

Variabilidade espacial do índice de vegetação por diferença normalizada em área de pastagem de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85

Paulo Alexandre Rodrigues Pereira¹, Sabino Pereira da Silva Neto², Rafael Nunes Garcia¹, Camila Rosa Fonseca¹, Dylan Medeiros do Nascimento¹, Pedro Matheus Barboza Barros¹,

¹Alunos do curso técnico em agronegócio integrado ao médio, Campus de Gurupi – Instituto Federal do Tocantins, IFTO. E-mail: rafael.nunes.g@hotmail.com;

²Professor do curso técnico em Agronegócio, Campus de Gurupi – Instituto Federal do Tocantins, IFTO. E-mail: sabino.pereira@ifto.edu.br

Resumo: O objetivo dessa pesquisa foi quantificar e descrever a variabilidade espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em área de pastagem de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85. As coletadas foram realizadas em malha amostral composta por 114 pontos. As leituras de NDVI foram feitas utilizando-se sensor óptico ativo GreenSeeker® que emite luz no comprimento de onda de 660 nm (vermelho) e 780 nm (infravermelho próximo) e que calcula internamente o índice. Os dados de NDVI foram submetidos às análises de estatística descritiva, ao estudo geostatístico e interpolação por krigagem ordinária. A variabilidade espacial do NDVI da gramínea foi caracterizada por meio do uso do estudo geostatístico. O modelo exponencial produziu melhores ajustes ao comportamento da pastagem estudada. Os processos de validação usados foram importantes para a escolha do melhor modelo de semivariogramas investigados no presente trabalho.

Palavras-chave: NDVI; produção animal; semivariograma; variabilidade espacial; zootecnia de precisão

1. INTRODUÇÃO

A avaliação do vigor e do status nutricional relacionado ao nitrogênio (N) em gramíneas e diversas culturas, tradicionalmente, envolvem métodos caros, demorados e potencialmente poluidores do meio-ambiente. Entretanto, detecções automáticas têm sido desenvolvidas de forma eficaz, prática, menos onerosa e que podem ser relacionadas com outras variáveis tais como a biomassa disponível e a cobertura do solo. Além disso, essas medidas podem se correlacionar, no espaço e tempo, a biomassa de forragem disponível e o comportamento dos animais em pastejo.

No mercado existem medidores portáteis de clorofila, com contato físico com as folhas, que correlacionam às propriedades espectrais de transmitância de energia eletromagnética das lâminas foliares e o teor de N na planta. Além desses, o sensoriamento remoto tem-se mostrado eficaz para avaliação do status nutricional e a produtividade das pastagens, por meio, principalmente, dos índices de vegetação. Entre essas medidas de refletância do dossel forrageiro as comumente usadas, para avaliar o status nutricional das plantas e da biomassa e a concentração de nutrientes são os índices vegetativos da diferença normalizada baseados nas refletâncias do vermelho (NDVI) e verde (GNDVI).

A deficiência de nitrogênio causa mudanças no desenvolvimento e composição das folhas das plantas e, indiretamente, altera a distribuição espectral da radiação refletida pelas folhas de plantas deficientes (TARPLEY et al., 2000). As mudanças no status de nitrogênio de uma planta podem ser determinadas diretamente em laboratório, por meio de análise química do tecido vegetal, ou indiretamente no campo, medindo-se a reflectância foliar onde o espectro eletromagnético varia em função da concentração de clorofila na folha, a qual está relacionada com o nitrogênio foliar (MOTOMIYA et al., 2009) e com a biomassa seca acumulada.

Assim o objetivo dessa pesquisa foi quantificar e descrever a variabilidade espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em área de pastagem de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O local do estudo está situado entre as latitudes, 11° 31' 41" S e 11° 30' 54" S e longitudes 47° 01' 33" W e 47° 01' 8" W, na Fazenda Nova Esperança, município de Guruoi – Tocantins. Os dados do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram coletados em piquete de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 o qual é mantida sob lotação intermitente. Nessa área foram demarcados 114 pontos de coleta de NDVI (Figura 1).

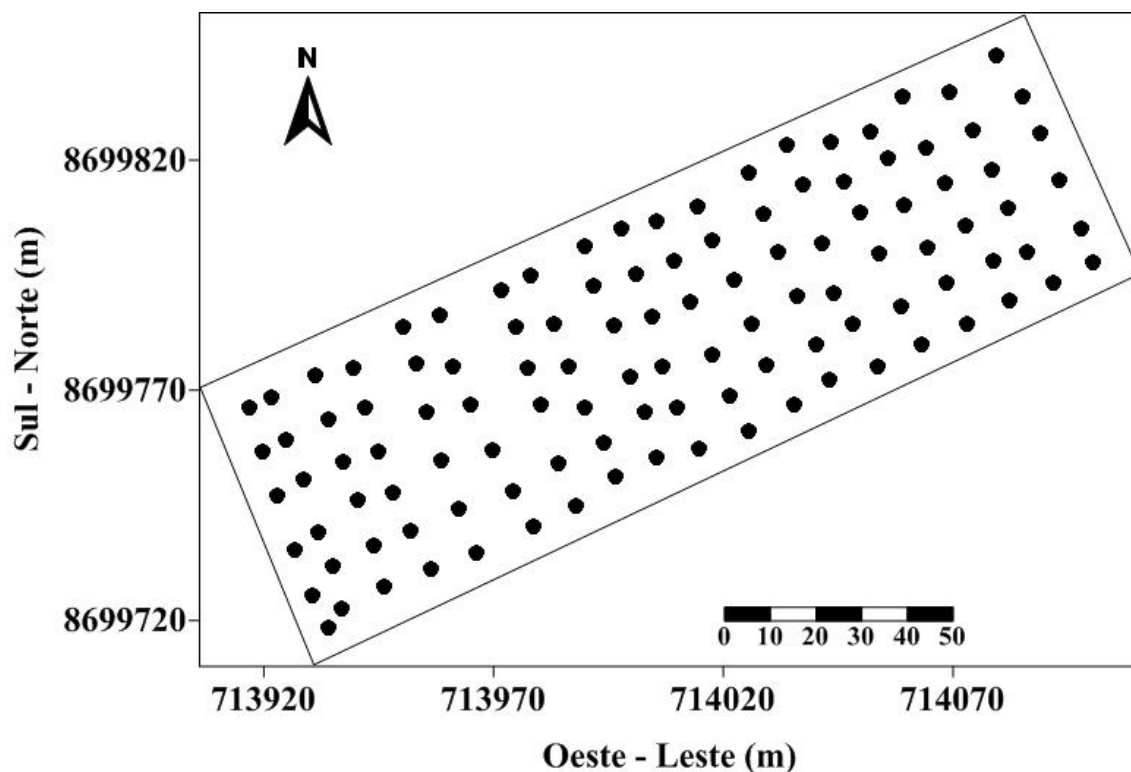


Figura 1 – Locais de coleta do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na pastagem de *Cynodon* spp. cv. Tifton 85.

As leituras de NDVI foram realizadas utilizando-se sensor óptico ativo GreenSeeker® que emite luz no comprimento de onda de 660 nm (vermelho) e 780 nm (infravermelho próximo) e calcula internamente o índice que é dado pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que, NIR é a reflectância no infravermelho próximo (780 nm) e RED é a reflectância no vermelho (660 nm). O NDVI pode variar de -1 a +1. Valores negativos representam solo nu ou sem vegetação, e os valores maiores que zero representam a vegetação. Quanto maior o valor do NDVI, maior o vigor da cultura avaliada.

Os dados de NDVI da gramínea foram submetidos à análise descritiva calculando-se a média, mediana, mínimo, máximo e os coeficientes de assimetria, curtose e de variação bem com o tipo de distribuição.

A dependência espacial entre as observações foi caracterizada por meio do semivariograma, estimado pela seguinte equação:

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

Em que, γ é a semivariância, $N(h)$ o número de pares de valores experimentais medidos em $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$, separados pela distância h . Nesse presente estudo, os valores de Z são NDVI do capim Tifton 85, enquanto os valores de x_i e $x_i + h$ foram definidos de acordo com a localização geográfica das amostras realizadas na área de pastejo.

Nesse estudo foram testados os seguintes modelos de semivariograma: (a) esférico, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1,5 (h/A) - 0,5 (h/A)^3]$ para $(0 < h \leq A)$ e $\gamma(h) = C_0 + C_1$ para $h > A$; (b) exponencial, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-h/A)]$; e (c) gaussiano, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-h^2/A^2)]$ em que “ d ” é a distância máxima na qual o semivariograma é definido e “ A ” o alcance. O ajuste dos semivariogramas possibilitou, então, definir os valores do efeito pepita (C_0), do alcance (A) e do patamar ($C + C_0$).

Para avaliação da escolha do modelo ajustado dos semivariogramas, utilizou-se o critério de informação de Akaike (AIC) e a soma dos erros ao quadrado (SSE). O critério de Akaike é dado pela seguinte expressão: $AIC = -2\log L + 2K$ em que L é a verossimilhança maximizada pelo modelo candidato e K é o número de parâmetros do modelo considerado.

A interpolação dos valores foi realizada por meio da krigagem ordinária, de modo a definir o padrão espacial do NDVI da gramínea, o que permitiu a elaboração dos mapas de contorno, utilizando-se o software Surfer 8.0 com o auxílio da equação:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad \text{Equação (3)}$$

Em que $Z^*(x_0)$ é o estimador de krigagem; λ_i é o peso da i -ésima localidade vizinha; $Z(x_i)$ é o valor da variável para a i -ésima localidade; e N é o número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto.

A criação dos mapas de contorno permite compreender a variabilidade espacial do NDVI do capim Tifton 85 a partir dos modelos ajustados ao semivariograma experimental. Permitindo assim, visualizar e entender as diferenças práticas de manejo da pastagem que cada modelagem variográfica pode gerar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à estatística descritiva do NDVI da pastagem de Tifton 85 são apresentados na Tabela 1. A aplicação do teste de normalidade Shapiro-Wilk indica que os dados de NDVI apresentam distribuição normal. Observa-se que a média e mediana apresentam valores iguais o que indica que a área tem elevada homogeneidade dos dados. Isso também pode ser confirmado por meio do valor do coeficiente de variação (CV) que é classificado como médio, pode-se confirmar essa observação.

Tabela 1 – Estatística descritiva do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em pastagem de *Cynodon spp. cv. Tifton 85*.

Variável	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Coeficiente			p-valor ¹
					Varição	Curtose	Assimetria	
NDVI ²	0,08	0,17	0,17	0,24	17,70	-0,03	-0,18	0,22*

⁽¹⁾: teste de normalidade de Shapiro-Wilks, ^(*): significativo a 5%, ^(**): não-significativo a 5%, ⁽²⁾: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

A distância máxima usada para construção dos semivariogramas foi de 110 metros, a qual representa 50% da diagonal da área de estudo. Os modelos ajustado ao semivariograma empírico foram o esférico, exponencial e gaussiano, para estimar a variabilidade espacial do NDVI na pastagem de capim Tifton 85.

Na Tabela 2 podem-se observar os parâmetros dos modelos ajustados ao semivariograma. Nesse sentido, o modelo exponencial apresentou menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) e soma dos erros ao quadrado (SSE) seguido pelo gaussiano. Já o modelo esférico teve maiores valores de AIC e SSE.

Tabela 2 – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados ao valor do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em pastagem de *Cynodon spp. cv. Tifton 85*.

Variável	Modelo	Parâmetro			SSE ⁴	AIC ⁵
		C0 ₁	C0+C ₂	A ³		
NDVI ⁶	Esférico	0,0006	0,003	45,00	18,60 x 10 ⁻²⁷	-189,80
	Exponencial	0,0006	0,0002	39,39	10,47 x 10 ⁻²⁷	-196,10
	Gaussiano	0,0007	0,0002	28,32	16,62 x 10 ⁻²⁷	-191,00

⁽¹⁾C₀: efeito pepita; ⁽²⁾C₀+C: patamar; ⁽³⁾A: alcance; ⁽⁴⁾SSE: raiz quadrada do erro quadrático médio; ⁽⁵⁾AIC: Critério de Akaike; ⁽⁶⁾: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

A partir do ajuste do modelo exponencial ao semivariograma experimental para a variável do estudo, estimaram-se os valores para locais não amostrados por meio do método de interpolação de krigagem Ordinária. Assim, com esses valores estimados foi possível construir mapa de contorno que expressam a variabilidade do NDVI. A superfície de krigagem (Figura 2) ilustra o padrão espacial o que permite visualizar os arranjos da distribuição espacial do NDVI da gramínea na área investigada.

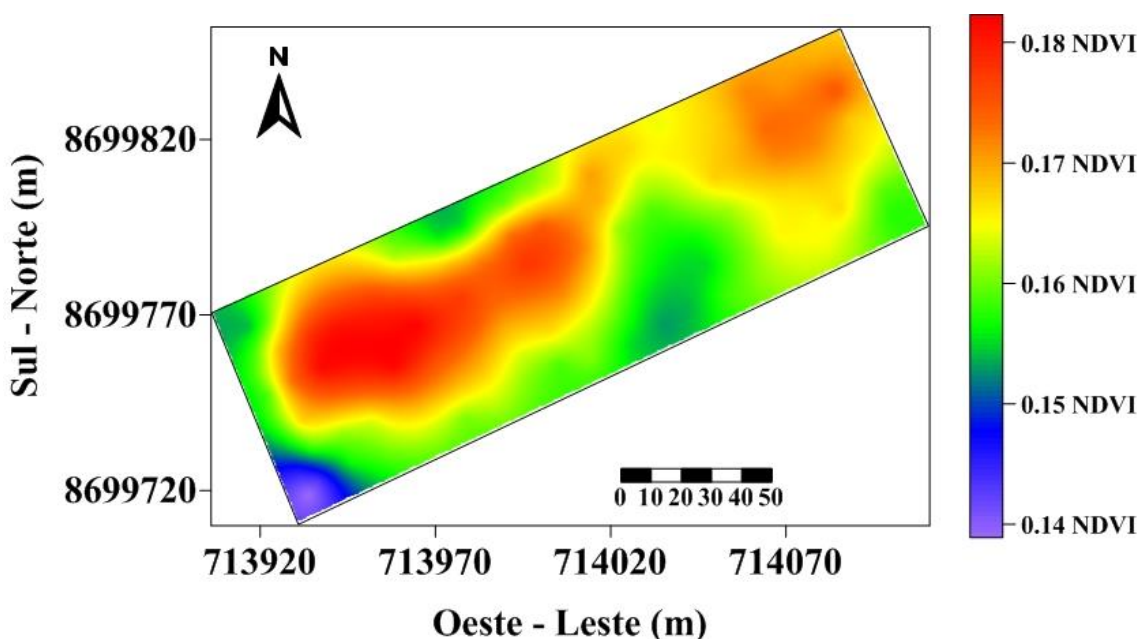


Figura 2 – Mapa representativo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na pastagem de *Cynodon spp. cv. Tifton 85*.

6. CONCLUSÕES

A variabilidade espacial do NDVI da gramínea foi caracterizada por meio do uso do estudo geoestatístico. O modelo exponencial produziu melhores ajustes ao comportamento da pastagem estudada. Os processos de validação usados foram importantes para a escolha do melhor modelo de semivariogramas investigados no presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao IFTO pelo apoio a pesquisa e ao CNPq pela concessão de bolsas na modalidade PIBIC-EM.

REFERÊNCIAS

MOTOMIYA, A. V. A., MOLIN, J. P., CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.137-145, 2009

TARPLEY, L.; REDDY, K. R.; SASSENATH-COLE, G. F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**, v.40, p.1814-1819, 2000.