

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO GRATUITO NA AGRICULTURA FAMILIAR: APLICAÇÃO DO NDVI EM UMA ÁREA DE PASTAGENS

USO DE SENSORAMIENTO REMOTO GRATUITO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR: APLICACIÓN DEL NDVI EN UNA ZONA DE PASTIZALES

USE OF FREE REMOTE SENSING IN FAMILY FARMING: NDVI APPLICATION IN A PASTURE AREA

Apresentação: Comunicação Oral

Rivã Ribeiro do Nascimento França¹; Kelly Anselmo de Souza²; Everton Luís Poelking³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.XCOINTERPDVAgro.0176>

RESUMO

A agricultura familiar, apesar de sua relevância na produção de alimentos no Brasil, ainda enfrenta grandes desafios no acesso a tecnologias que otimizem a produção e permitam a gestão eficiente das lavouras e pastagens. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) via o aplicativo gratuito OneSoil no monitoramento de pastagens em uma propriedade de agricultura familiar no município de Coração de Maria – BA. A área de estudo possui aproximadamente 7,4 hectares, sendo utilizada para criação de bovinos em sistema de pastejo contínuo, com sinais visíveis de degradação do solo e da vegetação. As imagens de satélite, processadas automaticamente pelo OneSoil, cobriram o período de janeiro de 2024 a janeiro de 2025 e foram analisadas em três quadrimestres consecutivos. Os resultados apontaram uma redução progressiva do NDVI médio ao longo do ano (0,62 – 0,56 – 0,50), indicando queda no vigor da pastagem possivelmente associada à ausência de rotação, lotação animal acima da capacidade e precipitação irregular. A análise também revelou a influência de variáveis climáticas, como pluviosidade e soma térmica, sobre a produtividade forrageira. Conclui-se que o uso de ferramentas digitais como o OneSoil permite ao agricultor familiar um monitoramento eficiente e acessível da saúde vegetal, contribuindo para a tomada de decisões mais assertivas no manejo de pastagens e melhoria da produtividade de forma sustentável.

Palavras-Chave: NDVI, Onesoil, Agricultura familiar, pastagem, Sensoriamento remoto.

RESUMEN

La agricultura familiar, a pesar de su importancia en la producción de alimentos en Brasil, enfrenta grandes desafíos en el acceso a tecnologías que optimicen la producción y permitan una gestión eficiente de cultivos y pastizales. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el uso del Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) a través de la aplicación gratuita OneSoil en el monitoreo de pastizales en una propiedad de agricultura familiar en el municipio de Coração de Maria – BA. El área de estudio, de aproximadamente 7,4 hectáreas, se utiliza para la cría de bovinos en sistema de pastoreo continuo, con signos visibles de degradación del suelo y de la vegetación. Las imágenes satelitales, procesadas automáticamente por OneSoil, cubrieron el período de enero de 2024 a enero de 2025 y fueron analizadas en tres cuadrimestres consecutivos. Los resultados apuntaron una reducción progresiva del NDVI medio a lo largo del año (0,62 – 0,56 – 0,50), indicando una caída en el vigor de la pastura posiblemente asociada a la ausencia de rotación, carga animal por encima de la capacidad y precipitación irregular. El análisis también reveló la influencia de variables climáticas, como pluviosidad y suma térmica, sobre la productividad forrajera. Se concluye que el uso de herramientas digitales como OneSoil permite al agricultor familiar un monitoreo eficiente y accesible de la salud vegetal, contribuyendo a la toma de decisiones más assertivas en el manejo de pasturas y mejora de la productividad de forma sostenible.

¹ Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, rivfrana@yahoo.com.br

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, kellysouza_12@hotmail.com

³ Doutor em Solo e Nutrição de Planta pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, everton@ufv.br



2025, y fueron analizadas en tres cuatrimestres consecutivos. Los resultados indicaron una disminución progresiva del NDVI medio durante el año (0,62 – 0,56 – 0,50), reflejando una reducción en el vigor de los pastizales, posiblemente debido a la falta de rotación, carga animal descontrolada y precipitaciones irregulares. El análisis también evidenció la influencia de variables climáticas, como la precipitación y la suma térmica, sobre la productividad forrajera. Se concluye que el uso de herramientas digitales como OneSoil permite a los agricultores familiares monitorear de forma eficiente y accesible la salud vegetal, apoyando decisiones más acertadas para el manejo sustentable de los pastizales.

Palabras Clave: NDVI, OneSoil, Agricultura familiar, Pastizal, Teledetección.

ABSTRACT

Family farming, despite its importance in food production in Brazil, still faces major challenges in accessing technologies that optimize productivity and enable efficient management of crops and pastures. In this context, this study aims to evaluate the use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) through the free OneSoil application for monitoring pastureland in a family farm located in the municipality of Coração de Maria – BA. The study area, approximately 7.4 hectares, is used for cattle grazing under continuous stocking, with visible signs of soil and vegetation degradation. Satellite images processed automatically by OneSoil covered the period from January 2024 to January 2025 and were analyzed across three consecutive four-month intervals. The results revealed a progressive decrease in average NDVI values over the year (0.62 – 0.56 – 0.50), indicating a decline in pasture vigor, possibly related to lack of rotational grazing, unmanaged stocking rates, and irregular rainfall. The analysis also demonstrated the influence of climatic variables such as precipitation and thermal sum on forage productivity. It is concluded that digital tools like OneSoil provide family farmers with an efficient and accessible means of monitoring plant health, supporting more informed and sustainable pasture management decisions.

Keywords: NDVI, OneSoil, Family farming, Pasture, Remote sensing.

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é um sistema de produção agrícola realizada por agricultores que usa a mão de obra da própria família, sendo praticado em pequenas propriedades agrícolas. De acordo com Lima *et al.* (2019), a agricultura familiar produz 70% do gênero alimentício consumido pela população brasileira, que compete pela agricultura altamente mecanizada e tecnológica. A mesma menciona que a agricultura é um conjunto de técnicas utilizadas por agricultores que cultivam a terra, utilizando de métodos de cultivo.

A agricultura tem origem em diferentes lugares da Terra sendo praticada há mais ou menos dez mil anos, passado por diversas transformações, como seleção genética de sementes, melhoramento fitotécnicos, entre as primeiras plantas cultivadas estão o trigo e a cevada, ervilha e lentilhas (Bellinghini, 2013).

De acordo com Castanho e Texeira (2017), a agricultura passou por diferentes evoluções desde período do Neolítico (8.000 a.C. até 5.000 a.C.), Idade: antiga, média 4.000 a.C. até 476, moderna (1453 a 1789), Contemporânea (a partir de 1789). Assim definindo a transformação do campo e do espaço agrário, relação homem e meio ambiente. Na idade contemporânea foi



onde começou as grandes revoluções agrícolas e a chamada revolução verde trazendo consigo as tecnologias no campo.

De acordo com Zambenedetti *et al.* (2021), A revolução verde foi um conjunto de transformações na agricultura, após a segunda guerra mundial que consistiu em revolucionar e transformar a forma que a agricultura era praticada aumentando a produtividade agrícola e acabar com a fome mundial.

Com ideia de modernizar a agricultura com tecnologias para melhorar a produção, muitos agricultores migraram para o que é conhecido de pacote tecnológico, assim deixando de praticar agricultura sustentável e adotado o sistema convencional de produção agrícola. (Nodari, 2018).

Apesar de sua importância, a agricultura familiar enfrenta vários obstáculos que dificultam o acesso de tecnologias acessíveis e baratas ou até mesmo gratuitas. Souza *et al.* (2019), relata sobre a desigualdade que tem no campo, principalmente com agricultores familiares na falta de recursos e conhecimento técnico para o uso dessa tecnologia na melhoria da produção.

Uma dessa tecnologia disponível para o agricultor familiar e com pouco capital disponível são imagens de satélite, como o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) disponíveis gratuitamente para o controle de vegetação e observações diárias durante o desenvolvimento das culturas.

Segundo Neto e Danelichen (2022), o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é o índice mais utilizado no Brasil para produção de mapas e acompanhamentos de culturas.

Na maioria das aplicações no sensoriamento remoto as imagens de satélite usadas para obter o NDVI utilizar imagens do sentinel-2A que são imagem de satélite com resolução de 10 metro de precisão e qualidade da imagem de 12 bits com uma frequência de revisita de cinco dias (Leivas *et al.*, 2022).

O aplicativo App OneSoil é uma plataforma agrícola digital que integra sensoriamento, remoto e inteligência artificial (IA), imagem NDVI e análise de dados para auxiliar agricultores e produtores rurais na gestão de suas lavouras.

O OneSoil gera mapas de NDVI que contribuem para os agricultores nas tomadas de decisões como estresse hídrico, pragas e doenças, essa imagem é gratuita e de boa qualidade, permitindo a geração de gráficos de NDVI, precipitação e temperatura durante o ciclo da cultura. Dessa forma, agricultores familiares podem buscar maior eficiência nas lavouras.



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O avanço da agricultura digital e da inteligência artificial transformou o setor agrícola, tornando a produção mais eficiente e precisa. Embora essas inovações estejam mais presentes em grandes propriedades, elas também podem ser adotadas em pequenas unidades produtivas, desde que haja acesso à internet, a dispositivos como smartphones ou notebooks, além de assistência técnica adequada.

Historicamente, a evolução da agricultura pode ser dividida em quatro estágios: 1.0 (mecanização rústica), 2.0 (revolução verde), 3.0 (tecnologias digitais) e 4.0 (agricultura de precisão) (Viola e Mendes *et al.*, 2022).

A agricultura 4.0, também chamada de agricultura digital, caracteriza-se pela automação de processos por meio de computadores, sensores e sistemas de comunicação integrados, que permitem o compartilhamento de dados entre máquinas e dispositivos móveis, favorecendo decisões mais precisas (Massruhá e Leite, 2017).

Mais recentemente, a transição para a agricultura 5.0 vem incorporando inteligência artificial, robôs autônomos, satélites e biotecnologia, buscando aumentar a produtividade, reduzir perdas e promover práticas agrícolas mais sustentáveis (Oliveira, 2022).

Apesar desses avanços, a agricultura familiar ainda enfrenta obstáculos que dificultam a adoção de tais tecnologias, como infraestrutura precária, dificuldades de escoamento da produção, acesso limitado à internet, baixa assistência técnica e carência de capacitação. Mesmo diante desses desafios, a agricultura familiar mantém relevância econômica, alcançando um valor bruto de produção de R\$ 106,47 bilhões em 2017 (Silva *et al.*, 2023; Barichello, 2023; IBGE, 2020).

Nesse contexto, Cruz *et al.* (2015) ressaltam que a inserção de tecnologias nesse segmento depende de modernizações técnicas e, sobretudo, de investimentos públicos.

Embora maquinários avançados, drones e inteligência artificial possam parecer inviáveis para pequenos agricultores, ferramentas mais acessíveis como smartphones, notebooks e aplicativos de monitoramento já representam avanços significativos. Contudo, a falta de conectividade e de conhecimento técnico ainda limita sua aplicação (Silva e Santos, 2024).

No Brasil, a agricultura familiar é regulamentada pela Lei nº 11.326/2006, que define critérios para diferenciá-la de outros sistemas produtivos, destacando também sua importância para a modernização e sustentabilidade (BRASIL, 2006).

Mais recentemente, a Lei nº 14.828/2024 reforçou a necessidade de promover inovação, planejamento e desenvolvimento tecnológico na agricultura familiar (BRASIL, 2024). Ainda que o texto legal não especifique as tecnologias a serem aplicadas, ele abre espaço para a adoção



de soluções digitais, como aplicativos de manejo agrícola, sensores de solo, biotecnologia sustentável e assistência técnica remota.

Nesse cenário, destaca-se o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) como uma ferramenta acessível e eficiente para monitoramento de lavouras e pastagens. Apesar de ser uma tecnologia de ponta, o NDVI pode ser utilizado de forma simples e, em alguns casos, gratuita.

O índice é obtido por sensoriamento remoto e permite identificar a vegetação ativa e saudável por meio da interação da radiação eletromagnética com as plantas (Crusiol *et al.*, 2024).

Essa interação é expressa em termos de reflectância, absorbância e transmitância, considerando diferentes comprimentos de onda. O NDVI resulta da relação entre o infravermelho próximo (NIR: 0,76 a 0,90 μm) e a faixa do vermelho (R: 0,63 a 0,69 μm), que refletem, respectivamente, a saúde e a densidade da vegetação (Albuquerque *et al.*, 2019).

No Brasil, cerca de 20% do território nacional é ocupado por pastagens destinadas à pecuária, sendo que grande parte do rebanho bovino é criada em sistema extensivo (Malaquias, 2019). Em muitos casos, essas áreas são manejadas por agricultores familiares.

O município de Coração de Maria (BA), por exemplo, possui 37.842 ha, dos quais 27.244,75 ha (71%) são destinados a pastagens (Atlas das Pastagens, 2023). Embora os levantamentos não distingam entre pastagens nativas e cultivadas, a Bahia ocupa a 4ª posição nacional em extensão dessas áreas.

Para auxiliar no monitoramento da vegetação, o aplicativo *OneSoil* surge como alternativa gratuita e de fácil acesso. Disponível em versão web e para smartphones, ele utiliza imagens de satélite para fornecer dados de temperatura, precipitação e NDVI, permitindo estimar vigor vegetativo, densidade da vegetação, delimitar talhões e acompanhar o desenvolvimento fenológico das culturas (OneSoil Website, 2024).

Martini e Souza (2024), destacam a interface amigável do *OneSoil* e suas funcionalidades, como a geração de históricos de NDVI por talhão. Entretanto, o aplicativo apresenta limitações na resolução espacial das imagens e na variedade de culturas disponíveis para monitoramento. Mesmo assim, sua aplicabilidade mostra-se relevante para a agricultura familiar.

Além disso, Mendes *et al.* (2020), lembram que os próprios smartphones já possuem sensores e conectividade que podem facilitar práticas agrícolas.

No entanto, para que ferramentas como o OneSoil e outros aplicativos sejam de fato aproveitados, é fundamental promover capacitação e transferência de conhecimento, função em que a extensão universitária desempenha papel essencial ao transformar descobertas científicas em práticas aplicáveis no campo (Salasan *et al.*, 2021).



METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no município de Coração de Maria, delimitada pelas coordenadas geográficas de latitude 12°13'24,56''S e 38°42'23,96''W longitude com altitude de 230 metros. O clima local é do tipo tropical quente e úmido com um a três meses secos segundo Köppen. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar de 1.095 mm, 24,8 °C e 80%, respectivamente. (Koppen Brasil, 2025).

Os solos predominantes no município são classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), como Argissolo Vermelho-Amarelo Êutrófico e Planossolo de acordo com o levantamento exploratório realizado pela Embrapa. (EMBRAPA-SNLC e SUDENE, 1973).

Em 2023 o município de Coração de Maria-Bahia apresentava uma cobertura de 58% do território pelo bioma caatinga e 42% pelo bioma mata atlântica. Deste total 23,8% corresponde a vegetação natural e 68,0% área de pastagem, sendo que 75,3% dos 25,725 hectares, são destinados ao uso da agropecuária (MAPBIOMAS, 2023; INFOSANBAS, 2025).

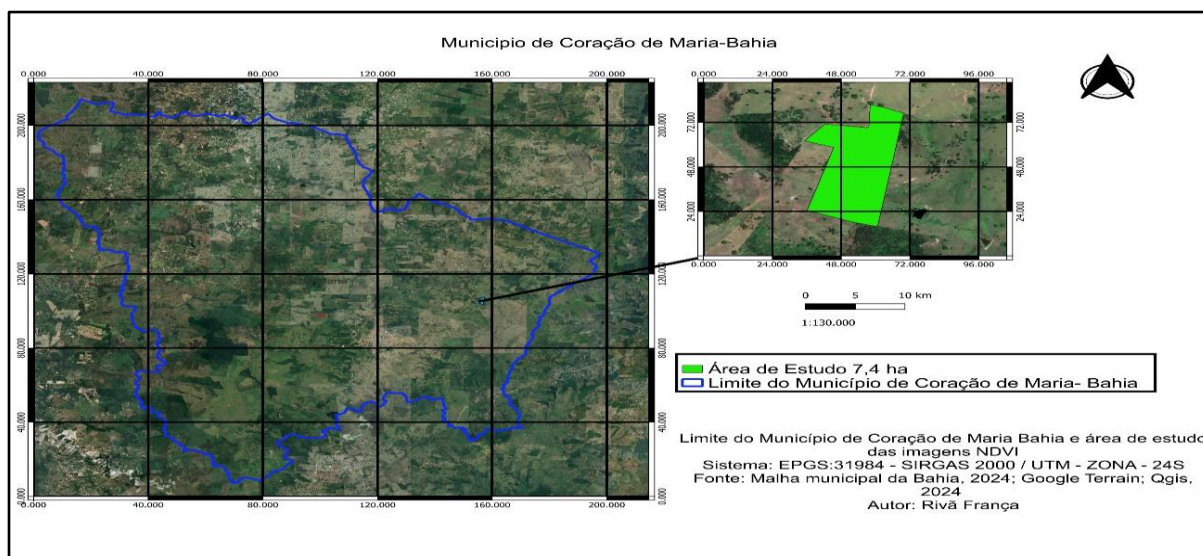
A área analisada consiste em uma pastagem cultivada com aproximadamente 7,4 hectares, utilizada para criação de bovino, em sistema contínuo com intervalos de descanso indeterminado, sem controle de rotação e nem taxa de lotação. Sendo usado de forma contínua havendo período com maior ou menor intensidade de pastejo.

A área apresenta sinais de degradação, como perda vigor e produtividade, processo evolutivo de perda de vigor, presença de ervas daninhas, processo erosivo e exposição do solo durante o verão e também não a vegetação nativa.

A análise do vigor vegetativo da pastagem foi realizada com base em imagem de sensoriamento remoto fornecido pelo aplicativo OneSoil (FIGURA 1), que utiliza imagens dos satélites Sentinel-2, do programa europeu Copernicus.



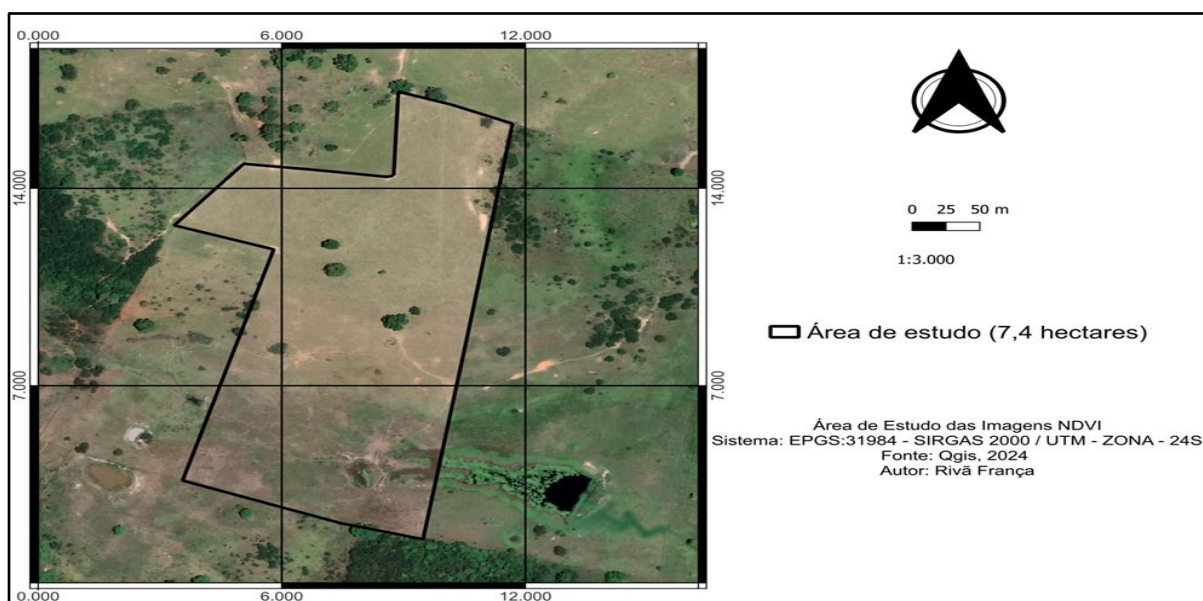
Figura 1: Mapa da área de estudo com aplicação do NDVI do município de Coração de Maria-Bahia



Fonte: Própria (2025). Delimitação do município de Coração Bahia- Bahia com destaque para a área analisada para estudo e análise do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Área analisada possui aproximadamente 7,4 hectares encontrando- se em destacado em verde inserido dentro dos limites do município por linha azul.

Esses satélites disponibilizam gratuitamente imagem com resolução espacial de até 10 metros nas bandas do visível e infravermelho próximo com uma frequência de 5 a 10 dias dependendo da localização e bandas espectrais usadas para cálculo do NDVI (FIGURA 2).

Figura 2: Detalhamento da área de estudo em uma escala de 1: 3.000.



Fonte: Própria (2025). Detalhamento da área de estudo, imagem do google Earth processada no software Qgis 3.28.0 “Firenze” data da imagem fornecida pelo google Earth 12/2020 com um nível de detalhamento espacial em uma escala de 1:3.000, totalizado 7,4 hectares delineado em linha preta permitido melhor visualização e distribuição espacial da pastagem.



O período de análise com imagem NDVI contrastado é em 3D da área em estudo compreendeu os meses e dias 10 de janeiro de 2024 a 19 de janeiro de 2025 dividido em três quadrimestres.

Durante o estudo do três quadrimestre totalizado se 378 dias de avaliação, como o ano de 2024 é bissexto 366 dias e as imagens fornecidas pelo aplicativo OneSoil web são imagem de 5 a 10 dias e algumas com nuvem total, dificultado a precisão da seleção exatas das datas foram analisadas 12 dias a mais. Com seleção de imagens livres de nuvens. As imagens foram processadas automaticamente pelo aplicativo OneSoil para gerar mapas de vigor vegetativo com base no NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).

As imagens com muita presença de nuvem foram descartas, assim escolhido imagem com dia a mais do quadrimestre que são compreendidos em 120 dias ficando dias a mais e não exatos.

As bandas espectrais utilizadas foram B4-vermelhas e B8-infravermelhas próximas essas bandas foram processadas automaticamente pelo OnoSoil web app e sendo complementada por análise visual no software QGIS versão estável do QGIS, 3.28.0 "Firenze", Microsoft Excel para organizar os dados como gráficos e tabelas os valores foram baseados exclusivamente na análise do sensoriamento remoto. O aplicativo já dar esse resultado calculado:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

Onde:

NIR= Reflectância no infravermelho próximo (banda 8).

Red= Reflectância na banda do vermelho (banda 4).

O NDVI varia de -1 a +1, sendo que valores próximos de zero indicam áreas sem vegetação ou o solo exposto enquanto acima de 0,6 são indicativos de vegetação saudável e densa. Para análise, foram consideradas três faixas de vigor vegetativo:

- Alto vigor: $NDVI > 0,6$
- Médio vigor: $NDVI$ entre 0,3 a 0,6
- Baixo vigor: $NDVI < 0,3$

Foram estudadas as variações de um período de aproximadamente 120 dias compreendendo um quadrimestre para monitorar o comportamento da vegetação ao longo do ano, identificar a perda de vigor da pastagem e o foco de degradação. As imagens foram visualizadas e processadas pelo próprio aplicativo OneSoil sem registros fotográficos.



A área foi analisada em um todo sem subdivisão de piquete refletido a condições reais de uso contínuo típico da agricultura familiar. O enfoque metodológico foi temporal, e não espacial respeitado, a dinâmica natural da propriedade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da área de estudo ao longo do ano, baseada no NDVI, evidencia um processo de degradação progressiva das pastagens e consequente redução do vigor da biomassa forrageira. Passos (2021), em seus estudos sobre o uso do NDVI para monitoramento da degradação, concluiu que esse índice é um indicador eficaz do estado de conservação das pastagens.

No município de Coração de Maria-BA, a maior parte das áreas de pastagem apresenta alto vigor vegetativo, totalizando 17.825,35 hectares (69,29%). Em contrapartida, 27,87% das áreas apresentam vigor médio e apenas 2,85% apresentam vigor baixo (MapBiomass, 2023). Esses dados evidenciam a predominância de áreas bem conservadas, mas também sinalizam a necessidade de atenção às parcelas em processo de degradação.

Entretanto, a adoção de tecnologias para monitoramento agrícola ainda é desigual no Brasil. Souza *et al.* (2019), apontam que a região Centro-Norte da Bahia, onde se localiza Coração de Maria, apresenta baixos índices de adoção tecnológica na agricultura familiar, contrastando com as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, que registram níveis de médio a alto.

Em revisão de literatura, Araújo e Clementino (2024), analisando 20 artigos publicados entre 2013 e 2023, observaram que, embora o Nordeste lidere em número de estudos sobre tecnologia na agricultura familiar, o acesso a essas inovações ainda é limitado, principalmente por falta de financiamento e de assistência técnica.

No caso específico de Coração de Maria, os agricultores familiares enfrentam barreiras financeiras e técnicas que dificultam a adesão a novas tecnologias, incluindo a utilização de aplicativos de gestão rural. Ainda assim, ferramentas acessíveis e intuitivas, como o NDVI disponibilizado gratuitamente pelo aplicativo OneSoil, podem representar alternativas viáveis, demandando apenas conhecimentos básicos para sua aplicação prática.

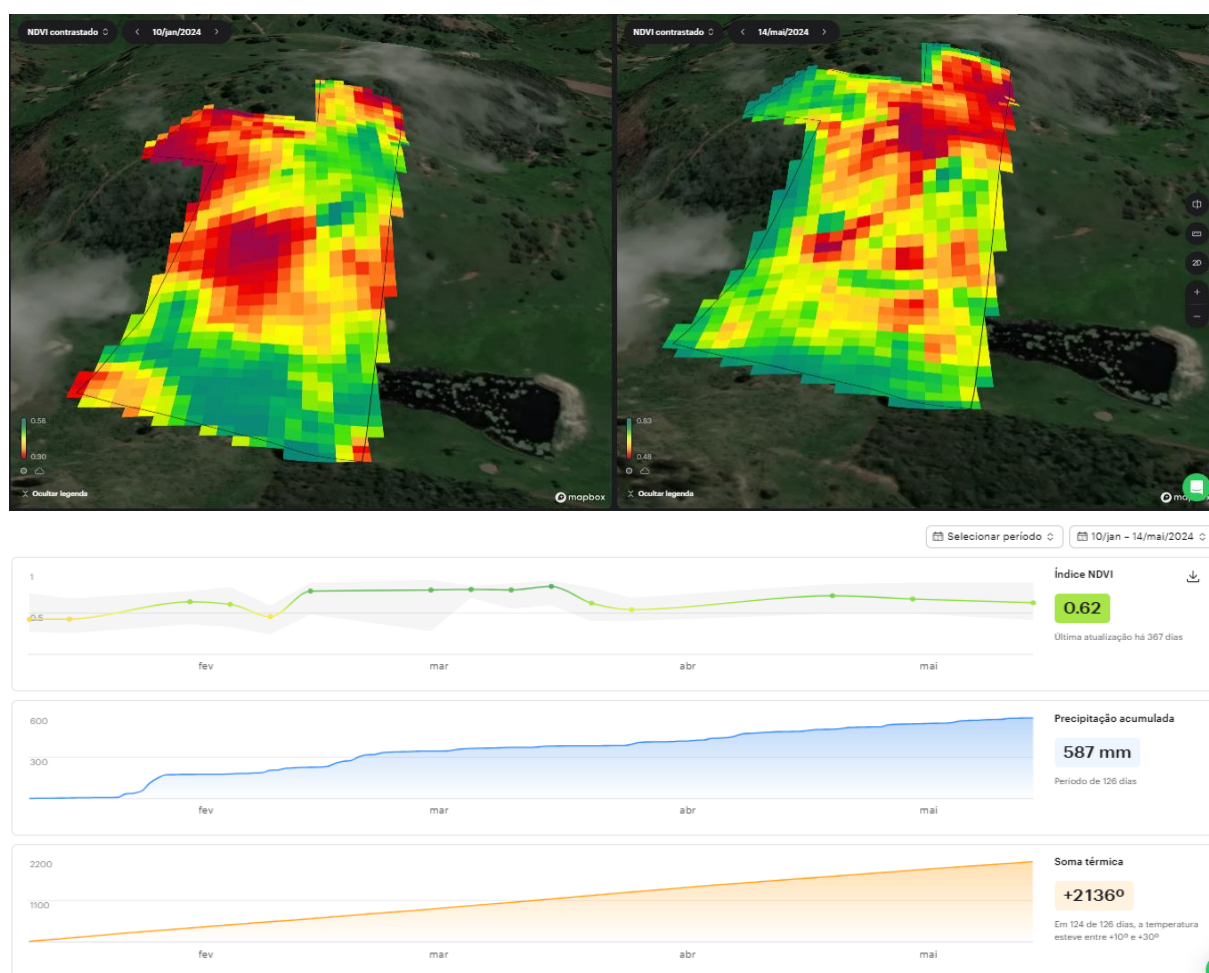
Resultados de Ogliari *et al.* (2019) reforçam a relevância do NDVI, em sua análise de pastagens com taxa de lotação variável para novilhas de corte, o autor verificou que o desvio-padrão das medidas de NDVI foi eficaz em evidenciar variações no dossel das forrageiras, demonstrando a sensibilidade do índice para o monitoramento de áreas forrageiras.

A Figura 3 apresenta a análise temporal da pastagem monitorada no primeiro quadrimestre de 2024, utilizando dados de NDVI, precipitação acumulada e soma térmica (°C, graus-dias). Ressalta-se que as imagens de NDVI não podem ser obtidas em datas exatas, uma vez



que sua disponibilidade depende da ausência de cobertura de nuvens. Embora o período de análise tenha sido de 120 dias, algumas séries temporais extrapolam esse intervalo devido à periodicidade das passagens do satélite Sentinel-2, garantindo, assim, melhor visualização da dinâmica da vegetação.

Figura 3: "Análise Espaço-Temporal do Índice NDVI com Base em Variáveis Climáticas no Período de 10/jan a 19/abr de 2024. 1º quadrimestre.



Fonte: OneSoil web 2025. Imagem de mapa mostrado a comparação da distribuição espacial do índice NDVI ao longo do primeiro quadrimestre de 2024, demonstrando as variações temporais do vigor da forrageiras na pastagem.

Durante o primeiro quadrimestre de 2024 (10 de janeiro a 14 de maio), correspondente a um período de 126 dias, os valores do NDVI variaram entre 0,30 e 0,58 em janeiro, alcançando entre 0,48 e 0,83 em abril. Essa variação indica um aumento progressivo da produção de biomassa forrageira, sugerindo maior crescimento e intensificação da atividade fotossintética ao longo do tempo. As imagens analisadas também evidenciaram momentos de redução significativa da cobertura vegetal, seguidos por uma recuperação gradual, perceptível pela transição de pixels em tons de vermelho para amarelo e verde-claro.



Segundo Serrano et al. (2024), o uso de ferramentas de código aberto, como os dados gratuitos disponibilizados pelo satélite Sentinel-2, favorece a tomada de decisões no manejo de pastagens, incluindo ajustes na taxa de lotação animal e estratégias de controle do pisoteio.

Complementarmente, o estudo de Lima *et al.* (2023) investigou a estimativa da biomassa de pastagens por meio do NDVI, destacando sua relevância como ferramenta de apoio para agricultores familiares. Os autores ressaltaram que sensores proximais utilizados na medição do índice podem sofrer influência da altura da pastagem, já que forrageiras mais baixas tendem a afetar a precisão das estimativas de biomassa.

A evolução do NDVI durante os 126 dias foi representada em gráfico, que evidenciou oscilações no vigor vegetativo ao longo do período. O valor médio final do índice foi de 0,62, indicando condições de vigor moderado a alto. Associados a esses resultados, a precipitação acumulada totalizou 587 mm e a soma térmica atingiu 2.136 °C (graus-dia).

Esses fatores climáticos mostraram-se determinantes para o desempenho da vegetação, uma vez que a maior disponibilidade hídrica, associada à elevação gradual das temperaturas, favoreceu a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o aumento da biomassa forrageira.

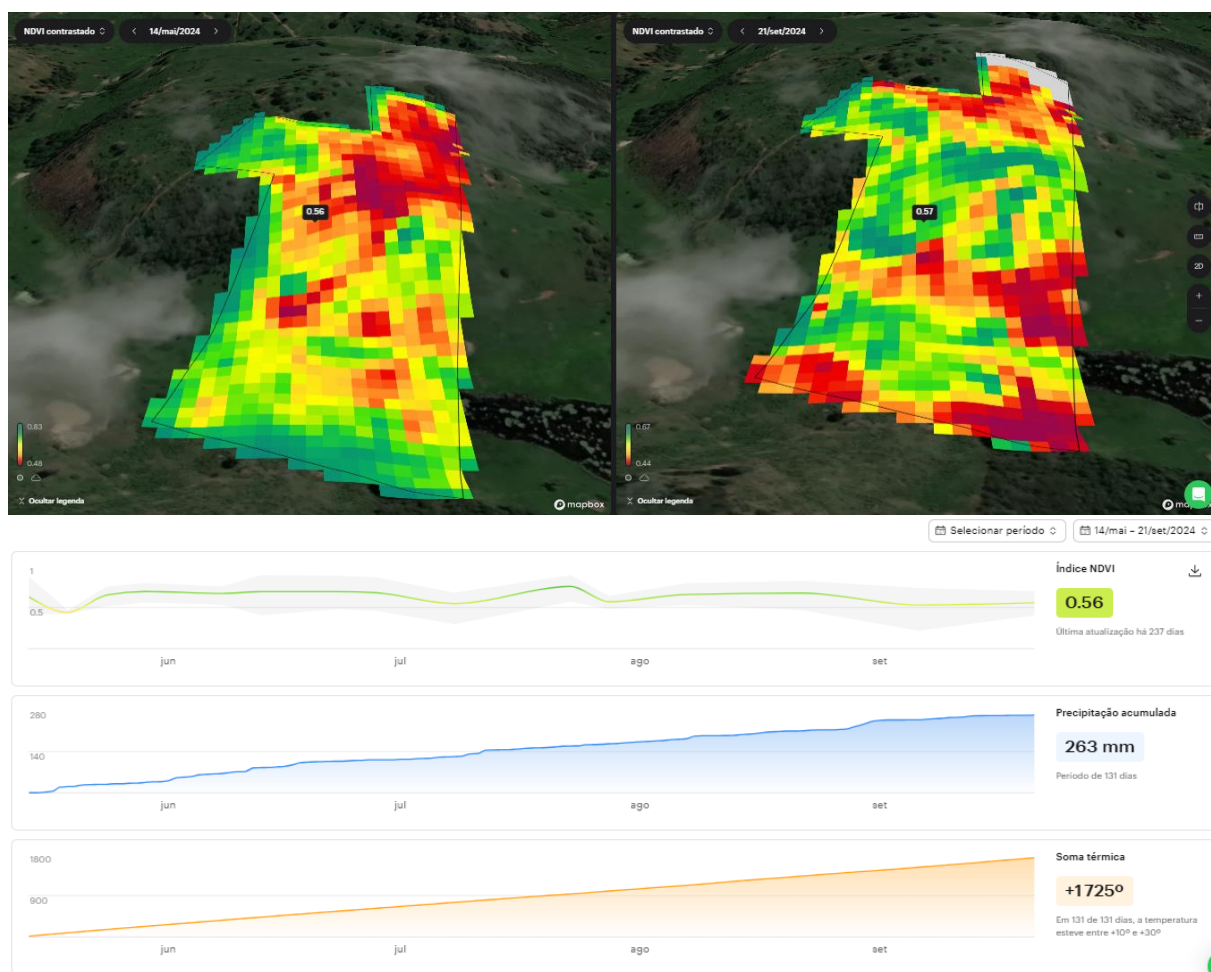
De acordo com Júnior e Adese (2004), a produção de biomassa em pastagens está diretamente relacionada à atividade fotossintética, a qual depende da disponibilidade de água e nutrientes no solo.

Além disso, fatores como intensidade e frequência de desfolha, bem como a variação da temperatura, regulam a atividade meristemática das plantas. O aumento da temperatura estimula o alongamento foliar, enquanto temperaturas mais baixas reduzem a assimilação de CO₂, comprometendo o crescimento vegetativo.

A Figura 4 apresenta a análise temporal do segundo quadrimestre (14 de maio a 21 de setembro de 2024). Os resultados indicam menor desenvolvimento da biomassa forrageira, associado à redução da atividade fotossintética, refletida na queda do valor médio do NDVI.



Figura 4: Variação espaço-temporal do índice NDVI associada à precipitação e à soma térmica entre 14 de maio e 21 de setembro de 2024 (2º quadrimestre).



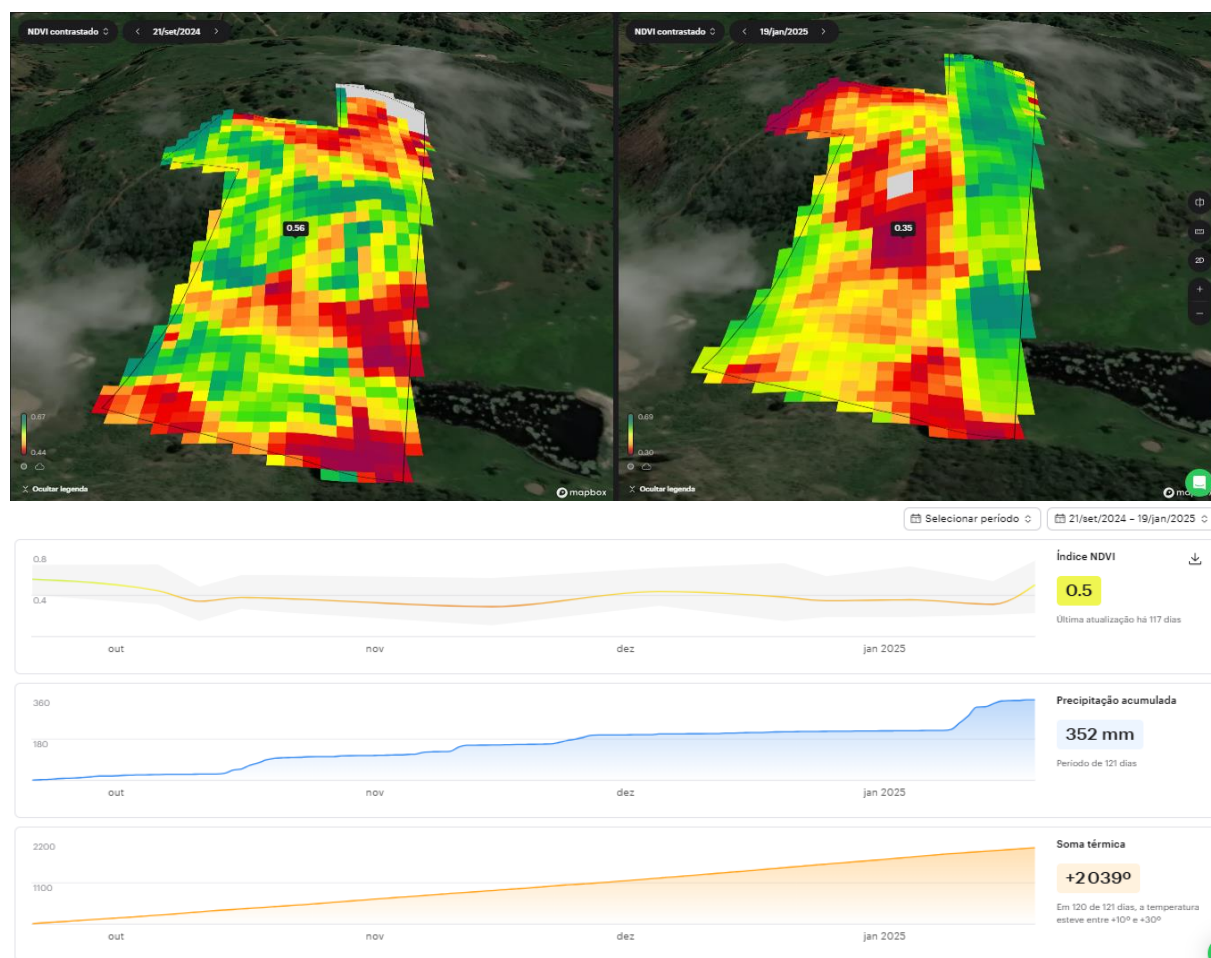
Fonte: OneSoil web 2025. Imagem de mapa mostrado a comparação da distribuição espacial do índice NDVI ao longo do segundo quadrimestre de 2024, demonstrado as variações temporais do vigor das forrageiras na pastagem.

Durante o segundo quadrimestre, o valor médio do NDVI foi de 0,56, indicando um vigor vegetativo moderado. A precipitação acumulada no período atingiu 253 mm, distribuída de forma relativamente uniforme, o que contribuiu para a manutenção da umidade do solo. A soma térmica registrada foi de 1.725 °C, favorecendo o desenvolvimento das plantas e garantindo relativa estabilidade na produção de biomassa forrageira.

No terceiro quadrimestre (21 de setembro de 2024 a 19 de janeiro de 2025), verificou-se uma redução significativa no vigor da vegetação, evidenciada pelo aumento de pixels em tonalidades vermelha e amarela nas imagens de NDVI. Esses padrões indicam menor densidade de biomassa e possível exposição do solo. O valor médio do NDVI caiu para 0,50, o mais baixo entre os períodos analisados, caracterizando um vigor vegetativo de moderado a baixo (Figura 5).



Figura 5: Análise Espaço-Temporal do Índice NDVI com Base em Variáveis Climáticas no Período de 21/set/2024 a 19/jan de 2025. 3º quadrimestre.



Fonte: OneSoil web 2025. Imagem de mapa mostrado a comparação da distribuição espacial do índice NDVI ao longo do terceiro quadrimestre de 2024, demonstrando as variações temporais do vigor das forrageiras na pastagem.

Apesar da precipitação acumulada ter alcançado 352 mm, um volume considerado razoável, sua má distribuição ao longo do quadrimestre, concentrando-se mais intensamente no final do período, associada ao excesso de calor e à pressão de pastejo, provavelmente contribuiu para o estresse hídrico da vegetação. Esses fatores combinados impactaram negativamente os valores do NDVI, refletindo na redução da cobertura vegetal e na menor produtividade da pastagem.

Embora as condições térmicas tenham sido favoráveis, a ausência de controle no manejo animal com entradas e saídas sem delimitação clara pode ter comprometido o vigor vegetativo, resultando em valores de NDVI classificados como moderados. As imagens analisadas também evidenciam a perda gradual de vigor ao longo do quadrimestre, reforçando os efeitos adversos do manejo inadequado.



Ao longo dos três quadrimestres analisados, verificou-se uma tendência de declínio progressivo no valor médio do NDVI: 0,62 no primeiro, 0,56 no segundo e 0,50 no terceiro (Quadro 1). Essa redução está associada, sobretudo, a fatores antrópicos relacionados ao manejo inadequado da pastagem, como o pastejo contínuo, a ausência de rotação de áreas e a falta de controle da taxa de lotação animal, que comprometeram a capacidade de recuperação da biomassa forrageira.

Quadro 1: Síntese do vigor vegetativo (NDVI), da precipitação acumulada e da soma térmica ao longo de três quadrimestres consecutivos no município de Coração de Maria, Bahia (2024–2025).

Quadrimestre	Período	Dias de Avaliação	NDVI Médio	Precipitação (mm)	Soma Térmica (°C. graus dias)	Avaliação Geral
1º quadrimestre	10/01 à 14/05/2024	126	0,62	587 mm	(+2.136°C)	Vigor elevado; Ótima chuva e calor. Indica fase de crescimento ativo
2º quadrimestre	14/05 à 21/09/2024	131	0,56	263 mm	(+1.725°C)	Vigor moderado; Chuva e calor limitados.
3º quadrimestre	21/09/24 à 19/01/2025	121	0,50	352 mm	(+2.039°C)	Vigor intermediário a baixo; Boa temperatura, porém chuvas irregulares. Indica possível senescência da biomassa da vegetação forrageira

Fonte: Própria, OneSoil web 2024. **NDVI médio:** Índice de vegetação normalizada, 0 (sem vegetação) variado até 1 (vegetação densa e saudável); **Precipitação (mm):** Total acumulada de chuva no quadrimestre; **Soma térmica: (°C graus):** Acúmulo de calor acima da temperatura do período de avaliação.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam o potencial do NDVI como ferramenta estratégica de monitoramento contínuo do vigor vegetativo, permitindo identificar variações no desempenho da pastagem e os impactos diretos de fatores climáticos e antrópicos. A análise evidencia que práticas inadequadas de manejo, como o pastejo contínuo e a ausência de rotação de áreas, associadas à irregularidade das chuvas, aceleram o processo de degradação e reduzem a produtividade forrageira. Nesse contexto, o uso do NDVI possibilita subsidiar ajustes no manejo, no planejamento da taxa de lotação e na adoção de práticas conservacionistas, contribuindo para a sustentabilidade da pecuária e para a preservação dos recursos naturais.

No primeiro quadrimestre (jan–mai/2024), registrou-se o maior valor médio do NDVI (0,62), associado à elevada pluviosidade (587 mm) e à soma térmica acumulada de 2.136 °C, condições favoráveis ao crescimento vegetal. Entretanto, o manejo inadequado da pastagem, sobretudo a ausência de períodos de descanso, pode ter limitado o pleno aproveitamento desse cenário climático positivo.



No segundo quadrimestre (mai–set/2024), o NDVI reduziu para 0,56, indicando vigor vegetativo moderado. Apesar da menor precipitação (263 mm), sua distribuição relativamente uniforme, aliada à soma térmica de 1.725 °C, contribuiu para a manutenção da atividade fotossintética.

De acordo com Barbieri *et al.* (2013), sistemas de pastejo mais frequentes favorecem a rebrota das forrageiras e o acúmulo de matéria verde, o que pode justificar a sustentação do NDVI mesmo em condições hídricas menos favoráveis.

No terceiro quadrimestre (set/2024–jan/2025), observou-se o menor valor médio do NDVI (0,50), reflexo da irregularidade das chuvas (352 mm) e da pressão excessiva de pastejo.

Apesar da soma térmica elevada (2.039 °C), a má distribuição da precipitação, associada à ausência de manejo adequado (como rotação de áreas ou controle da lotação), resultou em estresse hídrico, perda de vigor e avanço da senescência da pastagem.

O estudo de Barbieri *et al.* (2013) reforça essa interpretação ao demonstrar que pastagens submetidas a maior frequência de pastejo, mesmo sob menor soma térmica (375 °C), apresentaram maior reflectância devido ao predomínio de matéria verde. Em contrapartida, áreas com menor frequência de pastejo e maior acúmulo de material seco (750 °C) apresentaram reflectância reduzida. Essa evidência auxilia a explicar a manutenção de valores moderados de NDVI no segundo quadrimestre, em que a rebrota induzida pelo pastejo pode ter compensado parcialmente as limitações hídricas e térmicas.

CONCLUSÕES

Ao longo dos três quadrimestres analisados, observou-se uma tendência de declínio progressivo do NDVI, passando de 0,62 no primeiro, para 0,56 no segundo e 0,50 no terceiro quadrimestre, refletindo uma redução gradual do vigor vegetativo da pastagem.

Essa dinâmica evidencia que, embora fatores climáticos, como precipitação e soma térmica, tenham influenciado positivamente a atividade fotossintética, o manejo inadequado da pastagem, incluindo a falta de períodos de descanso, controle de lotação e rotação de áreas, foi determinante na perda de vigor e na degradação da biomassa forrageira.

O monitoramento contínuo por meio do NDVI mostrou-se essencial para subsidiar decisões de manejo, permitindo identificar rapidamente áreas sob estresse hídrico ou pressão de pastejo, otimizar a produtividade forrageira e promover práticas sustentáveis na agricultura familiar.

Os resultados demonstram que, mesmo com recursos limitados, é possível realizar um acompanhamento eficaz da biomassa, favorecendo decisões mais assertivas quanto ao descanso



das áreas, controle da lotação animal e prevenção da degradação do solo, aspectos essenciais à sustentabilidade das pequenas propriedades.

Este trabalho também reforça que a agricultura familiar não depende exclusivamente de políticas públicas para avançar tecnologicamente. Com um simples smartphone e acesso à internet, os produtores podem assumir um papel protagonista na utilização de tecnologias digitais, promovendo um manejo mais eficiente, econômico e ambientalmente responsável.

Nesse contexto, o aplicativo OneSoil surge como uma ponte entre a ciência e a prática cotidiana no campo, fortalecendo a autonomia dos agricultores e ampliando a adoção de práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. M.; RIBEIRO, J. R. C.; SALES, M. C. L. A aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da área de influência direta do açude castanhão. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**. Sobral, CE, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro. V.21, n.2, p. 674-685. Set. 2019. Disponível em: <<https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/602/428>>. Acesso em: 26 maio. 2025.

ARAÚJO, T. M. F.; CLEMENTINO, V. D. R. Análise do uso de inovações tecnológicas pela agricultura familiar: Uma revisão sistemática de literatura. **Revista de estudos interdisciplinares**. Campinas, SP. V.6, n.3, p. 1-25. Jan./ dez. 2024. Disponível em: <Vista do ANÁLISE DO USO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PELA AGRICULTURA FAMILIAR>. Acesso em: 23 maio. 2025.

BARICHELO, D. L. **Agricultura 5.0: Inovações, trajetória da agricultura brasileira e os desafios climáticos**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria - (UFSM). 2023. Disponível em: <Barichello_Diana_Luisa_2023_TCC.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2025.

BARBIERI, D. W.; KUPLICH, T. M.; MOREIRA, A.; MARTINS, R. F.; QUADROS, F. L. F.; BARBIERI, C. W. ANAIS DO XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13 a 18 de abril de 2013, Foz do Iguaçu-PR **Avaliação de diferentes tipos de manejo de pastagem natural utilizando valores de reflectância coletados com espectrorradiômetro**. Paraná: SBSR, 2013. Disponível em: <Instruções aos Autores de Trabalhos para o X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto>. Acesso em: 23 maio. 2025.

BELLINGHINI, R. H. **Pequenas Histórias De Plantar e de Colher** [s.l.]. Associação Nacional de Defesa Vegetal (Andef). 2013. Disponível em: <plantar_colher06mar.pdf>. Acesso em: 22 maio. 2025 setembro. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 25 jul. 2006. Disponível em: <Lei nº 11.326>. Acesso em: 26 maio. 2025.



BRASIL. **Lei nº 14.828, de 20 de março de 2024.** Altera a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 mar. 2024. Disponível em: <L14828>. Acesso em: 26 maio. 2025.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. A Evolução da Agricultura no Mundo: Da Gênese Até os Dias Atuais. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium.** Ituiutaba, MG, Universidade Federal de Uberlândia. V.8, n.1, p. 136-146. Jan./ Jun. 2017. Disponível em: <A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais | Brazilian Geographical Journal>. Acesso em: 22 maio. 2025.

CRUSIOL, L. G. T. *et al.* **50 anos do NDVI: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital.** Londrina, PR: Embrapa Soja 2024. Disponível em: <Infoteca-e: 50 anos do NDVI: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital.>. Acesso em: 22 maio. 2025 setembro. 2024.

CRUZ, L. E. C.; FILIPPINI, J.; PILLON, C. N. In: V ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **A Inclusão da agricultura de precisão na agricultura familiar.** Pelotas, RS: Embrapa, 2015. Disponível em: <V-Iniciacao-Cientifica-com-capa.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2025.

EMBRAPA.; SUDENE. **Levantamento exploratório Reconhecimento dos solos do estado da Bahia.** Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS; Recife: SUDENE, 1973. Disponível em: <solosne.cnps.embrapa.br/index.php?link=ba>. Acesso em: 27 maio. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Altas do espaço rural brasileiro. In: **Perfil demográfico e socioeconômico do produtor.** 2ºed. Rio de Janeiro, RJ: editora IBGE, 2020, 321p. Disponível em: <01_00_Texto.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Altas do espaço rural brasileiro. In: **Agricultura Familiar.** 2ºed. Rio de Janeiro, RJ: editora IBGE, 2020, 321p. Disponível em: <11_00_Texto.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2025.

INFOSANBAS. **Coração de Maria-BA.** [S.l.]: Infosanbas, [2023?]. Disponível em: <Coração de Maria - BA - Infosanbas>. Acesso em: 27 maio. 2025.

JÚNIOR, D. N.; ADESE, B. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. **Acúmulo de Biomassa na Pastagem.** 2004. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 85–104. Disponível em: <Microsoft Word - Acumulo de biomassa na pastagem_FINAL>. Acesso em: 27 maio. 2025.

KOPPEN BRASIL. **Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros.** [S.l.]: GitHub Pages, 2025. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 27 maio. 2025.

LEIVAS, J.; TEIXEIRAS, A. H. C.; TAKEMURA, C.; GARÇON, E. A. In: **Análise da dinâmica temporal de índices de vegetação NDVI, EVI, SAVI e IRECI através de imagens Sentinel-2a e modis.** Editora científica digital, 2022. Cap.25, p.332-343. Ciências Agrárias: O avanço da Ciência no Brasil. Disponível em: <220709585.pdf>. Acesso em: 23 maio. 2025.



LIMA, A. F.; SILVA, E. G. A.; IWATA, B. F. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Retratos de Assentamentos**. Araraquara, SP. v.22, n.1, p. 50-68. Fev./ Jul. 2019. Disponível em: <Vista do Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura>. Acesso em: 22 maio. 2025.

LIMA, C. S. **Uso do NDVI para estimativa da biomassa de pastagens de inverno no município de Vacaria-RS**. 2023. 51f. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão). Universidade Federal de Santa Maria (UFMS). Santa Maria, RS, 2023. Disponível em:<repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/30610/DIS_PPGAP_2023_LIMA_CAROLINE.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 27 maio. 2025.

MALAQUIAS, F. S. S.; TEIXEIRA, L. M. S.; PARENTE, L. P.; FERREIRA, L. G. F. ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14 a 17 de abril de 2019, Santos-SP. **Atlas digital das pastagens brasileiras: dados e informações sobre a maior classe de uso da terra do brasil**. São Paulo: SBSR, 2019. Disponível em: <[anaís do xix simpósio brasileiro de sensoriamento remoto] atlas digital das pastagens brasileiras: dados e informações sobre a maior classe de uso da terra do brasil | Galoá Proceedings >. Acesso em: 26 maio. 2025.

MAP BIOMAS. **Território 31935**. Plataforma MapBiomass Brasil. [S.l.]: MapBiomass, 2023. Disponível em: <Plataforma - MapBiomass Brasil>. Acesso em: 27 maio 2025.

MARTINI, L. C. P.; SOUZA, M. Geotecnologias de acesso livre aplicáveis à agricultura familiar de precisão. **Revista Brasileira de Geomática**. Curitiba, PR. v. 12, n. 2, p. 197-218, jul./dez. 2024. Disponível em: <Geotecnologias de acesso livre aplicáveis à agricultura familiar de precisão | Martini | Revista Brasileira de Geomática>. Acesso em: 26 maio. 2025.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; Agro à agricultura digital. In: **JC na escola ciência, tecnologia e sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil**. 2ºed. São Paulo. Revista geográfica. 2017, P.28-35. Disponível em: <PL-Agro4.0-JC-na-Escola.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2025.

MENDES, J.; PINHO, T. M.; SANTOS, F. N.; SOUSA, J. J.; PERES, E.; CUNHA, J. B.; CUNHA, M.; MORAIS, R. Aplicações para Smartphones Visando Práticas de Agricultura de Precisão Uma Revisão Sistemática. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI): Agronomia**. Basileia, Suíça. v.10, ed.6, jun. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/6/855>. Acesso em: 22 maio. 2025.

NETO, F. S. S.; DANIELICHEN, V, H, M. Estudo do Uso de Índices de Vegetação nas Culturas do Brasil. **Uniciências**, v.26, n.2, 2022, p.100-107. Jun. 2022. Disponível em: <Vista do Estudo do Uso de Índices de Vegetação nas Culturas do Brasil >. Acesso em: 22 maio. 2025 setembro. 2024.

NODARI, A. M. **Análise dos impactos do modelo Revolução Verde: Caso dos agricultores familiares do município de Medianeira, Paraná**. Foz do Iguaçu, PR: Universidade Federal da Integração Latino Americana, 2018. Disponível em: <content>. Acesso em: 23 maio. 2025.

OGLIARI, D. G. P.; FORTANA, D. C.; BREMM, C.; CARVALHO, P. C. F. ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14 a 17 de abril de 2019,



Santos-SP. **NDVI como indicador de diferenças na estrutura da vegetação em pastagens naturais do bioma pampa**. São Paulo: SBSR, 2019. Disponível em: <[anais do xix simpósio brasileiro de sensoriamento remoto] ndvi como indicador de diferenças na estrutura da vegetação em pastagens naturais do bioma pampa | galoá proceedings>. Acesso em: 23 maio. 2025.

OLIVEIRA, M. S. M. **Agricultura 5.0 e suas tecnologias: O uso de drones na agricultura**. Sananduva, RS: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <tcc_ii_marieli_machado.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2025.

ONE SOIL. **OneSoil Website**. 2024. Disponível em: <<https://OneSoil.ai>>. Acesso em: 26 maio. 2025.

PASSOS, A. O. **Índices de Reflectância, NDVI e EVI como Indicadores de Níveis de Degradação das Pastagens Tropicais**. 2021. 55f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo, SP, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/70ab6dbb-2762-4ce6-a650-27f2f7361cfb/content>>. Acesso em: 22 maio. 2025.

SALASAN, C.; KOUTSOURIS, A.; KARAMPELA, S.; VÉR, A. Agriculture knowledge transfer and delivery supported by digital technologies for remote learning and problem solving. **Scientific Journal Published by School of Economics and Business Mongolian University of Life Sciences**. [s.l.]. v.12, [s.n], p. 11-17, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357736921_Agriculture_knowledge_transfer_and_delivery_supported_by_digital_technologies_for_remote_learning_and_problem_solving>. Acesso em: 27 maio. 2025.

SERRANO, J.; SHAHIDIAN, S.; PAIXÃO, L.; SILVA, J. M.; PANIÁGUA, L. L. Avaliação da Qualidade de Pastagens por meio de NDVI Obtido por Sensoriamento Remoto: Um estudo de validação no ecossistema silvo-pastoril mediterrâneo. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**. Agricultura. Basileia, Suíça. v.14, ed.8, agos. 2024. Disponível em: <Pasture Quality Assessment through NDVI Obtained by Remote Sensing: A Validation Study in the Mediterranean Silvo-Pastoral Ecosystem>. Acesso em: 22 maio. 2025.

SILVA, H.; SANTOS, L. L. A contribuição da tecnologia da informação na agricultura para o desenvolvimento sustentável. **Revista Ciência & Trópico**. [s.l.]. Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional. v.48, n.2, p.191-210. Dez. 2024. Disponível em: <Vista do A contribuição da Tecnologia da Informação na Agricultura para o Desenvolvimento Sustentável>. Acesso em: 26 maio. 2025.

SILVA, R. P.; SANTOS, G. R.; VIAN, C. E. F. Agricultura familiar: Perda de mercados e sinais de mudanças na pauta produtiva. **Ipea-RADAR: Agricultura**. Brasília, DF, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. v.1, n.73, p.19-24. Ago. 2023. Disponível em: <Radar_73_Art3_Agricultura_familiar.pdf>. Acesso em: 25 Maio. 2024.

SOUZA, P. M.; FORNAZIER, A.; SOUZA, H. M.; PONCIANO, N. J. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF. V.57, n.4, p. 594-617. Out-Dez. 2019. Disponível em: <scielo.br/j/resr/a/3fR_Gp9DWRgFwKKqj59BT85J/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 maio. 2025 setembro. 2024.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Atlas das Pastagens**. Goiânia: UFG, 2023. Disponível em: <<https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>>. Acesso em: 26 maio 2025.

VIOLA, E.; MENDES, V.; Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **ANPPAS-Ambiente & Sociedade**. São Paulo, SP. v.25, 2022, p.1-20. Disponível em: <scielo.br/j/asoc/a/Bwg7NVTs5kcrK6WRxbqh4LS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 maio . 2025.

ZAMBENEDETTI, L.; OLIVEIRA, L. R.; SANTOS, M. S.; LAZAROTTO, E. C.; MARZALL, L. F. In: **Agricultura e agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável**. Editora científica digital, 2021. Cap.25. Revolução verde: História e impactos no desenvolvimento agrícola. Disponível em: <[210705219.pdf](#)>. Acesso em: 23 maio. 2025.

