



*Campus Ariquemes*  
**Coordenação do Curso Bacharel em Agronomia**

**OSÉIAS ROSARIO SANTOS**

**CORRELAÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E PARÂMETROS BIOFÍSICOS  
DE PASTAGEM DETERMINADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM  
PASTAGEM**

Ariquemes - RO

2025

**OSÉIAS ROSÁRIO SANTOS**

**CORRELAÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E PARÂMETROS BIOFÍSICOS  
DE PASTAGEM DETERMINADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM  
PASTAGEM**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação do professor Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira e coorientação da professora Luciane da Cunha Codognoto.

Ariquemes - RO

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

S237

Santos, Oséias Rosário.  
Correlação espacial da produtividade e parâmetros biofísicos de  
pastagem determinados por índices de vegetação em pastagem /  
Oséias Rosário Santos. - Ariquemes, 2025.  
25 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira.  
Coorientador(a): Luciane da Cunha Codognoto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia -  
IFRO, Ariquemes, 2025.

1. Variabilidade espacial. 2. Geoestatística. 3. Produção de  
pastagens. 4. NDVI em pastagens. I. Oliveira, Ivanildo Amorim de  
(orient.). II. Codognoto, Luciane da Cunha (coorient.). III. Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV.  
Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Renilce Silva Moraes, CRB-11/906

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
RONDÔNIA CAMPUS ARIQUEMES**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**Correlação espacial da produtividade e parâmetros biofísicos de pastagem  
determinados por índices de vegetação em pastagem**

**Acadêmico: Oseias Rosario Santos**

**Orientador: Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira**

**Coorientadora: Luciane da Cunha Codognoto**

**Conceito Atribuído: Aprovado.**

---

**Ivanildo Amorim de Oliveira**  
**Orientador**

---

**Luciane da Cunha Codognoto**  
**Coorientadora**

---

**Acácio Bezerra de Mira**  
**Membro da Banca**

---

**Milton César Costa Campos**  
**Membro da Banca**

**Data da Realização: 27/ 05/ 2025**

**Ariquemes – RO**  
**2025**

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos em primeiro lugar são para Deus, que me capacitou a finalizar esse curso, me dando sabedoria e força, em segundo lugar a minha família por todo apoio e ajuda. Tenho muita gratidão a grandes amigos, Daniel Guibson, Geovane Gabriel, Enos Araújo e todos os companheiros que fizeram parte da minha trajetória como acadêmico.

# **CORRELAÇÃO ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE E PARÂMETROS BIOFÍSICOS DE PASTAGEM DETERMINADOS POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO**

## **RESUMO**

No Brasil, grande parte da atividade pecuária do país é baseada em sistemas de alimentação a pasto. A taxa de lotação é o problema mais importante no manejo de pastagens, sendo que determinar a capacidade de suporte adequada, momentaneamente, é fundamental para manter a qualidade da pastagem. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a correlação espacial entre a produtividade da pastagem com índices de vegetação, utilizando técnicas avançadas de sensoriamento remoto na região do Vale do Jamari, Rondônia. O trabalho foi realizado em solo sob cultivo de pastagem na região do Vale do Jamari, em área experimental do Instituto Federal de Rondônia - *Campus* Ariquemes. Para a coleta de pastagem foi utilizado um grid amostral pré-definido de com espaçamentos regulares de 75 m, perfazendo um total de 15 pontos amostrais na malha. As variáveis analisadas foram massa seca, massa verde, altura, densidade volumétrica de forragem (DVF) e umidade. Além da coleta biomassa, foi realizado o imageamento um dia antes da coleta de pastagem para a construção da ortofoto do dossel da pastagem através de um sensor multi-espectral acoplado ao drone DJI Mavic 3. Os dados da pastagem foram avaliados por técnicas de estatística descritiva e geoestatísticas. A pastagem estudada apresentou médias de 1.374,92 kg ha<sup>-1</sup> e 37,73 cm para massa seca e altura, respectivamente. As variáveis estudadas obtiveram melhor representatividade pelo modelo esférico e apresentara patamar definido. Ainda, o NDVI possui alta correlação com a massa seca e massa verde da pastagem e moderada correlação com a altura e DVF.

**Palavras-chave:** Variabilidade espacial. Geoestatística. Produção de pastagens. NDVI em pastagens.

## **SPATIAL CORRELATION OF PRODUCTIVITY AND BIOPHYSICAL PARAMETERS OF PASTURE DETERMINED BY VEGETATION INDEXES**

### **ABSTRACT**

In Brazil, a large part of the country's livestock activity is based on pasture-feeding systems. Stocking rate is the most important issue in pasture management, as determining the appropriate carrying capacity at any given time is essential for maintaining pasture quality. Thus, the objective of this study is to evaluate the spatial correlation between pasture productivity and vegetation indices, using advanced remote sensing techniques in the Vale do Jamari region, Rondônia. The study was conducted on pasture-cultivated soil in the Vale do Jamari region, in experimental areas of the Instituto Federal de Rondônia - *Campus* Ariquemes. For pasture sampling, a predefined sampling grid with regular 75-meter spacing was used, totaling 15 sample points across the grid. The analyzed variables included dry mass, green mass, height, forage bulk density (FBD), and moisture. In addition to biomass collection, imaging was carried out one day before pasture sampling to construct an orthophoto of the pasture canopy using a multispectral sensor attached to a DJI Mavic 3 drone. Pasture data were analyzed using descriptive statistics and geostatistical techniques. The studied pasture exhibited average values of 1,374.92 kg ha<sup>-1</sup> for dry mass and 37.73 cm for height. The analyzed variables were best represented by the spherical model, which displayed a defined threshold. Furthermore, the NDVI showed a strong correlation with pasture dry mass and green mass and a moderate correlation with height and FBD.

**Keywords:** Spatial variability. Geostatistics. Pasture Production. NDVI in pastures.

## INTRODUÇÃO

A importância da forragem vegetal como base da produção de proteína animal é indiscutível, destacada pela sua alta produtividade e capacidade de acumulação de massa (BARBERO et al., 2021). Diante disso, a busca por um manejo mais eficiente da forragem requer um sistema de planejamento, que assegure o uso adequado dos recursos e viabilize a produtividade do sistema. Métodos de manejo adequados podem mitigar a degradação das pastagens. Por exemplo, a lotação contínua permite aos animais acesso irrestrito a toda a área de pastagem, sem piquetes ou períodos de descanso, o que frequentemente leva ao estresse da pastagem. Em contrapartida, a lotação rotacionada oferece uma abordagem mais eficiente, alternando períodos de pastejo e descanso em diferentes piquetes. Essa prática promove a recuperação da pastagem, melhora o controle de pragas e aumenta a produtividade por unidade de área (ANDRADE et al., 2017; LIMA et al., 2017).

A FAO (2021), destaca que para atender à crescente demanda alimentar, especialmente nos países em desenvolvimento, a produção agrícola global deverá aumentar substancialmente. Estima-se que, esse aumento deva variar entre 60% a 110%, com uma demanda ainda mais acentuada por proteína animal, projetada para crescer em torno de 96% nesses países. Nesse sentido, o aumento da produção agrícola de maneira sustentável, especialmente em áreas já consolidadas para esse fim, emerge como a melhor solução para enfrentar o conflito entre a expansão agrícola e a conservação ambiental, conforme ressaltado por Scherer et al. (2019).

No contexto atual do cenário agropecuário, com o significativo aumento das exportações de proteína animal para o exterior, o estado de Rondônia é o 6º maior exportador de carne bovina brasileira para a China. Atualmente, sua rede de exportação conta com 40 países e só o setor de carne bovina representa o total de R\$ 949.054.278,00 (MAPA, 2023). No entanto, grande parte das propriedades na região ainda emprega baixo nível tecnológico, negligenciando o manejo adequado do solo e contribuindo para sua degradação (MOREIRA e MALAVOLTA, 2004), em razão da alta taxa de lotação nestas áreas produtoras.

Neste contexto, Walker (1995) identifica a taxa de lotação como o problema mais importante no manejo de pastagens, sendo que determinar a capacidade de suporte adequada, momentaneamente, é fundamental para manter a saudabilidade da pastagem, uma vez que, os princípios do manejo de pastagem, como cronograma, distribuição, tipo de gado e taxa de lotação não mudarão, a maneira como se gerencia mudará melhorando a capacidade de monitorar a vegetação. Nesse sentido, as geotecnologias desempenham um papel fundamental na coleta, processamento e interpretação de informações sobre o ambiente agrícola.

O sensoriamento remoto (SR), em particular, tem se destacado dentre as geotecnologias na agricultura de precisão, permitindo o mapeamento da variabilidade espacial de fatores vegetativos e a aplicação de práticas de manejo localizado (BERTOLIN et al., 2017). Com o SR, o uso de índices de vegetação, como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Aprimorado (EVI) e Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), tem demonstrado eficácia na estimativa da produtividade das culturas e na detecção de variações na vegetação (PINTO et al., 2017).

O NDVI é amplamente utilizado, caracterizando a vegetação através da razão entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho visível. Este índice baseia-se no fato de que vegetações mais densas e vigorosas refletem maiores quantidades de infravermelho próximo e absorvem mais luz visível. Por outro lado, quando a vegetação é menos vigorosa ou dispersa, há maiores quantidades de luz visível refletida e menor reflectância no infravermelho próximo (PINGUELLO et al., 2020).

Em seu trabalho, Kafer et al. (2016) avaliando a caracterização espectral e NDVI de espécies florestais de determinadas famílias, observaram a possibilidade de até mesmo distingui-las através dos valores de NDVI, concluindo que o NDVI atuou como um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a correlação espacial entre a produtividade da pastagem com índices de vegetação, utilizando técnicas avançadas de sensoriamento remoto na região do Vale do Jamari, Rondônia, uma vez que a área foliar tem uma grande correlação com o acúmulo de massa verde e alta taxa de reflectância.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi realizado em área sob cultivo de pastagem na região do Vale do Jamari, nas áreas experimentais do Instituto Federal de Rondônia - *Campus Ariquemes*, situado nas coordenadas geográficas 9°57'08.9"S e 62°57'26.6"W, com altitude média de 135 m (Figura 1). O município está localizado na porção centro – norte do estado de Rondônia, com o clima, segundo classificação de Köppen, pertencente ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), e tipo climático Aw1, transição entre os tipos Af e Aw, quente e úmido (chuvas do tipo monção com maiores quedas pluviométricas processadas no outono) apresentando um período seco de pequena duração, como entre 3 e 4 meses com precipitação abaixo de 60 mm (CARVALHO et al., 2016).

A temperatura varia em torno de 25,6°C, a precipitação pluvial média anual é em torno de 2290 mm, e a umidade relativa do ar apresenta uma média de 81,0% (CARVALHO et al., 2016) e o solo foi classificado como Latossolo Amarelo (SANTOS et al., 2018) (Figura 1).

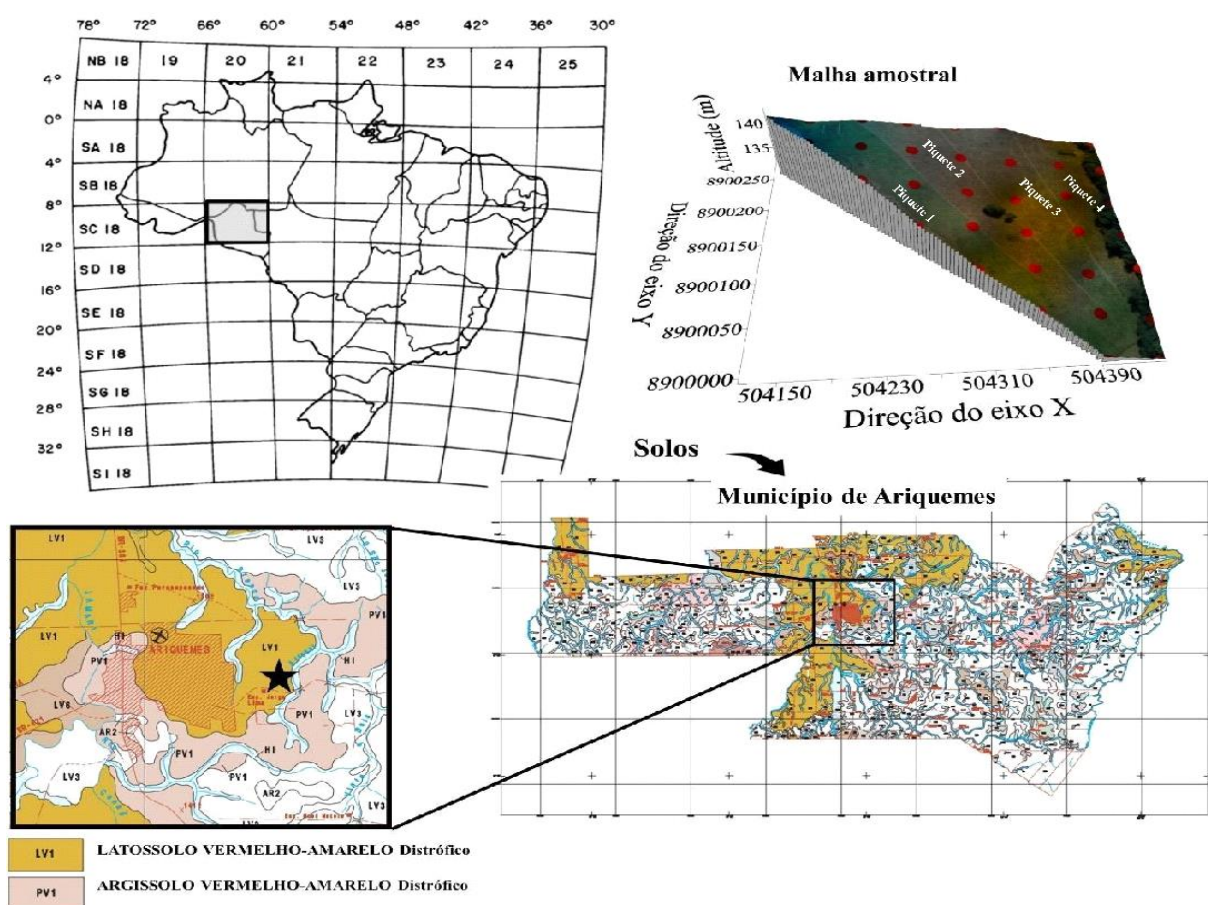


Figura 1. Mapa de localização mostrando o esquema de amostragem das classes de solos na região do vale do Jamari. Fonte: Adaptado de BRASIL (1978) e IBGE (2008); Embrapa (1998).

É importante destacar que a cobertura vegetal predominante consiste em Floresta Tropical Densa de climas quentes úmidos e superúmidos, caracterizada principalmente por suas imponentes árvores, algumas alcançando mais de 50 metros de altura. Elas formam um estrato arbóreo uniforme entre 25 e 35 metros de altura. Além disso, há a presença de Floresta Tropical Aberta, onde as árvores são espaçadas e frequentemente encontram-se agrupamentos de palmeiras, juntamente com uma grande quantidade de fanerófitas sarmentosas, que se entrelaçam nas árvores e cobrem completamente o estrato inferior (BRASIL, 1978).

#### METODOLOGIA DE CAMPO

Na área cultivada com pastagem de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), o solo foi corrigido e adubado no ano de 2019, sendo aplicado calcário para correção da acidez e a adubação realizada para suprir a demanda nutricional para a cultura do milho, sendo que, a pastagem foi cultivada após a retirada da cultura do milho, não sendo feita adubação para a pastagem. A área está dividida em 4 piquetes, sendo utilizado como manejo rotacionado de animais, conforme capacidade de suporte da pastagem. Vale destacar que, o piquete da esquerda para a direita (piquete 1) estava sendo pastoreado pelos animais, no momento da coleta. A área de estudo apresentou os seguintes dados físicos e químicos: silte: 226,34 g kg<sup>-1</sup>; argila: 192,50 g kg<sup>-1</sup>; areia: 581,16 g kg<sup>-1</sup>; e fertilidade: cálcio: 3,49 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; magnésio: 1,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; potássio: 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; fósforo disponível: 21,21 mg dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions: 8,74, V%: 59,47 e pH em CaCl<sub>2</sub>: 4,86.

Foi realizada a leitura da radiação eletromagnética da pastagem para determinação do Índice de Diferença de Vegetação Normalizado (NDVI). Logo após a leitura da radiação eletromagnética, foi realizado a coleta da pastagem para determinação das variáveis de produtividade da cultura, e os pontos amostrais de coleta foram definidos por um grid amostral pré-definido com espaçamentos regulares de 75 m, perfazendo um total de 15 pontos amostrais na malha, onde foi coletada a biomassa da pastagem em uma área de 1,0 m<sup>2</sup> em cada ponto amostral, sendo a coleta realizada no mês de dezembro do ano de 2023. A técnica direta mais conhecida para amostragem de pastagem é a que utiliza uma moldura de área conhecida fabricada de madeira ou metal de forma quadrada ou retangular, a mais comum é a forma quadrada e, por isso, essa técnica é também conhecida por “Método do Quadrado”, utilizada neste estudo. O tamanho do quadrado foi de 1,0 x 1,0 m (1,0 m<sup>2</sup>), conforme indicação de Salman et al. (2006).

A forragem foi cortada a aproximadamente 10 cm acima do nível do solo. Foi determinada as variáveis de produtividade da cultura: a massa verde (MV) em kg ha<sup>-1</sup>, sendo as

amostras verdes pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C para determinação do teor de massa seca (MS) em kg ha<sup>-1</sup> e umidade da pastagem (em %), após atingir peso constante. A altura da pastagem (em cm) foi medida em relação ao nível do solo. Com os dados de altura e produção de massa seca (MS), calculou-se a densidade volumétrica da forragem (DVF, em kg ha<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>), dividindo-se o MS pela altura das plantas (cm) (SANTOS et al., 2010).

## FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

### **Análises estatísticas descritiva e geoestatísticas**

Foram realizadas as análises exploratórias dos dados, calculando-se média, mediana, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e curtose, desvio padrão, variância e teste de normalidade. O coeficiente de variação (CV%) foi calculado com base no critério de Warrick e Nielsen (1980) que classifica o CV como baixo < 12%, médio de 12% a 24% e alto > 24%. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de probabilidade.

Para determinação da existência da dependência espacial foram modelados de semivariogramas, utilizando análise geoestatística por meio da krigagem. Sob teoria da hipótese intrínseca, o semivariograma experimental foi estimado pela equação 1, onde  $\hat{\gamma}(h)$  corresponde ao valor da semivariância para o vetor h, o N(h) corresponde ao número de pares envolvidos no cálculo da semivariância e Z(x<sub>i</sub>) ao valor do atributo Z na posição x<sub>i</sub>; Assim, Z(x<sub>i</sub>+h) refere-se ao valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x<sub>i</sub>.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de  $\hat{\gamma}(h)$  foram definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C<sub>0</sub>; variância estrutural, C<sub>1</sub>; patamar, C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>; e o alcance, a). O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é à distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (VIEIRA et al., 1983; TRANGMAR et al., 1985). Na determinação da existência ou não da dependência espacial, foi utilizado o exame de semivariogramas, por meio do programa GS<sup>+</sup>. Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considera-se o melhor R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação) e coeficientes da validação cruzada (VC).

Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), no qual os valores de  $[(C_0/(C_0+C_1)*100)]$  menores que 25 % são considerados dependência espacial forte, valores de  $[(C_0/(C_0+C_1)*100)]$  entre 25 e 75 % indicam dependência espacial moderada e valores de  $[(C_0/(C_0+C_1)*100)]$  maiores que 75 % de dependência espacial fraca.

Os valores interpolados por meio da krigagem e ajustes de semivariogramas foram usados para construção de mapas dos atributos avaliados, com uso do programa Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE Inc., 1999). A vantagem deste método está em sua praticidade de comparação dos mapas de diferentes variáveis. A construção dos mapas espaciais ou mapas de isolinhas serviram de base para visualização das relações espaciais entre as variáveis de produtividade da cultura e os indicadores biofísicos avaliados por índices de vegetação.

### **Índices de vegetação**

Foi realizada a leitura da radiação eletromagnética da pastagem um dia antes da avaliação da produção de matéria verde, matéria seca e altura, sendo esta, realizada no mês de dezembro do ano 2023 (período chuvoso). O imageamento para a construção da ortofoto do dossel da pastagem foram coletadas utilizando o sensor multi-espectral que opera em quatro bandas multi-espectrais (verde: 550nm+/- 40nm; Vermelho 660+/-40nm; Borda Vermelho (rededge): 735nm+/-10nm e infravermelho Próximo: 790nm+/-40nm)), adquiridas por meio do Drone da DJI Mavic 3 Multi-espectral.

O plano de voo foi realizado a aproximadamente 120 m acima e perpendicular ao dossel das plantas, com sobreposição de 70% lateral e 80% frontal. Foi utilizado um sistema de posicionamento global (GPS) para obter as coordenadas geográficas de cada medição de refletância. A partir das medidas foram calculados os índices (parâmetros biofísicos) descritos na equação 2, onde NDVI representa o Índice de Diferença de Vegetação Normalizado, relacionado à quantidade de biomassa verde, teor e conteúdo de pigmentos e estresse hídrico e o  $NIR_{760}$ ,  $Re_{720}$  e  $VIS_{670}$  são as refletâncias das bandas nos comprimentos de luz de 760, 720 e 670 nm.

$$NDVI = (Nir_{760} - Vis_{670}) / (Nir_{760} + Vis_{670}) \quad (2)$$

onde:

- ✓ NDVI = Normalized difference vegetation index ou Índice de diferença de vegetação normalizado, relacionado à quantidade de biomassa verde, teor e conteúdo de pigmentos e estresse hídrico (ROUSE et al., 1973);
- ✓  $NIR_{760}$ ,  $Re_{720}$  e  $VIS_{670}$  e são as refletâncias das bandas nos comprimentos de luz de 760, 720 e 670 nm.

A produção da ortofoto para a geração do índice de vegetação (IV) foi produzido pelo *software Open Drone Map* de código aberto, que vem sendo explorado em trabalhos científicos e se mostrando uma grande opção de processamento de imagens aéreas de Veículo Aéreo Não Tripulados (VANTs). O parâmetro biofísico (NDVI) foi gerado com os repositórios de longa duração do software QGIS 3.22.

O QGIS é um *software* para Sistema de Informações Geográficas gratuito e amplamente utilizado em trabalhos com dados geográficos. A geração destes mapas de índices de vegetação permitiu a correlação espacial com os mapas de correlação com a produtividade das culturas, facilitando as interpretações do comportamento da produção da cultura avaliada por IV. Essa correlação foi calculada comparando os dados das variáveis coletadas nos pontos georreferenciados e seu valor de NDVI correspondente.

Para determinar o valor de NDVI, foi realizada uma média dos valores dos pixels de NDVI em um raio de 5 m de cada ponto georreferenciado, e por fim, a média de NDVI e os dados das variáveis da pastagem foram utilizados para criar uma matriz de correlação entre os mesmos, classificando as correlações de acordo com Hinkle et al. (2003) muito alta (0,9 a 1), alta (0,7 a 0,9), moderada (0,5 a 0,7), baixa (0,3 a 0,5) e pequena (0,1 a 0,3).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### RESULTADOS DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA E GEOESTATÍSTICA

A estatística descritiva das variáveis analisadas da pastagem está apresentada na Tabela 1. A altura média da pastagem foi de 37,63 cm, diferente do encontrado por Alencar et al. (2016) na região de Tocantins (26,36 cm). Já a MS média foi de 1.374,92 kg ha<sup>-1</sup>, diferente da pastagem analisada na região de Tocantins por Silva Neto et al. (2012) que encontraram valores médios de 8,18 Mg ha<sup>-1</sup>, 7,87 Mg ha<sup>-1</sup> e 3 Mg ha<sup>-1</sup> para baixo, médio e alto grau de degradação respectivamente. Gross Filho et al. (2016) observaram que a pastagem estudada em Cariri do Tocantins teve médias de massa seca de forragem de 53,38 e 55,62 g m<sup>-2</sup> para densidades de 30 e 60 pontos amostrais, respectivamente. Dessa forma, fica destacada a variação espacial que pode ocorrer nas diferentes áreas estudadas, com destaque ao rendimento da cultura, que em Rondônia, os rendimentos de matéria seca para o capim Mombaça estão em torno de 15 a 20 t/ha/ano (COSTA et al., 2001).

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos produtivos da pastagem coletada.

Estatística	Massa verde	Massa Seca	DVF	Altura	Umidade
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----		kg ha <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup>	cm	%
Média	5.266,18	1.374,92	36,52	37,73	73,58
Mediana	5.612,15	1.471,58	38,66	38,00	73,63
Mínimo	1.608,05	469,01	14,54	25,50	68,54
Máximo	6.651,75	1.831,58	50,09	48,00	79,12
DP	1.479,81	376,24	9,36	5,96	2,90
Var.	218.9837,00	14.1562,09	87,78	35,61	8,42
CV(%)	28,10	27,36	25,65	15,81	3,94
Curtose	1,65	1,21	0,92	0,28	-0,25
Ass.	-1,42	-1,20	-0,89	-0,04	-0,01
K-S	0,24*	0,18*	0,17*	0,14*	0,10*

DVF: Densidade Volumétrica de Forragem; DP: Desvio Padrão; Var.: Variância; CV: coeficiente de variação; Ass.: Assimetria; K-S: Kolmogorov-Smirnov; (\*): significativo a 5% de probabilidade.

Quanto a DVF, observou-se uma média de 36,52 kg cm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> enquanto Codognoto et al. (2022) ao avaliarem o comportamento da forragem na região de Rondônia, evidenciaram que após o quarto corte do capim Marandu, o mesmo atingiu uma densidade volumétrica máxima de 23,04 kg cm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. Quanto a umidade, a pastagem analisada apresentou maior teor

de matéria seca (26,42%), quando comparado aos dados encontrados por Lara et al. (2015) que encontraram teor médio de matéria seca igual a 21,54% na região de Rolim de Moura - RO, indicando maior teor de umidade.

De forma geral, os valores de média e mediana se encontram próximos para todos os atributos, evidenciando que estes se aproximam de uma distribuição normal (Tabela 1). Isso pode ser um indicativo de que os dados seguem distribuições simétricas, com os valores de assimetria negativos e curtose positivos das variáveis se encontrando dentro da faixa determinada normal (3,0). De acordo com Flynn et al. (2008), que ao analisarem a massa de forragem de campos pastados com baixas e intermediárias taxas de lotação, também encontraram valores negativos de assimetria (-0,97 e -0,62, respectivamente) podendo ser resultado do pastejo seletivo, criando áreas de manchas que resultaram em uma variabilidade de pequena escala, enquanto os valores de curtose ficaram acima do normal (4,75 e 3,5, respectivamente), indicando altas concentrações de forragem em áreas próximas da média. Já os valores de MV e MS encontrados neste trabalho para curtose, ficou dentro da faixa normal (1,65 e 1,21) e a assimetria ficou negativa (-1,42 e -1,20), indicando que há variabilidade na pastagem (Tabela 1). Dessa forma, evidencia-se a simetria dos dados, o que indica que as técnicas geoestatísticas podem ser aplicadas a estes atributos.

Os atributos avaliados apresentaram normalidade, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 1). Apesar de Isaaks e Srivastava (1989) afirmar que a normalidade não ser exigência na geoestatística, Crissie (1991) destaca que essa permite observar maior precisão das estimativas da krigagem, por meio de seus valores médios. O coeficiente de variação (CV) das variáveis analisadas se encontra em uma faixa adequada aos dados, considerando a heterogeneidade da pastagem estudada e quantidade de amostras coletadas, classificados entre baixo, médio e alto, de acordo com Warrick e Nielsen (1980) (Tabela 1). No entanto, de acordo com Jamieson et al. (1991) a estimativa pode ser considerada excelente quando estiver abaixo de 10%, boa (10 a 20%), aceitável (20 a 30%) ou pobre (>30%). Paralelamente Tarr et al. (2005) avaliando a massa seca de forragem em um grid de 30 pontos com espaçamento retangular de 6,00 m por 12,00 m, obteve um CV de 20%, considerado relativamente baixo para a variável estudada, de forma que quanto maior for o CV maior será a variabilidade da ocorrência da espécie forrageira na área.

A medida estatística CV possibilita comparar a variabilidade entre amostras de variáveis com unidades diferentes, porém não permite analisar a variabilidade espacial dos atributos espaciais nem seu padrão espacial (CAMARGO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015). Sendo assim, o uso da geoestatística para avaliar a variabilidade dos atributos pela análise da

dependência espacial vem facilitar o entendimento do padrão de ocorrência desses atributos. Neste sentido, os atributos estudados foram submetidos a ajustes de semivariogramas, com objetivo de avaliar sua dependência espacial, evidenciando que estes apresentaram variabilidade no espaço (Figura 2).

O modelo de semivariograma que melhor se ajustou às variáveis foi o esférico (Figura 2), um modelo caracterizado por representar dados que possuam alcance bem definido, como descrito por Seidel e Oliveira (2014), ao estudarem a influência dos modelos teóricos tradicionais na estimativa de dependência espacial das variáveis. Isso deve-se ao fato de que as plantas refletem os atributos do solo, levando em consideração a forte correlação entre os mesmos, como descrito por Silva Neto et al. (2012) que corroboram com os resultados, ao estudar a variabilidade espacial de produção de gramínea em pastagens de capim marandu, observando que o modelo esférico proporcionou forte dependência espacial para a variável massa seca total.

Os semivariogramas mostrados na Figura 2 apresentaram valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,90, sendo que alguns ficaram próximos a 1,00, indicando que o modelo escolhido representa bem a variabilidade espacial dos dados, baseando assim, a dependência espacial e a relação entre as amostras para todas as variáveis analisadas (ALVES et al., 2022; LIMA et al., 2007).

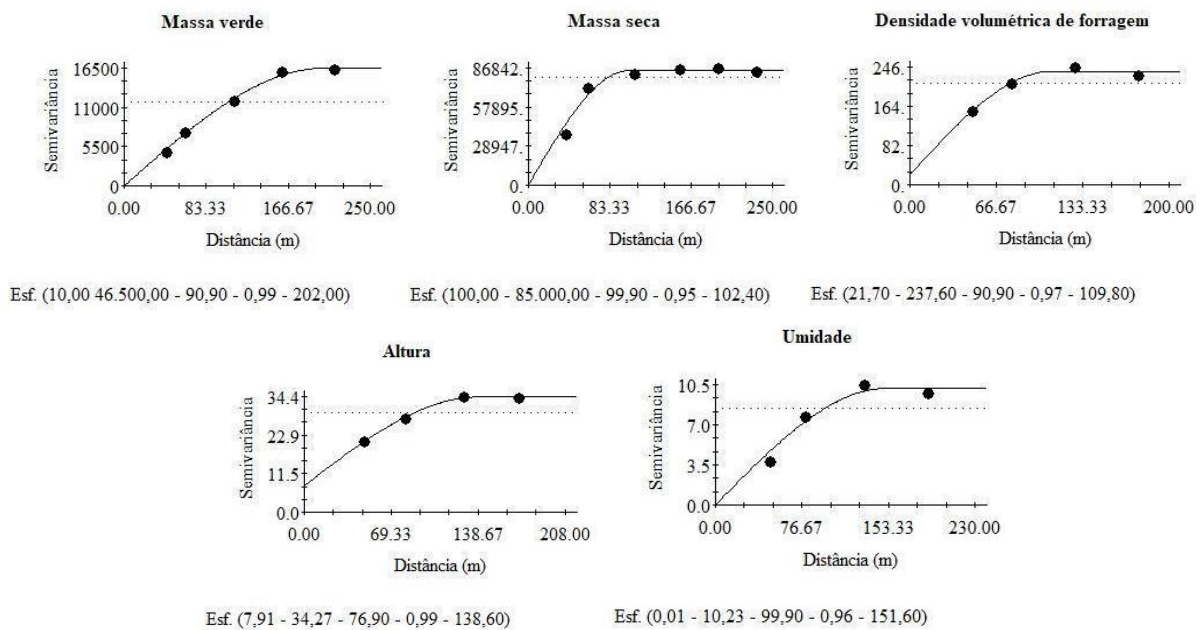


Figura 2. Parâmetros e modelos dos semivariogramas ajustados às variáveis de produtividade da pastagem [modelo (efeito pepita; patamar; GDE;  $R^2$ , alcance)].

Conforme os semivariogramas apresentados, todas as variáveis apresentaram fraca dependência espacial (Figura 2) de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994) que definem fraca dependência espacial quando a razão entre o efeito pepita e a soma do mesmo com o patamar for maior que 75%, indicando de forma geral que esses atributos podem apresentar padrões espaciais não muito bem definidos e a sua variabilidade pode ser atribuída a fatores estruturais e não aleatórios. Em seu estudo, Alencar et al. (2016) estudando a espacialização da massa seca total de capim-Marandu, observaram um forte grau de dependência espacial (75,80%), considerando que a mesma não varia aleatoriamente, ou seja, possui padrões de dependência bem definidos, sendo que 75,80% da variação na produtividade de massa seca de capim-Marandu foi devido a essa forte dependência espacial. Já Silva Neto et al. (2012) avaliando a produção de gramíneas em pastagens de capim-Marandu, observaram que as variáveis morfológicas avaliadas da pastagem apresentaram forte grau de dependência espacial para os diferentes níveis de degradação, confirmando que tais variáveis variam conforme a distância percorrida no espaço.

Ainda é importante ressaltar que todas as variáveis analisadas apresentaram um patamar bem definido, podendo determinar a distância amostral limite (denominado de alcance do semivariograma) para a correlação espacial dessas variáveis (Figura 2). Sendo que neste estudo, as variáveis estudadas apresentaram alcance variando de 102,40 m a 202,00 m, sendo maior que o espaçamento de coleta utilizado em campo, indicando que os pontos de coleta estão suficientemente próximos para capturar a dependência espacial das variáveis estudadas.

Em seu trabalho, Alencar et al. (2016) avaliando a distribuição espacial das propriedades do solo e produção de capim-Marandu em intensidade de pastejo, verificou um alcance de 85 e 115 metros para as variáveis massa seca total e altura, respectivamente. Paralelamente, Silva Neto et al. (2012) estudando a variação espacial da massa seca total em pastagens de capim-Marandu em três diferentes níveis de degradação, observaram valores de 18,93, 11,60 e 8,82 metros para alcance nos níveis, baixo, médio e alto de degradação, respectivamente. Já Cavallini et al. (2010) encontraram alcance de 49,40 metros, ao avaliarem a matéria seca de *Brachiaria brizantha* em Latossolo Vermelho distroférico. Logo, os diferentes alcances observados pelos autores confirmam a alta variabilidade a qual as características morfológicas da planta estão condicionadas.

## MAPAS DE KRIGAGEM E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

De acordo com o mapa de krigagem apresentado na Figura 3, as regiões onde a MS apresentou valores médios de 1.350,00 kg ha<sup>-1</sup> corresponde aos valores de NDVI na faixa de

0,22 a 0,09, diferindo das regiões de valor de 1.850,00 kg ha<sup>-1</sup> que corresponderam a faixa de NDVI que varia de 0,33 a 0,83. Para a DVF é possível observar que valores de 46 kg ha<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> tomaram maior espaço na área, correspondendo a faixa de NDVI que varia de 0,22 a 0,09, que pode ser considerada uma faixa média, uma vez que toma maior proporção no mapa. Essa paridade entre a correlação das variáveis pode ser atribuída ao comportamento do NDVI que varia em função da densidade da vegetação, como apresentado por Deus et al. (2023), que em seu trabalho evidenciou a maior correlação entre NDVI e o mapa de altura da forragem, o que foi semelhante ao mapa de NDVI, quando comparado ao mapa de MS e altura, analisados neste estudo. Esses dados destacam o uso do NDVI como uma ferramenta rápida e precisa para obtenção de melhores estimativas de rendimento da pastagem.

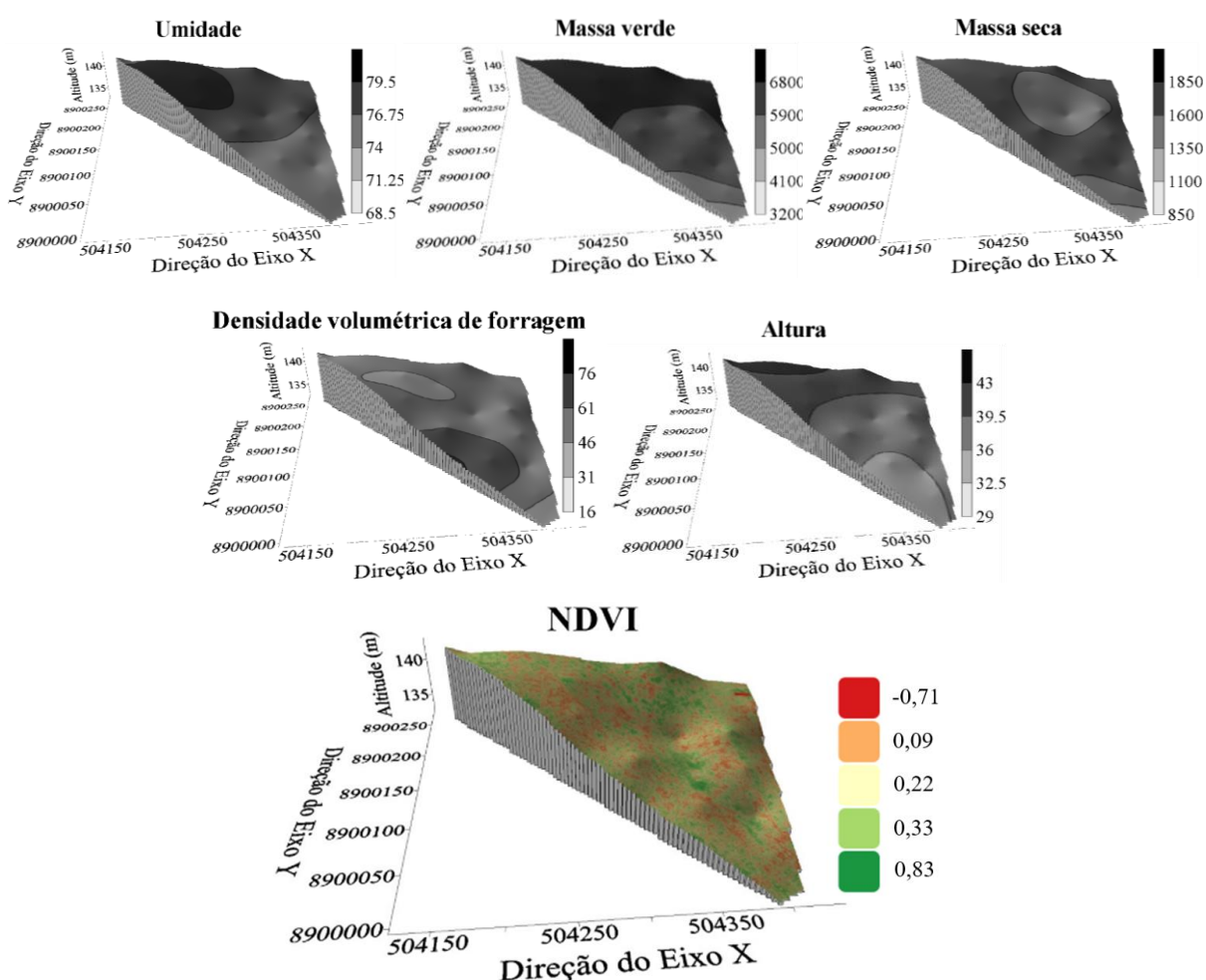


Figura 3. Mapas de kigagem dos parâmetros produtivos da pastagem e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Já para o NDVI, visualmente pode observar faixas de pastagem intercalando as cores no sentido horizontal, isso se deve ao fato da área ser usada para pastejo rotacionado, dividida

em quatro piquetes, horizontalmente da esquerda para direita, de forma que fica evidente que a faixa mais à esquerda acabou de passar pelo pastoreio dos animais, uma vez que apresenta expressivamente os menores valores de NDVI (0,09 a 0,22). Grego et al. (2016) avaliando o uso de NDVI em rotação de pastagens e pastejo contínuo, percebeu que a atividade de pastoreio interfere diretamente no NDVI, podendo diferenciar as áreas que passaram pelo pastejo e, também, o seu vigor após o tempo de descanso necessário. Vale destacar que, o NDVI é um índice que considera as bandas infravermelho próximo e vermelho visível, bandas espectrais que interagem de forma significativa com a atividade das plantas, de forma que possibilita até mesmo a distinção de famílias de plantas através da biomassa verde (KAFER et al., 2016).

Conforme o mapa de NDVI, pode-se destacar de forma geral que a vegetação se encontra relativamente degradada, sendo que a área estudada possui um índice de vegetação com valores variando predominantemente de 0,09 a 0,33, mas com algumas manchas na faixa de -0,71 e 0,83. Vale destacar que, o valor negativo de -0,71 se refere a uma área de construção (antigo galinheiro), porém, por apresentar forragem entre os escombros da construção, estas foram consideradas no estudo. De acordo com Barros et al. (2020), as faixas de NDVI que variam de 0,0 a -1,00 podem indicar desde solo exposto, corpos d'água e áreas de edificação, já os valores que variam de 0,0 a 1 indicam vegetação nos seus diversos estados. Ou seja, apesar dos valores negativos não serem predominantes no mapa, pode-se considerar que estas manchas vermelhas são de solo exposto ou forragem com baixo vigor fisiológico e consequentemente, possui certo nível de degradação em toda área.

Ainda é importante destacar os valores de correlação espacial (Figura 3) e linear significativos entre NDVI e as variáveis analisadas, como apresentado na Tabela 2, exceto para umidade, uma vez que a água é um componente mais dinâmico no ambiente. Deus et al. (2023) concordam com os resultados, ao avaliar a correlação da precipitação com o NDVI em pastagem, encontrando uma correlação de 0,39 para as variáveis analisadas.

Outros autores encontraram resultados semelhantes ao desta pesquisa, como Flynn et al. (2008) avaliando a estimativa de massa de forragem obtida por NDVI no período das chuvas, observaram que o NDVI obteve um coeficiente de correlação = 0,68 com relação a biomassa de forragem. E também, Ravaglia et al. (2010) avaliando áreas de campos degradados usando imagens do satélite Landsat-5 no período de maio, início da seca, relatou que o índice de NDVI apresentou correlação = 0,70 com a massa seca. Já Parreira et al. (2021) avaliando a relação entre vários índices de vegetação com as características de pastagem, destacou o NDVI como um dos melhores índices quanto a resposta às variáveis massa fresca e massa seca de pastagem.

Tabela 2. Matriz de correlação linear simples entre as variáveis avaliadas.

Parâmetros	Coeficiente de correlação					
	Massa seca	Massa verde	Umidade	Altura	DVF	NDVI
Massa seca	1,00	-	-	-	-	-
Massa verde	0,98	1,00	-	-	-	-
Umidade	0,16	0,33	1,00	-	-	-
Altura	0,69	0,72	0,38	1,00	-	-
DVF	0,93	0,89	0,05	0,42	1,00	-
NDVI	0,70	0,70	0,25	0,64	0,63	1,00

DVF: Densidade volumétrica de forragem; NDVI: Índice de vegetação por diferença normalizada; Coeficiente de correlação: 0,9 a 1 = muito alta, 0,7 a 0,9 = alta, 0,5 a 0,7 = moderada, 0,3 a 0,5 = baixa e 0,1 a 0,3 = pequena.

Neste trabalho, fica evidente que, as ferramentas estatísticas foram eficientes ao avaliar as correlações entre o NDVI e as variáveis de rendimento da cultura, analisadas pela MS, MV, umidade, altura e DFV, justificando o uso destas ferramentas na tomada de decisão em pastagens na região.

## CONCLUSÕES

A pastagem estudada apresentou médias de 5.266,18kg ha<sup>-1</sup> de massa verde, 1374,92 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca, 36,52 kg ha<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> de densidade volumétrica de forragem, 37,73 cm de altura, 73,58 % de umidade.

As variáveis estudadas obtiveram melhor representatividade pelo modelo esférico, e apresentaram patamar definido, como alcance variando de 102,40 m a 202,00 m, sendo maior que o espaçamento de coleta, apresentando variabilidade menor que o estabelecido na malha de coleta.

O NDVI possui alta correlação espacial e linear com massa seca (MS) e massa verde (MV); moderada correlação entre a altura e densidade volumétrica de forragem (DVF), e pequena correlação com a umidade, sendo uma importante ferramenta no monitoramento da produtividade e na tomada de decisão sobre o manejo das pastagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. P. A. **Medição de forragem em planejamento alimentar em sistema de pastejo**. Apostila do curso de pós-graduação 'lato sensu' em Manejo de Pastagem – modulo 12, Uberaba, 2004.
- ALENCAR, N. M.; MELO, J. C.; SANTOS, A. C.; CUNHA, O. F. R.; PAULA NETO, J. J. Distribuição espacial das propriedades do solo, produção do capim-Marandu com a intensidade de pastejo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.24, n.4, p.338-349, 2016.
- ALVES, M. A. B.; ARAÚJO, F. S.; MAIA, E. P. V.; SOUZA, W. S.; CUNHA, J. G.; ALMEIDA, A. P. S. Geoestatística, krigagem e multivariada de atributos físicos de um Latossolo sob pastagem. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.13, n.6, p.1-11, 2022.
- ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 34-41, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v7i1.376>.
- BARBERO, R. P.; RIBEIRO, A. C. C.; MOURA, A. M.; LONGHINI, V. Z.; MATTOS, T. F. A.; BARBERO, M. M. D. Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia v.22, e-69609, 2021.
- BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na caracterização da cobertura vegetativa de Juazeiro do Norte - CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.13, n.6, p.2885-2895, 2020.
- BERTOLIN, N. O. *et al.* Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1627 - 1638, 2017.
- BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto RADAMBRASIL, folha SC. 20, Porto Velho: Rio de Janeiro, 1978.
- CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; HORVAT, R. A. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um latossolo sob diferentes formas do relevo: II-correlação espacial entre mineralogia e agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2279-2288, 2008.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, J. M.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, R. L. S. *et al.* Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.18, n.1, p.123-142, 2016.

CAVALLINI, M. C.; ANDREOTTI, M.; OLIVEIRA, L. L.; PARIZ, C. M.; CARVALHO, M. P. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1007-1015, 2010.

CODOGNATO, C. L.; OLIVEIRA, E. A.; CONDE, T. T.; NUNES, G. S.; SANTOS, V. S.; SILVA, F. S.; ALMEIDA, N. S. Número de aplicações de subdose de glifosato e produção de capim marandu. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.11, n.15, p. 1-7, 2022.

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A. **Formação e manejo de pastagens de Capim-Mombaça em Rondônia**. Recomendações técnicas n. 27, EMBRAPA-CPAF Rondônia, p.1-2, 2001.

DEUS, I. D.; ALVES, M. O.; BARBIERI, R. S. Uso de geotecnologias e avaliações convencionais para determinação de fitomassa de forragens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20, 2023, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: Galoa Proceedings, 2023. p.146-149.

EMBRAPA. **Mapa do Município de Ariquemes**. Embrapa Amazônia Oriental, 1998. Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1047075/1/MapaARIQUEME\\_S.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1047075/1/MapaARIQUEME_S.pdf). Acesso em: 10 abr. 2025.

FAO. **The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021.

FLYNN, E. S.; DOUGHERTY, C. T.; WENDROTH, O. Assessment of pasture biomass with the normalized difference vegetation index from active ground-based sensors. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 1, p. 114-121, 2008.

GOLDEN SOFTWARE INC. **SURFER for Windows: release 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers, user's guide**. New York., 1999.

GREGO, C. R.; MANJOLIN, R. C.; NOGUEIRA, S. F.; RODRIGUES, C. A. G.; SILVA, G. B. S.; CONCEIÇÃO, M. P. C.; HERLING, V. R. Geoestatistical Analysis of NDVI in rotational and continuous grazing pastures. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2, 2016, Campo Grande. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.121-125.

GROSS FILHO, GARCIA, R. N.; SILVA, A. F.; PENNO, M. S.; SILVA NETO, S. P. Predição espacial das características de produção de *Urochloa brizantha* cv. marandu. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.24, n.5, p.406-416, 2016.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. Ed. 5. Massachusetts: Houghton Mifflin College Division. 2003. 756p.

IBGE. **Mapas temáticos**. 2008. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/>. Acesso em: 09 mai. 2022.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-dapecuaria-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em: 09 out. 2021.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. p.561.

JAMIESON, P. D.; PORTER, J. R.; WILSON, D. R. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.27, n.4, p.337-350, 1991.

KAFER, P. S.; REX, F. E.; SANTOS, M.; SEBEM, E. Caracterização espectral e NDVI de espécies florestais das famílias *Fabaceae*, *Myrtaceae*, *Rutaceae* e *Salicaceae*. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v.13, n.23, p.263-275, 2016.

LARA, O. Q.; BONI, D.; PICHEK, D. B.; MATT, M. P.; SOUZA, C. A.; FERREIRA, E. Esterco de ave como alternativa à adubação convencional de *Brachiaria brizantha* no estado de Rondônia. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v.64, n.248, p.355-363, 2015.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem de milho e frações granulométricas de um latossolo vermelho distrófico. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.4, p.985-990, 2009.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, n.6, p.1233-1244, 2007.

LIMA, R. P.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. R., ROLIM, M. M. Alterações nos indicadores de compactação do solo em resposta ao tráfego em campos agrícolas. **Biosystems Engineering**, Tupã, v. 162, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.07.002>.

MAPA. **Agrostat**: Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro, 2023. Disponível em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html>. Acesso em: 07 mai. 2023.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica orgânica e matéria orgânica da microbiana em solo biomassa diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, nov. 2004. Disponível em: <http://old.scielo.br/pdf/pab/v39n11/22582.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JUNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; SIQUEIRA, D. S.; CUNHA, J. M. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da Região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.3, p.668-681, 2015.

PARREIRA, J. C. L.; SILVA, T. R. L.; BESSA NETO, J. V.; GIONGO, P. R. Índices de vegetação obtidos por meio de imagens de VANTs em pastagem. CONGRESSO DE ENSINO,

PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 8, 2021, Santa Helena de Goiás. **Anais...** Santa Helena de Goiás: Universidade Estadual de Goiás (UEG), 2021. 12p.

PINGUELLO, A. J. C.; TAMEIRÃO, E. R.; GONZAGA, L. W. F.; MONGELLI, M. S.; FARIA, P. H. A.; FERRANTE, M.; FERNÁNDEZ, F. E. Uso de índice de vegetação da diferença normalizada na estimativa de produção de forragem. **PUBVET**, Maringá, v.14, n.3, p.1-7, 2020.

PINTO, D. G.; FONTANA, D. C.; BREMM, C.; PIGATTO, L. Índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI como indicadores espectrais do crescimento de pastagem natural no bioma Pampa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18, 2017, Santos, **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. p.5241-5248.

RAVAGLIA, A. G.; SILVA, L. C. F.; SANTOS, S. A.; SHIMABUKURO, Y. E.; PELLEGRIN, L. A.; SORIANO, B. M.; SILVA, G. A. Uso de um modelo linear espectral e índice de vegetação na avaliação de pastagens em degradação no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5, 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá: SIMPAN, 2010. p.1-5.

REICHERT, J. M.; DARIVA, T. A.; REINERT, D. J.; SILVA, V. R. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.981-988, 2008.

RISSINI, A. L. L.; KAWAKAMI, J.; GENÚ, A. M. Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39(6), 1703-1713, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xq8qCbBSpP4MtRH6nGk8Yzr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 6p. (Circular Técnica, 84).

SANTOS, H. G. ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; SILVA, G. P.; PIMENTEL, R. M.; CARVALHO, V. V.; SILVA, S. P. Estrutura do pasto de capim-braquiária com variação de alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.10, p.2125\_2131, 2010.

SCHERER, G. L.; FELDMANN, N. A.; LAUSCHNER, C. F.; SZYDLOSKI, J. E.; MANICA, E. **Mapeamento da produtividade de biomassa de forrageiras através de pontos amostrais georreferenciados**. In: 6º AGROTEC – Simpósio de Agronomia e Tecnologia. Itapiranga – SC. 2019. Disponível em: [https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai\\_dados/artigos/agrotec2019/1181.pdf](https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2019/1181.pdf). Acesso em: 03 out. 2021.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. Novo índice geoestatístico para a mensuração da dependência espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.3, p.699-705, 2014.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; NEVES NETO, D. N.; CRUZ, R. S. Dependência espacial em levantamentos de estoques de carbono em áreas de pastagens de *Brachiaria brizhanta* cv. Marandu. **Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n.4, p.547-556, 2012.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; NEVES NETO, D. N.; SILVA, J. E. C. Variação espacial do teor de matéria orgânica do solo e produção de gramínea em pastagens de capim-Marandu. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, supplement 1, p.41-53, 2012.

TARR, A. B.; MOORE, K. J.; DIXON, P. M. Spectral Reflectance as a Covariate for Estimating Pasture Productivity and Composition. **Crop Science**, Madison, v.45, n.3, p.996-1003, 2005.

TRAGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in agronomy**, New York, v.38, n.1, p.54-94, 1985.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Oakland, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

WALKER, J. W. Viewpoint: Grazing management and research now and in the next millennium. **Journal of range management**, New York, v.48, n.4, p.350-357, 1995.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980, p. 319-344.