an area that has undergone degradation with a conserved area, using images captured by UAVs. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which evaluates vegetative health and density, used in the work to analyze soil vegetation conditions, presented two maps of different areas where there were significant variations between the two sets of maps, which may also indicate changes. in the landscape, such as inadequate soil management, which requires awareness of the appropriate use of soil.

Keywords: NDVI, Soil Degradation, Conservation.

INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto (SR) é uma maneira de coletar informações sem precisar ter contato direto com o objeto de estudo. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são essenciais nesse processo, sendo muito importantes para monitorar o ambiente e realizar estudos agrícolas. O uso de VANTs traz benefícios como o controle da altura durante o voo e a capacidade de repetir as medições, o que melhora a qualidade e a frequência dos dados que são coletados. (Shiratsuchi, 2014).

Os VANTs se destacam quando estamos falando sobre mapear como as áreas estão sendo usadas, e eles superam a precisão das imagens de satélite comuns. Esses mapas não apenas mostram o local em que diferentes atividades ocorrem, mas também são super importantes para planejar como a terra está sendo usada e para saber quais áreas podem estar em risco de desastres naturais, como mencionou Becker (2021). Essa precisão é super importante porque nos ajuda a entender melhor como o ambiente está mudando, e isso dá



informações valiosas para gerenciar os recursos naturais de forma mais eficiente.

Além disso, o Sensoriamento Remoto não se resume apenas a obter imagens. Ao utilizar este método é possível obter informações usando índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que pode ser utilizado quando são analisados dados da superfície da Terra, como mencionou Speranza (2018). Essas técnicas não só permitem observar detalhadamente como as áreas estão sendo usadas, mas também nos dão informações importantes sobre o crescimento das plantas e sobre a mudança do ambiente ao longo do tempo.

Para entender melhor como a área está sendo utilizada, é essencial analisar como os mapas interagem em termos de variação espacial. Essa abordagem, que combina dados de satélite e aéreos, nos dá uma visão completa do quadro geral, revelando padrões e conexões que podem passar despercebidos em análises individuais. No final das contas, a integração dessas técnicas de Sensoriamento Remoto é importante para gerenciar o ambiente de forma sustentável e informada (Mascarenhas, 2020).

A utilização de pastagens como cobertura do solo é uma prática agrícola fundamental, onde pode desempenhar um papel central na gestão sustentável da terra. Essa estratégia não só ajuda na preservação e proteção do solo, reduzindo a erosão e a degradação, mas também traz benefícios significativos para a produção agrícola e para a sustentabilidade ambiental. A seleção cuidadosa de pastagens apropriadas não apenas favorece a retenção de nutrientes no solo, mas também oferece um habitat propício para a biodiversidade (Trindade, 2023).

Neste cenário, o Sensoriamento Remoto, especialmente quando utilizando VANTs, se destaca como uma ferramenta fundamental para acompanhar o desenvolvimento das pastagens, avaliar o quão eficientes são como cobertura do solo e fornecer informações para estratégias de manejo que buscam otimizar tanto a produtividade agrícola quanto a saúde do ecossistema (Vinhai, 2018).

A utilização de VANTs, com sua capacidade de sobrevoar extensas áreas e capturar imagens de alta resolução, emerge como uma ferramenta eficaz para identificar indicadores visuais de degradação do solo e potenciais áreas suscetíveis à erosão. A comparação entre áreas degradadas e conservadas, por meio do Sensoriamento Remoto, não apenas amplia nossa compreensão dos impactos das práticas agrícolas sobre a saúde do solo, mas também



oferece informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de manejo que visam à conservação e restauração do solo (ATENA-UFERSA, 2019).

A degradação do solo e o risco associado de erosão representam desafios significativos para a sustentabilidade tanto na agricultura quanto no ambiente. A degradação do solo, que muitas vezes resulta de práticas agrícolas inadequadas ou pressões ambientais, pode levar à diminuição da fertilidade e da capacidade de retenção de água, tornando a área mais propensa à erosão. Diante dessa problemática, o objetivo principal deste estudo é comparar uma área que passou por degradação com uma área conservada, utilizando imagens capturadas por VANTs.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Castro, et al (2019) a pastagem é um tipo de cobertura do solo que se caracteriza pelo cultivo de gramíneas, sendo principalmente utilizada para a alimentação de animais de pasto, como bovinos, ovinos e caprinos. Essa prática agrícola é de extrema importância em setores como a pecuária e a agricultura, tendo impactos positivos e significativos tanto na produção animal quanto na sustentabilidade do meio ambiente.

A manutenção da cobertura vegetal na pastagem é essencial para minimizar eventos que levam à perda de fertilidade e do próprio solo. Entre esses eventos em questão, destaca-se o aumento da taxa de redução do carbono orgânico, da erosão hídrica e da compactação do solo. Garantir um ciclo de nutrientes eficiente na pastagem, especialmente com a liberação gradual de nutrientes pelo processo de degradação e mineralização da matéria orgânica, contribui para prolongar sua produtividade do solo (Dias-Filho e Lopes, 2021).

O reconhecimento da degradação do solo como diz Albuquerque (2010) desempenha um papel essencial no planejamento do uso da terra. A identificação de áreas com risco de erosão é fundamental para a delimitação de zonas agrícolas e áreas de conservação. A erosão do solo resulta na perda gradual, e frequentemente irreversível, da camada superior rica em nutrientes. Ao reconhecer e monitorar os processos erosivos, é possível implementar práticas de conservação do solo, como o controle da erosão hídrica e eólica, prevenindo a degradação e promovendo a sustentabilidade agrícola.

A análise comparativa entre áreas degradadas e aquelas cobertas por pastagens,



utilizando mapas fornecidos por VANTs, torna-se crucial para entender o impacto das práticas de manejo na saúde do solo. Esses mapas não apenas revelam variações na cobertura vegetal, mas também permitem a identificação de padrões de degradação, áreas críticas suscetíveis à erosão e potenciais focos de intervenção. A alta resolução espacial proporcionada pelos VANTs permite uma análise minuciosa das características do solo, da vegetação e da topografia, fornecendo informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de conservação e recuperação (Dias, 2021).

A aplicação de VANTs para a elaboração de mapas tem se destacado como uma abordagem inovadora e eficaz no âmbito do Sensoriamento Remoto. Essas aeronaves não tripuladas proporcionam uma capacidade única de coletar dados, apresentando alta resolução espacial e temporal, adaptabilidade a terrenos complexos e custos operacionais relativamente baixos. Ao sobrevoar áreas de interesse, os VANTs podem capturar imagens detalhadas, sendo essenciais para a produção de mapas precisos e atualizados (Vidal, 2013).

O emprego de VANTs em concordância com Santana (2022) na obtenção de mapas comparativos entre áreas degradadas e aquelas com pastagens oferece uma metodologia avançada e precisa, para avaliar as condições do solo e a eficácia da cobertura vegetal. A degradação do solo muitas vezes decorrente de práticas agrícolas inadequadas pode resultar em perda de fertilidade, compactação e vulnerabilidade à erosão. Por meio de imagens de alta resolução capturadas por VANTs, é possível identificar indicadores visuais que destacam as áreas degradadas e avaliar a extensão dos danos.

A manipulação do solo representa um desafio significativo, podendo resultar ambientalmente na formação de voçorocas, especialmente em regiões propensas à erosão. A utilização de VANTs para o Sensoriamento Remoto pode desempenhar um papel importante na identificação e monitoramento de áreas com sinais de manipulação do solo. A capacidade dessas aeronaves de sobrevoar grandes extensões rapidamente e capturar imagens de alta resolução possibilita a identificação precoce de indicadores de entrega, permitindo a implementação de medidas preventivas e uma gestão adequada para evitar danos mais extensos (Alves, 2017).

A integração eficaz de VANTs na produção de mapas não representa apenas uma abordagem avançada para rastrear alterações na cobertura do solo, mas também exerce uma



função fundamental na avaliação do impacto das práticas agrícolas e na identificação precoce de preconceitos de distribuição do solo. Essa integração de tecnologias oferece uma base sólida para a gestão sustentável dos recursos naturais e para a tomada de decisões informadas em questões relacionadas à agricultura e à administração ambiental (Simão e Ferreira, 2023).

No entanto, os desafios persistem, abrangendo desde a necessidade de lidar com grandes volumes de dados até questões éticas relacionadas à privacidade e regulamentações em constante evolução. O futuro dessa abordagem inclui avanços na automação de VANTs, melhorias na precisão dos sensores e uma integração mais aprimorada de dados de Sensoriamento Remoto em análises complexas. Essas inovações continuarão a fortalecer a capacidade de compreensão e monitoramento da superfície terrestre, tornando-se cruciais para a sustentabilidade e a gestão eficiente dos recursos naturais (Tremea, 2023).

A utilização de VANTs conforme Siqueira (2020) fornece dados que permitem a comparação entre áreas degradadas e mantidas com pastagens, desempenhando um papel crucial na tomada de decisões informadas no manejo do solo. Ao identificar áreas de gestão, agricultores e gestores têm a capacidade de implementar práticas específicas de restauração, tais como a introdução de culturas sustentáveis, a aplicação de técnicas de conservação do solo e a adoção de práticas sustentáveis. Desta forma, a análise comparativa com base em mapas de VANTs não apenas evidencia a extensão da manipulação, mas também orienta estratégias direcionadas à preservação e revitalização do solo, promovendo a sustentabilidade agrícola a longo prazo.

O NDVI, que significa Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, é uma medida que avalia a saúde das plantas com base em como elas refletem a luz solar em frequências específicas. Quando a luz solar atinge uma planta, ela absorve certos comprimentos de onda e reflete outros. Em plantas saudáveis, a clorofila absorve fortemente a luz visível, enquanto a estrutura celular das folhas reflete fortemente a luz do infravermelho próximo (NIR). Quando uma planta está desidratada, doente ou afetada por práticas agrícolas, ela absorve mais luz infravermelha. Portanto, observar como o NIR varia em relação à luz vermelha oferece uma indicação da saúde das plantas (Godoy, 2022).

Para Simões (2017) o NDVI é um indicador quantitativo crucial derivado de dados de Sensoriamento Remoto, com destaque para saúde e densidade de vegetação. Ao medir a

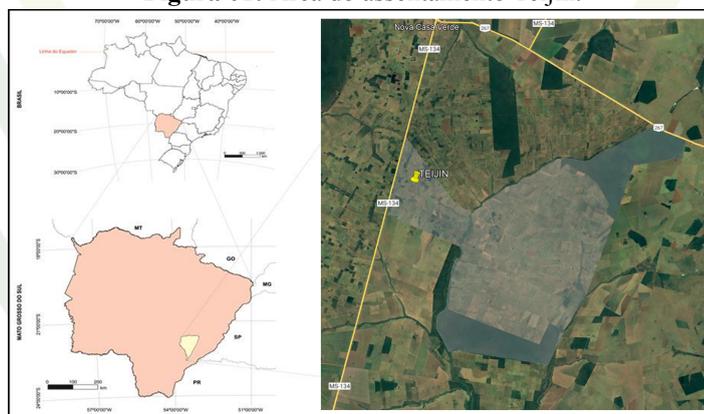


diferença entre a reflectância no infravermelho próximo e no vermelho, o NDVI fornece uma visão objetiva da atividade fotossintética das plantas. Sua aplicação é vasta, abrangendo desde a avaliação da saúde das culturas agrícolas até o monitoramento de ecossistemas naturais. É uma ferramenta poderosa para identificar mudanças na cobertura vegetal e compreender padrões temporais. Utilizando VANTs para capturar imagens, é possível calcular o NDVI e monitorar as condições das pastagens. Variações no NDVI ao longo do tempo podem oferecer conhecimento sobre a saúde da pastagem, ao identificar áreas que podem requerer instruções específicas ou manejo diferenciado (Takemura e Drucker, 2014).

METODOLOGIA

Para este estudo utilizou-se duas áreas em diferentes condições, na intenção de comparação da metodologia utilizada. Desta forma, a primeira área de estudo está localizada na Rodovia MS-134, (Assentamento Teijin), que liga Nova Andradina ao Distrito de Nova Casa Verde ou à Rodovia BR-267, que liga o Estado do Mato Grosso do Sul ao Estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 01: Área do assentamento Teijin.



Adaptado a partir de dados do IBGE (2018) e google (2023)

Fonte: Própria (2023).

A segunda área é localizada na Fazenda Santa Bárbara, no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, *campus* Nova Andradina (IFMS-NA) (Figura 2). O clima do local de ambos (Figura 3) é caracterizado como tropical A, clima mesotérmico com estação invernal pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno segundo



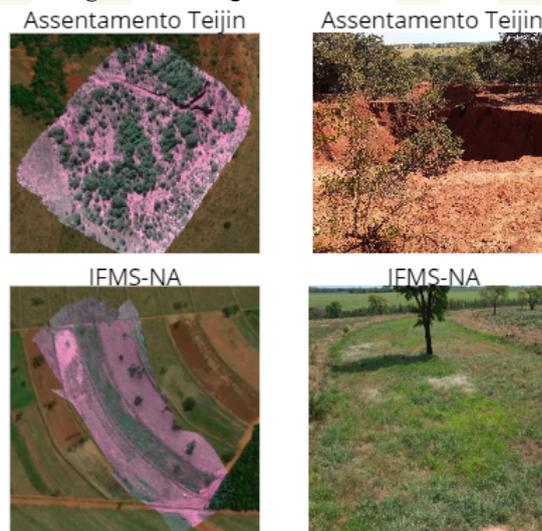
classificação de Köppen.

Figura 02: Área do IFMS-NA



Fonte: Própria (2023).

Figura 03: Imagem das áreas de estudo.



Fonte: Própria (2023).

Para obtenção das imagens foi utilizado um MAVIC 3 (Figura 4) com câmera RGB (azul, verde, vermelho) e Multiespectral (Verde (550 nm BP 16 nm), Vermelho (650 nm BP 16 nm) e Infravermelho próximo (860nm BP 26nm)).



Figura 04: MAVIC 3 Multiespectral da DJI.



Fonte: Própria (2023).

Os voos foram realizados em alturas de no máximo 120 metros (Figura 5), para análise de melhor conforme a área avaliada e o momento do voo. A altura máxima de voo proporciona um nível de detalhamento do terreno, mais conhecido como GSD (do inglês ground sample distance), em torno de 4 cm/pixel. Para a câmera multiespectral esse valor ficou em torno de 10 cm/pixel.

Figura 05: Operação do VANTs.



Fonte: Própria (2023).

Os planos de voo foram elaborados utilizando uma sobreposição longitudinal de 80%



e lateral de 60%. Para a elaboração dos ortomosaicos, NDVI, modelos digitais de elevação, quando aplicável, foi utilizado o software Pix4D fields®. Este software tem a capacidade de processamento das imagens de forma automática, gerando os ortomosaicos e realizar a geometria dos mapas a partir do índice escolhido. Também foi realizado o controle para correção da radiação incidente, do próprio sistema do drone.

Para avaliação e monitoramento da vegetação na área foi desenvolvido diversos índices de vegetação como o NDVI, que consistem em operações algébricas de valores obtidos de diferentes faixas do espectro, principalmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo, também denominadas bandas espectrais. O NDVI é calculado a partir da Equação abaixo (Veras, 2022):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Em que:

NIR = reflectância no infravermelho próximo

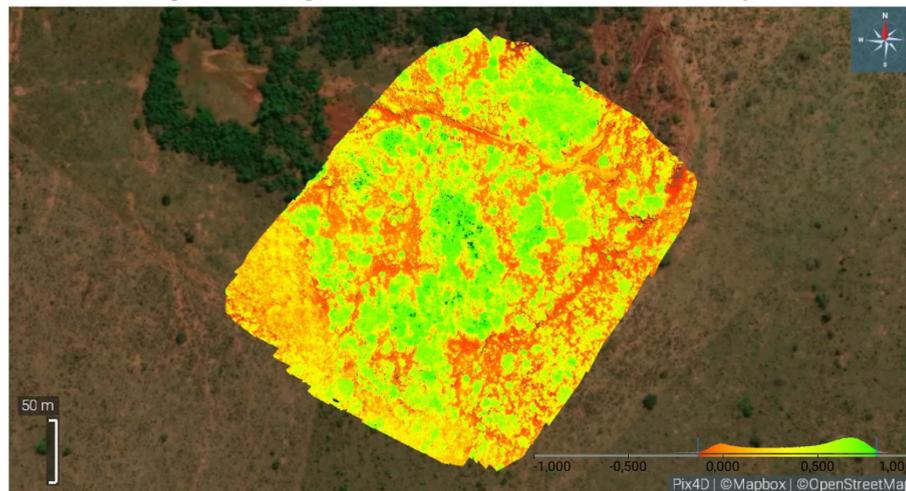
RED = reflectância no vermelho

O NDVI é uma ferramenta que ajuda a analisar a vegetação ao medir a absorção ou a reflexão da vegetação. Isso é feito ao comparar a faixa do espectro vermelho, que é particularmente sensível à absorção de clorofila, com o pico de reflectância na faixa do espectro infravermelho próximo (NIR). O NDVI varia de -1 a 1, e quanto mais próximo de 1, melhor é a vegetação, enquanto os valores abaixo de 0 indicam áreas sem vegetação (Silva et al, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos resultados, ao comparar dois conjuntos de mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e modelos de superfície referentes a diferentes períodos e padrões dinâmicos. Na primeira área no assentamento Teijin (Figura 06), nas áreas de elevada inclinação pode ser observado diminuição no NDVI, indicando uma influência topográfica na distribuição vegetativa, áreas de copa de árvores notadamente apresentaram NDVI maiores do que era esperado.



Figura 06: Mapa de NDVI na área do assentamento Teijin.

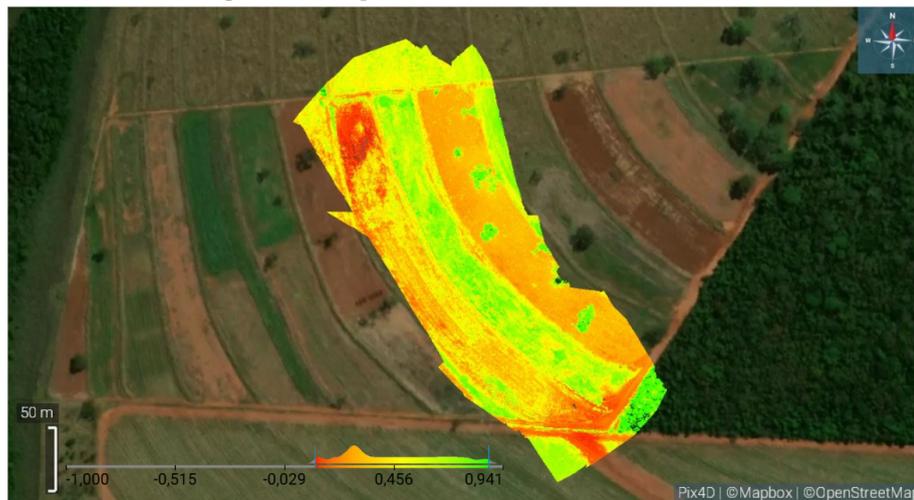
Fonte: Própria (2023)

Como é possível também observar, um índice NDVI extremamente baixo é observado em algumas áreas, representado pela cor vermelha no mapa, essa área possui grande degradação ambiental provocando esse resultado na imagem, fotos dessa área pode ser observada na Figura 03, desta forma é possível através de imagem de drone e utilizando índices de vegetação identificar áreas com degradação de leve a severa, observando a faixa do índice utilizado.

Na segunda área, que é coberta por pastagem e possui pouco desnível, observou-se uma significativa alteração nas distribuições de NDVI (Figura 7), correlacionada a mudanças ambientais ou práticas de manejo, a presença de declives suaves e solo propício ao desenvolvimento vegetativo, apresentaram valores mais elevados de NDVI. A análise comparativa com os modelos de superfície revelou consistência entre mudanças no NDVI e previsões topográficas, destacando áreas onde o aumento do NDVI coincidia com solos propícios ao crescimento vegetativo.

Conforme descreve Pelissaro (2020) em seu trabalho utilizando pastagem para conservação do solo, observar as análises manteve suas característica do solo, onde favorece também uma maior massa de matéria orgânica para o solo por conta da maior atividade microbiana.



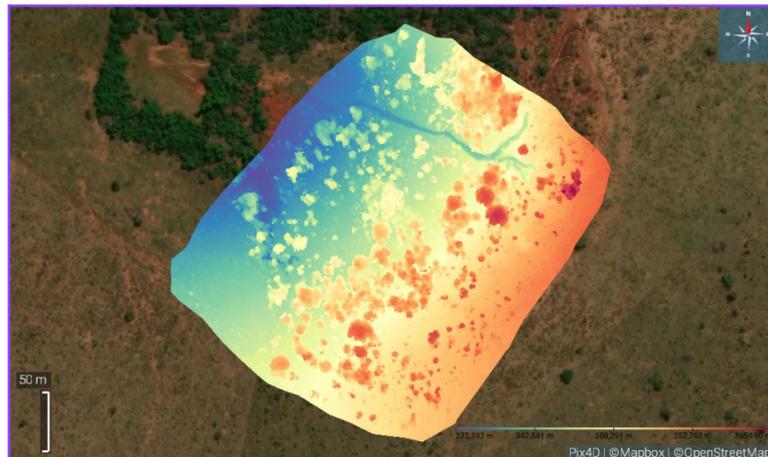
Figura 07: Mapa de NDVI na área do IFMS-NA.**Fonte:** Própria (2023)

A compreensão dos padrões de solos envolve considerações de fatores sazonais, como mudanças climáticas e práticas agrícolas sazonais. A correlação positiva entre NDVI e áreas de declives suaves destaca a influência significativa da topografia na distribuição da vegetação (Figura 8 e 9). Essa relação sugere que áreas com solos propensos à retenção de água podem sustentar uma vegetação mais saudável, enquanto declives acentuados podem resultar em condições menos favoráveis, levando a formação de voçorocas como na primeira área.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma medida que varia de 0 a 1, e sua interpretação está diretamente relacionada à densidade da vegetação em uma determinada área (ROSENDO, 2005). Quanto mais próximo de 1 for o valor do NDVI, mais densa é a vegetação, indicando uma região com um alto vigor vegetativo. Por outro lado, um valor de 0 (zero) no NDVI aponta para uma superfície não vegetada, ou seja, áreas onde não há cobertura vegetal. Os valores de NDVI intermediários estão associados a diferentes níveis de densidade vegetativa.



Figura 08: Mapa de modelo de superfície na área do assentamento Teijin.



Fonte: Própria (2023)

Figura 09: Mapa de modelo de superfície na área do IFMS-NA.



Fonte: Própria (2023)

A análise destaca a dinâmica das mudanças no NDVI, indicando que diferentes locais podem apresentar padrões distintos de vegetação. Este fenômeno pode ser atribuído a variáveis sazonais, como a temporada de crescimento vegetativo, ou intervenções antrópicas, como práticas agrícolas específicas.

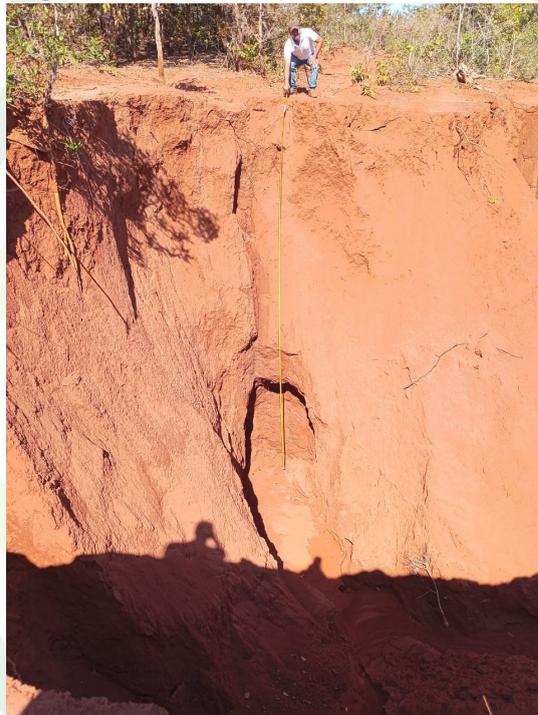
Estudando os mapas de modelo de superfície conseguimos ver o acúmulo de sedimentos na região superior do mapa referente a região do assentamento Teijin, essa maior diferença de declive pode estar relacionado diretamente a formação da voçoroca que se



encontra neste local.

Ao fazer a análise de comparação de NDVI nas duas áreas observamos a ausência de vegetação no mapa do Teijin, no qual na avaliação visual é observada a ocorrência de uma voçoroca de mais de 7 metros de altura, como pode se observar na figura 10. Na área do instituto consegue-se analisar um melhor padrão do índice vegetativo, isso se dá por conta da cobertura dessa área por pastagem e a conservação feita para que seja mantida as propriedades físicas e químicas deste local.

Figura 09: Altura de voçoroca no assentamento.



Fonte: Própria (2023)

Além disso, a validação dos modelos de superfície pelo NDVI destaca a utilidade dessa métrica como um indicador confiável da saúde da vegetação. Variações significativas entre os dois conjuntos de mapas podem também indicar mudanças na paisagem, como o manejo inadequado do solo, que merecem uma atenção a mais.

Essas descobertas têm implicações práticas para o manejo do terreno, proporcionando insights valiosos para estratégias agrícolas e ambientais. A integração desses resultados em práticas de gestão de terra pode otimizar a eficiência agrícola, mitigar a erosão e promover a



conservação ambiental.

CONCLUSÕES

A comparação entre a área de degradação do Assentamento Teijin e na área pastagem do IFMS-NA mostra uma diferença significativa entre os índices de vegetação, no qual o Teijin tem uma menor área de vegetação e maior área exposta onde está ocorrendo a degradação e erosão do solo.

Com isso, pode-se perceber que uma análise comparativa dos mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e modelos de superfície, obtidos por meio de VANTs em diferentes áreas, oferece conhecimentos profundos sobre a dinâmica da vegetação em áreas de estudo distintas.

A adoção de medidas integradas pode restaurar a fertilidade do solo, preservar a biodiversidade e garantir um ambiente saudável para as gerações futuras, então se faz necessário ao observar que a degradação esteja causando o assoreamento do rio que passa nas proximidades. A conscientização sobre nosso papel na proteção da terra é o primeiro passo para um futuro agrícola sustentável e próspero.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. B., et al. Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade. **Embrapa Cerrados. Planaltina DF**, p. 75, 2010.

ALVES, J. R. **Monitoramento de remanescentes florestais urbanos com veículo aéreo não tripulado**. 2017.

ATENA-UFERSA, C. E. O. I Simpósio de Ecologia e Conservação do Semiárido: vivenciando e integrando conhecimentos. **ATENA| Portal de Anais de Eventos da UFERSA**, 2019.

BECKER, W. R.; LÓ, T. B.; JOHANN, J.A.; MERCANTE, E. Statistical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v.21, 2021.

CASTRO, M., Rosati, A., Pantera, A., Moreno, G. Sistemas agroflorestais mediterrânicos: situação atual e perspectivas futuras. **ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**, p. 787-807, 2019.



DARIO, F. R. Monitoramento de recuperação de áreas degradadas. **Editora Senac São Paulo**, 2022.

DIAS, D. F., et al. **Utilização da análise hierárquica ponderada para o estudo dos processos erosivos lineares na bacia hidrográfica do rio Ibicuí-RS**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, M. J. S. Fertilidade do solo em pastagem: como construir e monitorar. 2021.

GODOY, F. O. **Índices de vegetação na avaliação agrônômica da aveia preta (*Avena strigosa* Scrb) irrigada com efluente tratado de abatedouro**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MASCARENHAS, A. L. S. **Mapas temáticos e modelização gráfica para avaliação das estruturas territoriais em bacias hidrográficas**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PELISSARO, H.; et al. Atributos microbiológicos do solo como indicadores de conservação das pastagens nativas do Pantanal. 2020.

ROSENDO, J. dos S. **Índices de crescimento e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Araguari-MG-utilizando dados do sensor Modis**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SANTANA, J. S., et al. **Potencial para mecanização agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Grande-MG**. 2022.

SESTINI, M. F.; et al. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. São José dos Campos: INPE, p. 74, 2002.

SHIRATSUCHI, L. S.; BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V ; BASSOI, L. H. **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. p. 58-73, 2014.

SILVA, A. B. N.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, L. B. Utilizando imagens Sentinel-2 e índices espectrais para análise de severidade em áreas queimadas de origem antrópica: um estudo no sudeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 01, p. 489-504, 2023.

SILVA, J. F. **Mapeamento dos processos erosivos em área urbana de Vilhena através de fotogrametria com VANT**. 2018.

SIMÃO, F. L.; FERREIRA, M. M. **Agricultura de precisão: avanços tecnológicos e suas**



aplicações na produção agrícola. 2023.

SIMÕES, E. M., et al. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NVDI) associada às variáveis pluviométricas para Sub-bacia do Rio Espinharas, PB/RN. 2017.**

SIQUEIRA, R. F., et al. **Práticas de gerenciamento de programas aplicadas a projetos de agricultura de precisão. 2020.**

SPERANZA, E. A.; et al. **Uso de imagens de sensoriamento remoto para identificação de variabilidade espacial em Agricultura de Precisão. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, JARDIM, MATO GROSSO DO SUL, Brasil, v. 7, 2018.**

TAKEMURA, C. M.; DRUCKER, D. P. **Processamento de Imagens Digitais e Gestão da Informação. Coleção• 500 Perguntas• 500 Respostas, p. 81, 2014.**

TREMEA, C. B. **Proposta de adoção da agricultura de precisão em uma propriedade rural: modelo de melhoria de processos por meio da agricultura 4.0. 2023.**

TRINDADE, B. C., et al. **A importância da conservação da biodiversidade do solo na América Latina para a segurança alimentar e para a promoção do objetivo de desenvolvimento sustentável 2. 2023.**

VERAS, D. S. **Análise temporal multifonte e multiespectral da cobertura vegetal do estuário do Rio Sirinhaém-PE. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.**

VIDAL, A. M. F. **Extração e avaliação de geo-informação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados. 2013.**

VINHAL, G. P., et al. **Deteção de nematoides na cultura cafeeira a partir de imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada. 2018.**

