

Modelagem variográfica da disponibilidade de matéria seca em pastagem de capim-Marandu

Rafael Nunes Garcia¹, Sabino Pereira da Silva Neto², Ademar Roberto Gross Filho¹, Áyzik Macedo Silva¹, José Luiz Gonçalves Tavares¹, Alessandra Farias da Silva¹

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 desse estudo foi realizar a modelagem variográfica da disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu por meio do ajuste dos modelos esférico, exponencial e gaussiano, ao semivariograma experimental, bem como a robustez dessas predições. A disponibilidade da biomassa da gramínea foi coletada em 50 pontos em área de 36,22 ha. Os dados referentes à produção de matéria seca de folhas verdes da pastagem foi submetida a análise descritiva, ao estudo geoestatístico e interpolação por krigagem ordinária. A modelagem variográfica da disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu foi caracterizada pelos modelos esférico, exponencial e gaussiano. Entretanto, apesar da aparente precisão dos ajustes, o modelo esférico apresentou melhor inferência segundo o critério de informação de Akaike e soma dos erros ao quadrado. Assim, a adoção de modelos com ajustes empíricos ou por critérios somente visuais levam há estimativas da disponibilidade de MS que não fletem a realidade da área.

Palavras-chave: estrutura do pasto; produção animal; semivariograma; variabilidade espacial; zootecnia de precisão

1. INTRODUÇÃO

A eficiência do sistema de produção animal em pastagens é ditada principalmente pelo crescimento, utilização e conversão da gramínea em produto animal (HODGSON, 1990). Assim, é necessário compreender a estrutura do pasto e sua relação com a forragem produzida e consumida pelos animais para então se fundamentar ações de manejo que possam ser racionais e sustentáveis (GONÇALVES, et al. 2009). A estrutura da pastagem é usualmente definida como a distribuição espacial da biomassa da gramínea numa determinada área (CARVALHO, et al., 2001).

A estrutura e à heterogeneidade do pasto pode ser inferida por meio da modelagem dos padrões espaciais e então estimados valores em locais não observados ou amostrados. Para isso, a estrutura ou dependência espacial do pasto deve ser representada pelo semivariograma que é a ferramenta central da geoestatística. Apesar disso, nem sempre os semivariogramas são robustos e/o precisos devido a influência do número de amostras e pela escolha do modelo que melhor se ajuste aos dados da semivariância experimental. Gross Filho et al. (2013) observaram que a estrutura espacial das características agronômicas do capim-Marandu podem ser preditas quando se utiliza no mínimo 120 pontos amostrais. Entretanto, não foram investigadas as diferenças entre os modelos ajustado ao semivariograma experimental da variabilidade espacial da gramínea.

Assim o objetivo desse estudo foi realizar a modelagem variográfica da disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu por meio do ajuste dos modelos esférico, exponencial e gaussiano, ao semivariograma experimental, bem como a robustez dessas predições.

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 chácara Nossa Senhora Aparecida, município de

Dianópolis – Tocantins. A área de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, utilizada no experimento, foi estabelecida no ano de 2008 a qual é mantida sob lotação contínua. Nessa área foram demarcados 50 pontos de coleta de forragem (Figura 1). Em cada ponto de amostragem pré-estabelecido realizou-se a coleta da gramínea com quadro de amostragem de 0,5 m² (0,5 x 1 m). A gramínea foi colhida à altura de 15 cm do solo e colocada em sacos identificados e levados para pesagem. Em seguida, foram levados à estufa para secagem a 55°C por 72 horas. Após secagem as amostras foram pesadas e seus pesos foram então convertidos para disponibilidade de matéria seca da gramínea expressa em g m⁻².

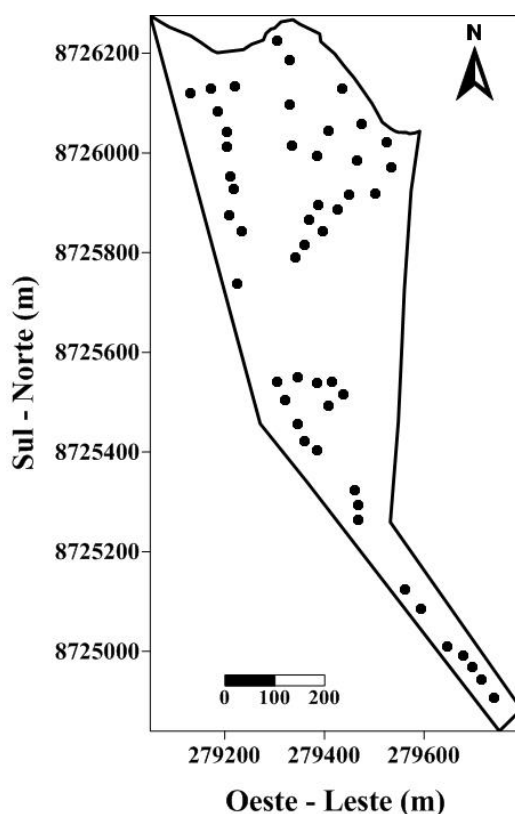


Figura 1 – Locais de coleta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Os dados da disponibilidade de matéria seca da gramínea foram submetidos à análise exploratória 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:

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

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 a disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu, 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 da disponibilidade de matéria seca da gramínea, o que permitiu a elaboração dos mapas de contorno, utilizando-se o software Surfer 8.0 com o auxílio da equação:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad \text{Equação (2)}$$

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 da disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu 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 análise descritiva da disponibilidade de matéria seca (MS) da pastagem de capim-Marandu são apresentados na Tabela 1. Observa-se que o mínimo e máximo apresentam valores distantes, o que indica que a área tem elevada heterogeneidade dos dados. Por meio do valor do coeficiente de variação (CV) que é classificado como alto, pode-se confirmar essa observação. A média e mediana também apresentam valores, relativamente, distantes o que tendência os dados à distribuição não normal. Assim, o teste de Shapiro-Wilks mostra que a disponibilidade de MS não apresenta distribuição normal dos dados.

Tabela 1 – Estatística descritiva da disponibilidade de matéria seca ($g\ m^{-2}$) em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Variável	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Coeficiente			p-valor ¹
					Varição	Curtose	Assimetria	
DMS ²	5,40	49,91	26,24	140,28	63,00	-0,13	0,55	0,01*

⁽¹⁾: teste de normalidade de Shapiro-Wilks, ^(*): significativo a 5%, ^(**): não-significativo a 5%, ⁽²⁾: Disponibilidade de matéria seca.

Apesar da ausência de distribuição normal dos dados os coeficientes de curtose e assimetria são próximos à zero, o que demonstra que a distribuição dos dados não apresenta caudas muito alongadas que possa comprometer os resultados do ajuste dos modelos ao semivariograma experimental. Assim, observa-se na Figura 1 que os modelos teóricos ajustados apresentam patamares bem definidos.

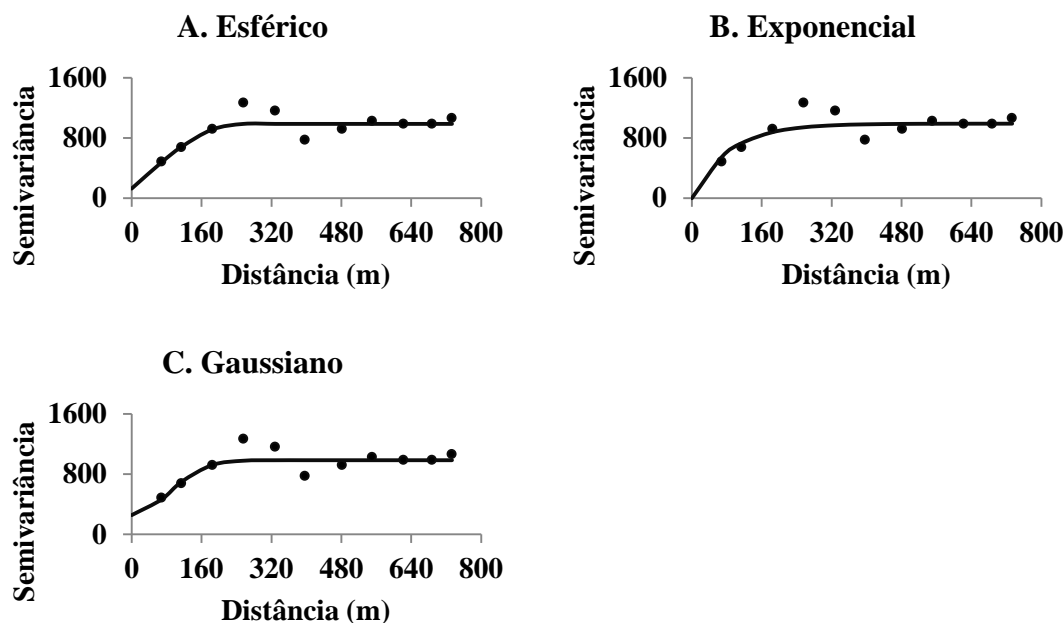


Figura 1 – Ajuste do modelo esférico (A), exponencial (B) e gaussiano (C) à semivariância experimental do valor da disponibilidade de matéria seca (g m^{-2}) em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

A distância máxima usada para construção dos semivariogramas foi de 800 metros, a qual representa 50% da diagonal da área de estudo. Os modelos ajustados ao semivariograma empírico foram o esférico, exponencial e gaussiano, onde aparentemente poderiam estimar a variabilidade espacial da disponibilidade de MS na pastagem de capim-Marandu.

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

Tabela 2 – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados ao valor da disponibilidade de matéria seca (g m^{-2}) em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Variável	Modelo	Parâmetro			SSE ⁴	AIC ⁵
		C_0 ¹	C_0+C_2	A^3		
DMS ⁶	Esférico	128,60	860,30	246,50	$16,51 \times 10^4$	138,20
	Exponencial	0,00	992,00	85,15	$20,45 \times 10^4$	140,50
	Gaussiano	255,80	730,50	118,20	$17,12 \times 10^4$	138,60

⁽¹⁾ C_0 : efeito pepita; ⁽²⁾ C_0+C_2 : patamar; ⁽³⁾A: alcance; ⁽⁴⁾SSE: raiz quadrada do erro quadrático médio; ⁽⁵⁾AIC: Critério de Akaike; ⁽⁶⁾: Disponibilidade de matéria seca.

Apesar dos valores de AIC e SSE dos modelos esférico e gaussiano estarem próximos, os seus valores de efeito pepita, patamar e alcance foram diferentes, obviamente devido às características matemáticas de cada um desses. Entretanto, os seus alcances foram bem maiores que o modelo exponencial o que pode ter influências sobre as estimativas geradas na interpolação dos dados. Isso, por que a krigagem ordinária usa o alcance de um atributo como indicativo que garante que todos os pontos dentro de um círculo com este raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (MACHADO et al.,

2007). Assim, alcances maiores, a depender da grade de amostragem, permitem o uso de um número maior de pontos para estimar outro ponto qualquer dentro desse círculo.

A partir dos ajustes dos modelos 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 mapas de contorno que expressam a variabilidade da disponibilidade de MS em função do modelo utilizado no ajuste. As superfícies de krigagem (Figura 2A, 2B e 2C) ilustram os padrões gerais dos semivariogramas discutidos acima permitindo visualizar os arranjos da distribuição espacial da disponibilidade de biomassa da gramínea na área investigada.

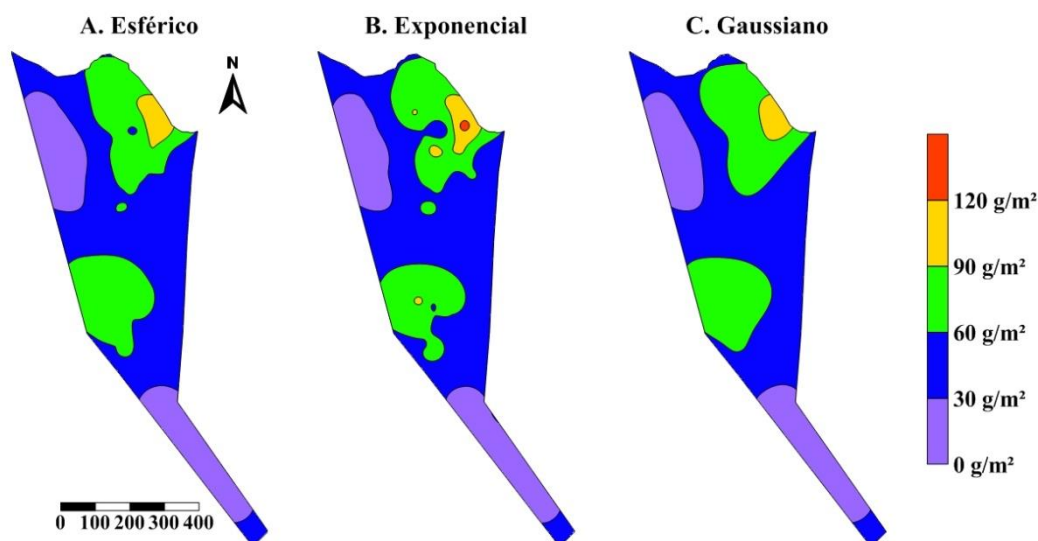


Figura 2 – Mapas representativos da disponibilidade de matéria seca (g m^{-2}) em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função do ajuste ao modelo esférico (A), exponencial (B) e gaussiano (C).

Na Figura 2A, 2B e 2C observa-se que os mapas da disponibilidade de MS do capim-Marandu são bem parecidos. Entretanto, pequenas diferenças podem ser notadas entre os mapas de cada modelo teórico. Assim, para detectar essas pequenas diferenças nos mapas realizou-se o cálculo da área da pastagem em cada intervalo e/ou classe de disponibilidade MS em função do modelo usado no ajuste.

Tabela 3 – Classes de disponibilidade de matéria seca (g m^{-2}) e suas respectivas áreas na pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função do modelo ajustado ao semivariograma experimental.

Classes de DMS ⁽¹⁾ (g m^{-2})	Modelo		
	Esférico	Exponencial	Gaussiano
	Área da pastagem ocupada pela classe (ha)		
0 – 30	7,40	7,08	7,16
30 – 60	17,67	18,77	17,80
60 – 90	10,25	9,25	10,46
90 – 120	0,90	1,07	0,80
120 – 130	0,00	0,06	0,00
Área Total (ha)	36,22	36,22	36,22

As áreas de cada intervalo de classe da disponibilidade de MS nos modelos esférico e gaussiano, de modo geral, pouco se distanciaram. Já o modelo exponencial, a partir da classe de 30 a 60 g m⁻², teve valores distintos dos outros modelos investigados. Lembrando que o ajuste do modelo exponencial da semivariância apresentou valores maiores de AIC e SSE o que indicaria avaliativamente ao técnico, a não adotar esse modelo para criar mapas de predição da disponibilidade de MS da pastagem de capim-Marandu.

6. CONCLUSÕES

A modelagem variográfica da disponibilidade de matéria seca do capim-Marandu foi caracterizada pelos modelos esférico, exponencial e gaussiano. Entretanto, apesar da aparente precisão dos ajustes, o modelo esférico apresentou melhor inferência segundo o critério de informação de Akaike e soma dos erros ao quadrado. Assim, a adoção de modelos com ajustes empíricos ou por critérios somente visuais levam há estimativas da disponibilidade de MS que não fletem a realidade da área.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. *In*: MATTOS, W.R.S. (Org.). Anais da XXXVIII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Piracicaba, 2001, v. 1, p. 853-871. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Import%C3%A2ncia%20da%20estrutura%20da%20pastagem%20na%20ingest%C3%A3o%20e%20sele%C3%A7%C3%A3o%20de%20dietas%20pelo%20animal%20em%20pastejo.pdf>> Acesso em 29 de ago 2014.
- GONÇALVES, E.N.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, C.E.G.; SANTOS, D.T.; DÍAZ, J.A.Q.; BAGGIO, C.; NABINGER, C. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de desfolhação e seleção de dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 611-617, 2009.
- GROSS FILHO, A.R.; SILVA NETO, S.P.; GARCIA, R.N.; SILVA, A.F.; MARTINS, N.T.L.; PENNO, M.S. Variabilidade espacial das características agrônômicas da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO DO IFTO, 4, 2013, Paraíso. **Anais...**Paraíso: IFTO. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/jice/paper/viewFile/5998/3126>> Acesso em 30 de ago 2014.
- HODGSON, J. **Grazing management**: science into practice. London: Longman Group, 1990. 200p.
- MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 591-599, 2007.