

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE PROPRIEDADES DO SOLO, PRODUÇÃO DO CAPIM-MARANDU E INTERRELAÇÃO COMINTENSIDADE DE PASTEJO

Nayara Martins Alencar<sup>1</sup>;  
Jonahatan Chaves Melo<sup>1</sup>;  
Antônio Clementino dos Santos<sup>2\*</sup>;  
Odislei Fagner Cunha<sup>1</sup>;  
Emerson Alexandrino<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Professor Associado I do PPGCat, EMVZ, UFT, [clementino@mail.uft.edu.br](mailto:clementino@mail.uft.edu.br)

<sup>2</sup>Discentes do Curso de Doutorado do PPGCat, EMVZ, UFT, , [nayara\\_ml@hotmail.com](mailto:nayara_ml@hotmail.com) , [aridouglas@mail.uft.edu.br](mailto:aridouglas@mail.uft.edu.br) e [otaciliosilveira@hotmail.com](mailto:otaciliosilveira@hotmail.com)

### RESUMO

Objetivou-se gerar informações sobre a variabilidade espacial de propriedades do solo e interrelação com a produção de forragem e a preferência de locais que os animais realizam o forrageamento em pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Syn. *Brachiaria brizantha*) sob lotação contínua. Para caracterização da área de pastagem foram realizadas coletas e medidas a campo em 108 pontos com distribuição em malha irregular, determinando-se os atributos químicos (pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al) e densidade do solo, produção de forragem, altura do dossel forrageiro, índice SPAD e intensidade de pastejo, no período mediano da estação chuvosa. Realizou-se o teste de normalidade, seguido de análise descritiva dos dados e análise geoestatística. As características químicas do solo e densidade do solo, bem como a produção e altura do pasto apresentaram dependência espacial, com mesmo padrão de resposta, inferindo que tais respostas são interrelacionadas. Os fatores que causam a variabilidade nas características do solo, também interferem nas relacionadas ao pasto influenciando em parte no pastejo animal. Os atributos químicos do solo, densidade, massa seca, altura e intensidade de pastejo, ajustaram-se ao modelo exponencial. A estimativa da variabilidade espacial dos atributos do solo juntamente com avaliação da disponibilidade do pasto, e os pontos de preferência do pastejo animal, são ferramentas importantes para estabelecer critérios de uso e manejo diferenciado dentro de uma mesma área de pastagem, na perspectiva de evitar degradação do solo e do pasto.

**Termos de Indexação:** *Urochloa brizantha*, estrutura do pasto, geoestatística, krigagem, preferência de pastejo

### SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PROPERTIES, PRODUCTION OF MARANDU-GRASSLAND AND INTERRELATION WITH THE GRAZING INTENSITY

#### SUMMARY

The objective of generating information on the spatial variability of soil properties (chemical and density) and interrelation with the production of forage, and local preference that animals perform foraging in *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Syn. *Brachiaria brizantha*) under continuous stocking. For characterization of the pasture area sampling were carried out and measures the field in 108 points with irregular mesh distribution, determining the chemical attributes (pH, organic matter, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al) and soil density, forage production, forage canopy height, SPAD and grazing intensity index, in the median period of the rainy season. The normality test, followed by a descriptive analysis of the data analysis and geostatistics. Although the present condition of operation, it was observed that the chemical characteristics of the soil and soil density, as well as production and pasture height space dependence, presented same pattern of response, inferring that such responses are inter-relation. The factors that cause variability in soil characteristics, also interfere in influencing pasture related in part in grazing animal. Chemical soil attributes, density, dry mass, height, and grazing intensity, set the exponential model. The estimation of the spatial variability of soil attributes together with assessment of the availability

of pasture, and animal grazing preference points, are important tools for establishing criteria for use and differentiated management within the same pasture area, in order to prevent degradation of the soil and grass.

**Index Terms:** *Urochloa brizantha*, sward structure, geostatistics, kriging, grazing preferably

## INTRODUÇÃO

A baixa produtividade no ecossistema de transição Cerrado-Amazônia está relacionada à ausência na reposição dos nutrientes do solo, falta de ajuste da carga animal, uso do fogo e o mau manejo do pastejo. Tais práticas são corriqueiras em pastagens cultivadas, e são responsáveis por impulsionar o processo de degradação, tornando-se problema presente em cerca de 50% dos 105 milhões de hectares com pastagens cultivadas no Brasil (Macedo, 2009). Os sistemas intensivos de produção de bovinos a pasto, com base no aproveitamento da fertilidade natural, levam declínio da produtividade das pastagens, levando a degradação do pasto. São necessárias práticas de manejo adequadas para manter a produtividade e a fertilidade dos solos (Marchão et al., 2009).

Os principais fatores que influenciam o animal na escolha de sítios preferenciais de pastejo e consequentemente a distribuições irregulares de excretas são as características morfológicas do pasto, composição bioquímica, a experiência-aprendizagem do animal e os mecanismos pós-ingestivos (Griffiths et al., 2003; Laca et al., 1992). A escolha do local de pastejo também pode ser afetada pelo tamanho do pasto, topografia, posição das cercas, proximidade e facilidade de acesso a locais atrativos como aguada, cochos, disponibilidade de lâminas foliares verdes e sombra (Páscoa & Costa, 2007; Trevisan et al., 2005). Produzir informações sobre o comportamento animal e localização dentro do pasto, auxiliam para delimitar locais ou ambientes a serem utilizados pelos animais em função das necessidades, além de caracterizar a heterogeneidade local e buscar a homogeneização por meio da distribuição de insumos conforme a necessidade local, dessa forma, buscando o equilíbrio na relação planta-animal (Carvalho et al., 2009).

É evidente a carência de informações para compreensão integrada da relação entre as características químicas, físicas do solo, sua cobertura e as zonas que efetivamente os animais efetuam atividade de pastejo em ambientes pastoris heterogêneos. Através da geoestatística é possível obter de informações sobre relações espaciais entre as variáveis, com possibilidade de gerar conjunto de informações práticas altamente aplicáveis às condições de campo. No entanto, Páscoa e Costa (2007) relataram que esta ferramenta é pouco utilizada, ao passo que este método de análise deixa inúmeras lacunas, pois o teste de média e regressão não retrata algumas das respostas biológicas que são de natureza espacial-temporal.

Neste sentido, objetivou-se levantar informações sobre a variabilidade espacial das propriedades do solo e interrelação com a produção de forragem, e a preferência de locais que os animais estabelecem o forrageamento em pasto de capim Marandu sob lotação contínua.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área de pastagem na Fazenda Nossa Senhora da Aparecida, próximo a Araguaína-TO, no mês de abril de 2012, nas coordenadas geográficas aproximadas de 07°07'39''S e 48°14'24''W. A vegetação da área em estudo é caracterizada como transição Cerrado-Amazônia, com clima Aw, tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno, segundo a classificação de Köppen (1948), com temperatura média de 28°C e precipitação pluviométrica em torno de 1800 mm anuais. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2013).

As variáveis relacionadas com os atributos químicos do solo, cobertura vegetal, altura do dossel forrageiro, valor SPAD (Soil Plant Analysis Development) foram avaliadas em 108 pontos de coleta amostrais por distribuição em malha

irregular em área de 16,71 ha, com declividade média de 10%. A área de estudo foi estabelecida à aproximadamente 20 anos, com pasto predominante de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. As amostras de solo foram retiradas na profundidade de 0-10 cm, acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para o Laboratório de Solos-EMVZ/UFT, foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2,0 mm e então obtidas amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), para determinação do pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, conforme a metodologia da Embrapa, (2009). Com os resultados obtidos nas análises químicas do solo, foi calculada a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC<sub>pH7</sub>), a capacidade de troca catiônica efetiva (CTC<sub>e</sub>), a percentagem de saturação por bases (V%), e a percentagem de saturação por Alumínio (m%). Para determinação da densidade do solo foi utilizado o método do torrão parafinado (Embrapa, 1997).

Em cada ponto de coleta foram realizadas medições do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), com base em duas leituras em três folhas (folha em expansão, primeira folha completamente expandida e última folha da base não senescente), obtendo-se a média de perfilho representativo da comunidade de perfilhos, com utilização de medidor portátil de clorofila SPAD CCM-200 (Opti-Sciences).

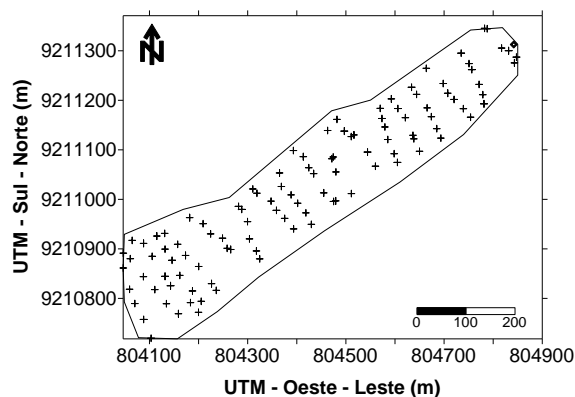
A altura do dossel forrageiro foi mensurada antes da coleta de solo e forragem, com auxílio de régua graduada, e seu valor considerado a média de seis leituras para escolha de área representativa da condição média do ponto de coleta. Consideraram-se a altura média e a intensidade de pastejo para atribuir pontos de forma subjetiva em escala de um a três pontos, com: 1) área no ponto de coleta pouco pastejado, com altura média acima de 20 cm, com folhas em expansão e completamente expandidas intactas; 2) área no ponto de coleta com folhas em expansão totalmente consumidas, pode apresentar folhas completamente expandidas em algum grau de consumo, com altura média entre 10-20 cm; e 3) condição extrema em que tanto folhas em expansão quanto expandidas foram consumidas, com altura média inferior a 10 cm.

Na altura média do pasto realizou-se amostragem, com base em quadro de amostragem de 1 x 0,6 m (0,6 m<sup>2</sup>), sendo toda a forragem contida em seu interior colhida rente ao solo e pesada para determinar a massa verde de forragem. Uma alíquota de cada ponto amostrado foi colocada em saco plástico, realizou-se homogeneização do material colhido e concomitantemente retirou-se outra alíquota geral, na qual foi realizado procedimento de secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura constante 55°C por 72 h, para determinação da disponibilidade total de massa seca no interior do quadro de amostragem (kg m<sup>-2</sup>).

O mapa geral da área e os pontos de coleta para realização do estudo dos atributos químicos e de física do solo, massa de forragem, leitura do valor SPAD, mensuração da altura do dossel forrageiro e intensidade do pastejo estão apresentados na Figura 1.

Para cada variável estudada realizou-se análise estatística descritiva, para observar as variações em torno da média aritmética através da: mediana, variância, coeficientes de variação, assimetria, curtose e o tipo de distribuição. Foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade, para testar hipótese de normalidade.

A dependência espacial foi caracterizada por meio de análise geoestatística (VIEIRA, 2000), as observações e autocorrelações entre locais vizinhos foram calculadas através do semivariância  $\hat{\gamma}(h)$ , utilizando o software GS+ (Robertson, 2008), estimado pela seguinte equação:  $\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$ . Em que N(h) é o número de pares de valores medidos [Z(x<sub>i</sub>), Z(x<sub>i+h</sub>)], separados pela distância h. Os valores de Z foram as variáveis estudadas, e os valores de x<sub>i</sub> e x<sub>i+h</sub> foram definidos pela localização geográfica dos pontos de coleta no campo. Os semivariogramas foram ajustados para definir os valores de efeito pepita (C<sub>0</sub>), patamar (C<sub>0</sub> + C) e alcance (A).



**Figura 1.** Mapa geral da área em estudo. \*Ponto de coleta para determinação dos atributos químicos e densidade do solo, massa de forragem e mensuração da altura do dossel forrageiro em Araguaína, TO (2014).

A seleção de modelos matemáticos e o ajuste dos semivariogramas foram realizados com base na menor soma do quadrado dos resíduos (SQR), no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e maior grau de dependência espacial (GDE).

A proporção dada pela equação:  $GDE = \left[ \frac{c}{c + c_0} \right] 100$

Permite classificar o GDE em: fraca para GDE <25%; moderada para GDE entre 25 e 75%; e forte para GDE >75% (ROBERTSON, 2008). A interpolação dos valores foi realizada pelo método geoestatístico de Krigagem, o que possibilitou a construção dos mapas de isolinhas das variáveis respostas através do software Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos atributos químicos e densidade do solo, massa de forragem, leitura do valor SPAD, mensuração da altura do dossel forrageiro e intensidade do pastejo estão apresentados na Tabela 1.

As médias e medianas das variáveis analisadas permaneceram próximas. O que indica baixa assimetria, que pode ser confirmada através dos valores dos coeficientes de assimetria e curtose, que demonstram que os parâmetros avaliados possuem distribuições assimétricas com valores próximos de zero, exceto os teores de K, Al e m%, com coeficientes de assimetria positivos e altos, com agrupamento dos valores acima do valor médio dessas variáveis (Tabela 1). Os valores do coeficiente de variação (CV) das variáveis analisadas foram classificados entre baixa (CV < 12%), média (12 < CV < 60%) e alta (CV > 60%) variabilidade, conforme proposta por Warrick & Nielsen (1980).

Os atributos pH, P, V% e Ds apresentaram baixa variabilidade, os atributos K, Al, m%, IP alta variabilidade, as demais variáveis, média variabilidade. Souza et al. (2006), em trabalho com Latossolo em diferentes relevos, encontraram baixo CV para pH, V% e Ds. Souza et al. (2008) avaliando a variabilidade de Argissolo, observaram baixa CV para pH e alto para os atributos Al e m%.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos parâmetros avaliados em área com capim-Marandu em Argissolo Vermelho Distroférico em Araguaína, TO (2014).

Variável	Média	Mediana	Variância	Coeficientes			KS <sup>1</sup>
				Varição (%)	Assimetria	Curtose	
MO (g kg <sup>-1</sup> )	16,57	16,4	15,22	23,54	0,60	0,54	0,072**
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,04	5,06	0,046	4,28	0,46	0,82	0,088*
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,505	0,50	0,0004	3,98	0,84	0,16	0,193*
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,16	0,13	0,012	69,00	1,34	0,94	0,264*
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,23	4,07	1,71	30,91	0,36	0,012	0,074**
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,49	3,44	0,58	21,92	0,47	-0,14	0,071**
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,14	0,12	0,012	76,03	2,28	6,27	0,198*
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,15	6,08	0,93	15,67	0,96	2,36	0,076**
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,89	7,66	1,92	17,58	0,31	-0,44	0,086*
CTC <sub>pH7</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13,88	13,77	2,8	12,06	0,56	0,49	0,085**
CTC <sub>e</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,88	7,57	1,83	17,16	0,38	-0,33	0,1004*
V (%)	56,69	56,9	35,23	10,47	0,005	-0,027	0,03**
m (%)	1,94	1,56	2,59	82,92	2,64	8,47	0,181*
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,16	1,15	0,015	10,83	0,193	-0,25	0,069**
MST (kg m <sup>-2</sup> )	0,52	0,53	0,024	29,54	-0,56	1,01	0,085*
Altura (cm)	26,36	26,45	74,03	32,63	-0,354	-0,19	0,067**
SPAD	8,40	8,20	6,10	29,41	0,26	1,08	0,077**
IP	1,52	2,00	0,84	60,05	-1,007	-8,07	0,02*

<sup>(1)</sup>KS: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, (\*) não significativo a 5%, (\*\*) significativo a 5%. MO: matéria orgânica; SB: soma de base; CTC<sub>pH7</sub>: capacidade de troca de cátions a pH 7; CTC<sub>e</sub>: capacidade de troca de cátions efetiva; V: saturação por base; m: saturação por alumínio; Ds: densidade do solo; MST: massa seca total; SPAD: valor spad; IP: intensidade de pastejo.

Os resultados referentes ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, indicaram normalidade para MO, Ca, Mg, H+Al, CTC<sub>pH7</sub>, V e Ds enquanto os demais parâmetros da fertilidade do solo não possuem distribuição normal. Estudando atributos químicos em Latossolo Souza et al. (2006), observaram normalidade para K, CTC<sub>pH7</sub> e V. Enquanto Silva Neto et al. (2011), em estudo da variabilidade espacial de atributos químicos do solo observaram distribuição normal apenas MO, CTC<sub>pH7</sub> e CTC<sub>e</sub>, levantando a hipótese de a falta de normalidade dos dados ocorreu devido à aplicação não uniforme de adubos ou mesmo pelo uso e manejo das áreas. Quanto às características relacionadas ao pasto, as variáveis altura e valor SPAD apresentaram distribuição normal, enquanto massa de forragem (MST) e intensidade de pastejo (IP) não foi significativo, indicando que os fatores que causam a variabilidade nas características do solo, também interferem nas características relacionadas ao pasto, dessa forma, influencia em parte no pastejo animal.

A distribuição não normal de algumas variáveis (pH, P, K, Al, SB, CTC<sub>e</sub>, m, MST e IP) não comprometeu o estudo da área, visto que, não ocorreu efeito proporcional, situação em que a média e a variabilidade dos dados são constantes, e os semivariogramas apresentam-se com patamares indefinidos e caudas alongadas, capaz de comprometer severamente as estimativas da krigagem ordinária (Isaaks & Srivastava, 1989). Segundo Camargo et al., (2010), a normalidade dos dados não é requisito para aplicação da geoestatística.

Todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial (Tabela 2), a MO, Ds, MST apresentaram forte grau de dependência espacial, enquanto as demais variáveis apresentaram dependência espacial moderada, resultados semelhantes aos de Souza et al., (2008) estudando atributos do solo em pastagem, observaram dependência espacial moderada para os atributos K, Ca, Mg, Al, SB, CTC<sub>pH7</sub>, CTC<sub>e</sub>, V%, m%. Os atributos químicos do solo, densidade, massa seca, altura, valor SPAD e intensidade de pastejo, ajustaram-se ao modelo exponencial, com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) dos modelos ajustados acima de 0,30, com baixa instabilidade, exceto o valor SPAD com 0,16, considerado mediamente instável.

O alcance (A) é parâmetro importante para estudo dos semivariogramas, pois significa à máxima distância em que uma variável está correlacionada espacialmente, garantindo que pontos vizinhos dentro círculo com este raio sejam semelhantes que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (Machado et al., 2007). Os maiores valores de alcance foram das variáveis K e SB com 3032 e 2586 m, respectivamente, enquanto SPAD, MO, Mg apresentaram os menores valores com 35, 41 e 44 m, respectivamente. Os altos valores de alcance que variam entre 1198 a 3033 m, indicam maior continuidade espacial nesses teores, independentemente do manejo do solo adotado na área.

A partir dos modelos obtidos, para os semivariogramas ajustados para cada variável estudada e constatando a dependência espacial, estimaram-se os valores não amostrados por meio do método de interpolação geoestatístico de Krigagem ordinária. Desta forma, com os valores estimados foi possível construir mapas de isolinhas para expressar a variabilidade das variáveis avaliadas na área de estudo (Figura 2, 3 e 4). Segundo Corá & Beraldo (2006) os mapas de isolinhas elaborados por meio da krigagem ordinária, levam em consideração a dependência espacial dos atributos, possibilitando a estimativa dos valores em qualquer posição dentro do campo de estudo sem tendência e com variância mínima, proporcionando maior precisão na elaboração dos mapas.

**Tabela 2.** Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores das variáveis analisadas em área com capim-Marandu estabelecido em Argissolo Vermelho Distroférico em Araguaína, TO (2014).

Variável	Modelo	Parâmetro						
		C <sub>0</sub> <sup>1</sup>	C <sub>0</sub> +C <sup>2</sup>	A <sup>3</sup> (m)	GDE <sup>4</sup> (%)	Classe	R <sup>2*</sup>	SQR <sup>5</sup>
MO	Exponencial	3,8	15,54	41	75,5	Forte	0,50	97,8
pH	Exponencial	0,027	0,056	253	50,1	Moderada	0,52	3.444 <sup>-4</sup>
P	Exponencial	0,0002	0,0004	174	50,1	Moderada	0,63	1.172 <sup>-8</sup>
K <sup>+</sup>	Exponencial	0,006	0,024	3032	73,2	Moderada	0,80	7.114 <sup>-6</sup>
Ca <sup>2+</sup>	Exponencial	0,93	1,87	315	50,0	Moderada	0,83	0,0676
Mg <sup>2+</sup>	Exponencial	0,28	0,55	44	49,2	Moderada	0,30	0,0201
Al <sup>3+</sup>	Exponencial	0,008	0,016	391	50,3	Moderada	0,50	5.156 <sup>-5</sup>
H+Al	Exponencial	0,72	1,45	1521	50,0	Moderada	0,71	0,0751
SB	Exponencial	1,50	3,00	2586	50,0	Moderada	0,79	0,099
CTC <sub>pH7</sub>	Exponencial	1,51	3,03	173	50,0	Moderada	0,54	0,367
CTC <sub>e</sub>	Exponencial	0,94	1,90	174	50,5	Moderada	0,60	0,175
V (%)	Exponencial	23,16	47,89	1198	51,6	Moderada	0,84	35,5
m (%)	Exponencial	1,58	3,40	370	53,5	Moderada	0,65	1,63
Ds	Exponencial	0,0033	0,015	65	78,0	Forte	0,61	5.567 <sup>-5</sup>
MST	Exponencial	0,0058	0,024	85	75,8	Forte	0,47	7.685 <sup>-5</sup>
Altura	Exponencial	33,7	67,41	115	50,0	Moderada	0,45	256
SPAD	Exponencial	2,80	6,455	35	56,6	Moderada	0,16	22,6
IP	Exponencial	0,57	0,857	786	33,5	Moderada	0,60	0,065

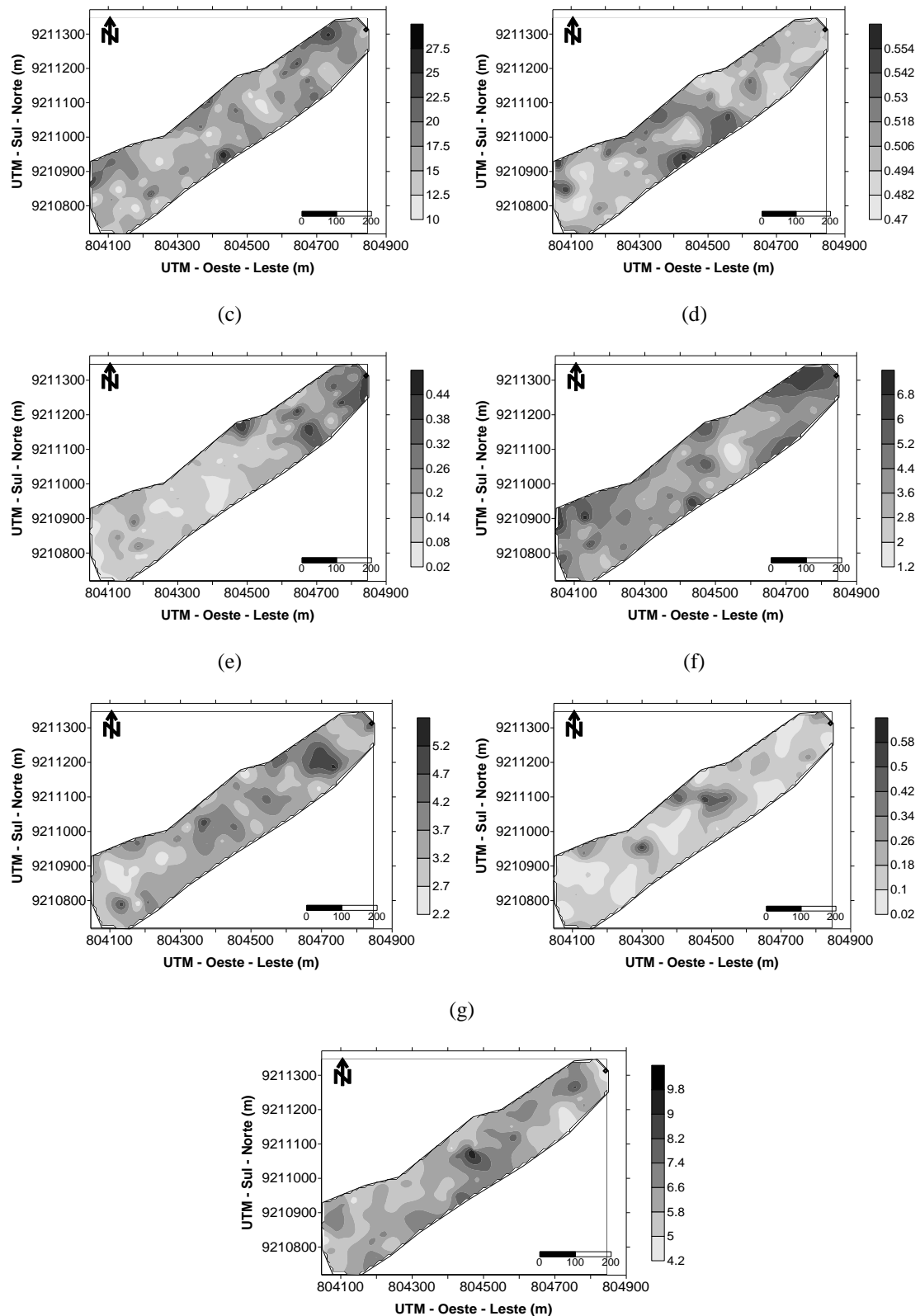
<sup>(1)</sup>C<sub>0</sub>: efeito pepita; <sup>(2)</sup>C<sub>0</sub>+C: patamar; <sup>(3)</sup>A: alcance; <sup>(4)</sup>GDE: grau de dependência espacial; <sup>(5)</sup>SQR: soma do quadrado dos resíduos; (\*) R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; M.O.: matéria orgânica; SB: soma de base; CTC<sub>pH7</sub>: capacidade de troca de cátions a pH 7; CTC<sub>e</sub>: capacidade de troca de cátions efetiva; V: saturação por base; m: saturação por alumínio;Ds: densidade do solo; MST: massa seca total; SPAD: valor spad; IP: intensidade de pastejo.

A distribuição espacial dos atributos químicos do solo (Figuras 2 e 3) possibilita identificar regiões heterogêneas, que estão relacionados com irregularidade na intensidade de pastejo, assim como, distribuição de excretas na pastagem. Essa caracterização permite a aplicação de corretivos e fertilizantes, bem como o manejo adequado para melhor aproveitamento da área de pastagem. É possível observar grande amplitude em alguns atributos do solo. Segundo Souza et al. (2008) a variação nos atributos químicos revela possíveis problemas que podem ocorrer quando se usa a média dos valores para o manejo da fertilidade, pois não permite a visualização da distribuição espacial.

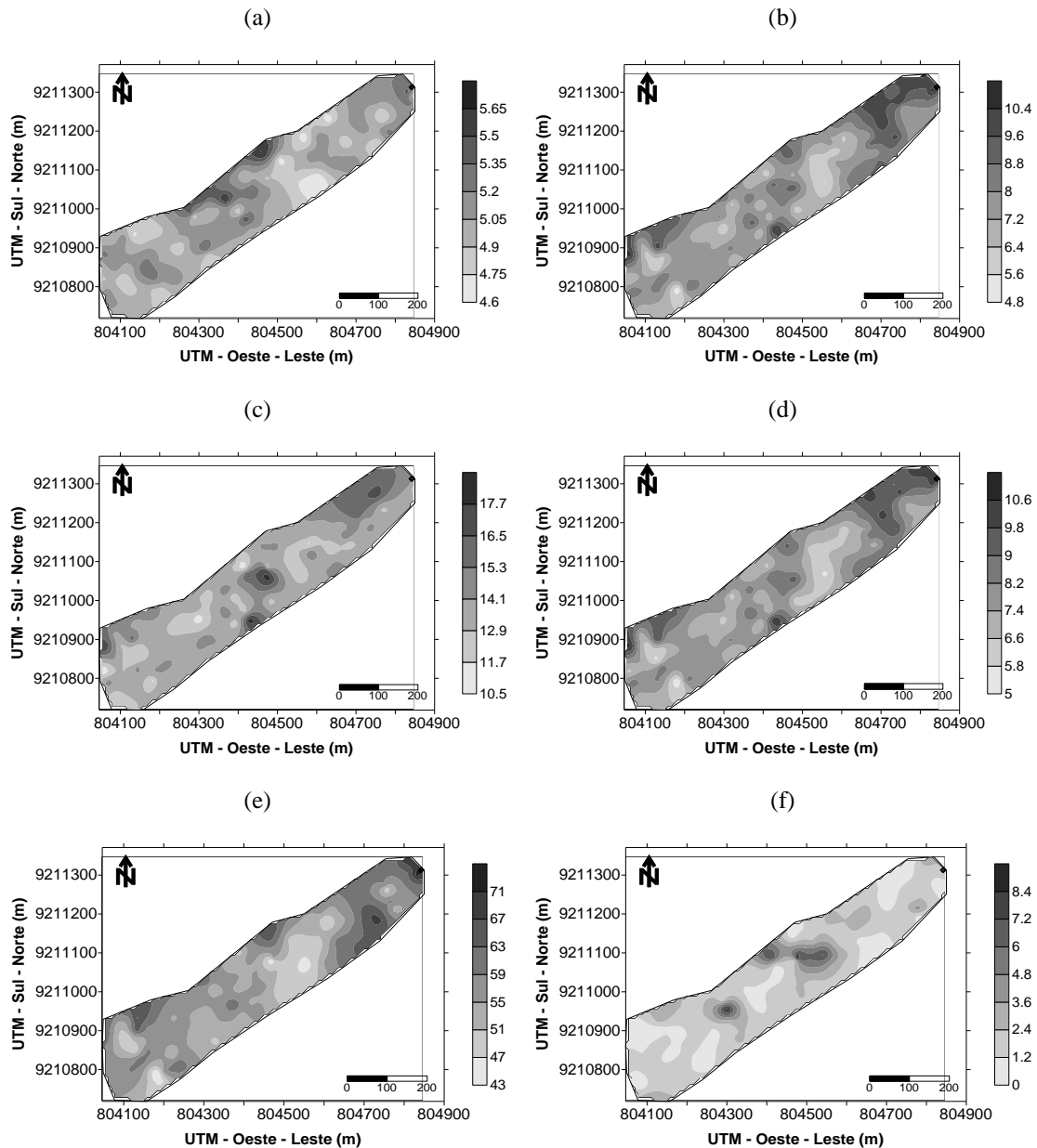
Através dos mapas de isolinhas foi possível verificar a relação inversa da intensidade de pastejo (Figura 4e) com massa seca total (Figura 4b) e altura do pasto (Figura 4c), indicando as zonas de preferência de pastejo na área da pastagem, que pode ter contribuído para maior densidade do solo (Figura 4a) em determinados locais que pode ter favorecido o aumento da densidade do solo.

(a)

(b)



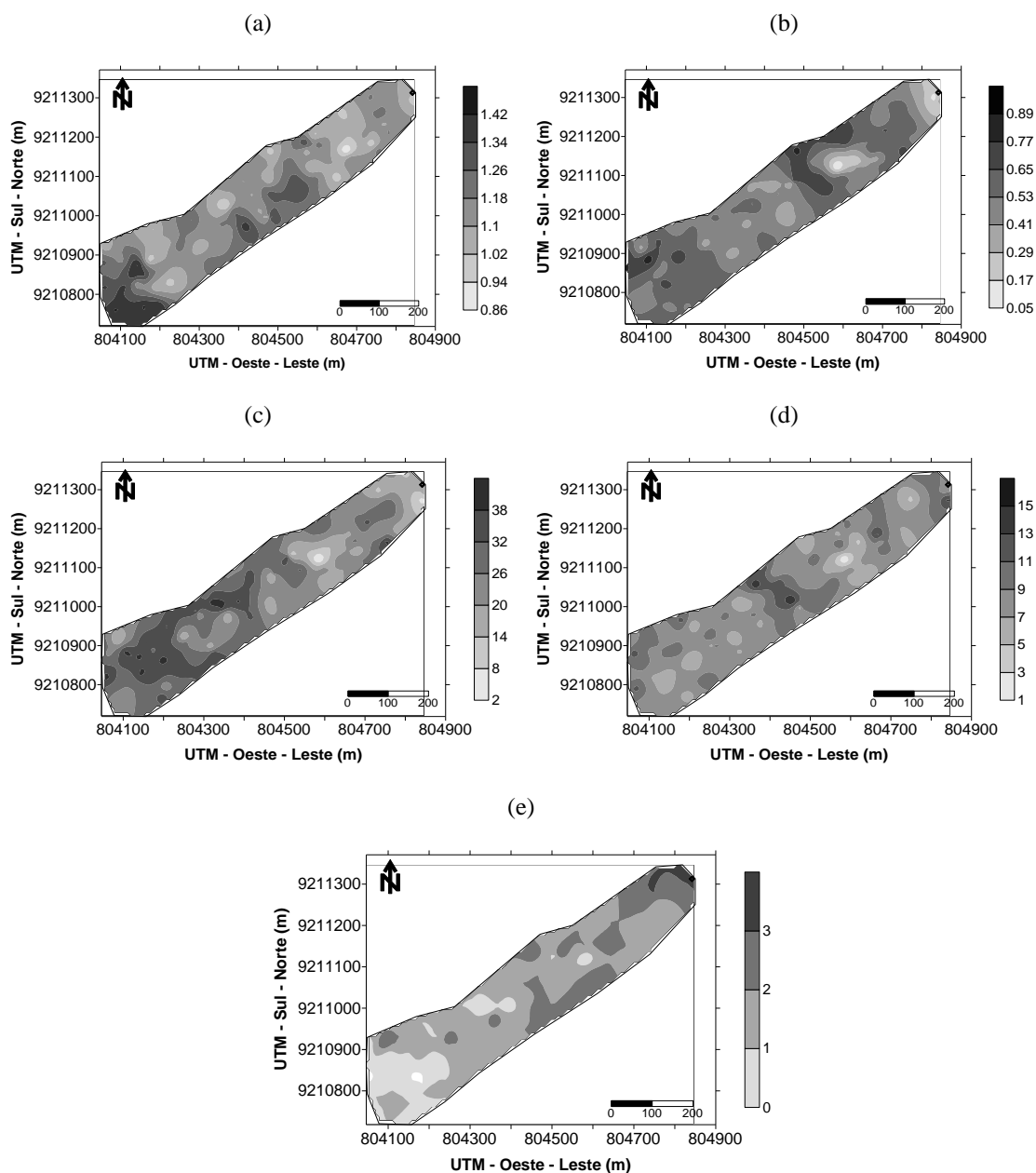
**Figura 2.** Mapas de isolinhas da distribuição espacial dos atributos químicos do solo: (a) MO - matéria orgânica (g kg<sup>-1</sup>); (b) P (mg dm<sup>-3</sup>); (c) K<sup>+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (d) Ca<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (e) Mg<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (f) Al<sup>3+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e (g) H+Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Araguaína, TO (2014).



**Figura 3.** Mapas de isolinhas da distribuição espacial dos parâmetros: (a) pH (CaCl<sub>2</sub>); (b) SB - soma de base (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (c) CTC<sub>pH7</sub> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (d) CTC<sub>c</sub> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); (e) V% - saturação por base e (f) m% - saturação por alumínio. CTC: capacidade de troca catiônica. Araguaína, TO (2014).

Os locais de preferência de pastejo (áreas com coloração mais escuras), também foram às áreas que se apresentaram com menores valores para MST e altura (áreas com coloração mais clara). Esses fatores estão relacionados ao tamanho excessivo da área da pastagem e a distribuição irregular dos pontos de preferência dos animais (aguada, cocho de sal e disponibilidade de sobra), locais que apresentam maior intensidade de pastejo, menor altura e massa de forragem. Para Thurow et al. (2009) as pastagens heterogêneas apresentam efeito sobre a oferta de forragem, modificando a estrutura do pasto, promovendo alterações na proporção de área ocupada pelos animais.





**Figura 4.** Mapas de isolinhas da distribuição espacial dos parâmetros: (a) Densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>); (b) MST (kg m<sup>-2</sup>); (c) Altura (cm); (d) SPAD e (e) Intensidade de pastejo. Araguaína, TO (2014).

A altura do pasto influencia na seletividade dos animais, a intensidade de desfolhação de lâminas foliares é reduzida com o aumento da altura do dossel forrageiro, resultando em maior consumo de folhas expandidas, mais longas e de difícil apreensão, com valor nutritivo provavelmente inferior (Palhano et al., 2005). A existência de sítios de pastejo heterogêneos na pastagem deve-se a ocorrência de pastejo desuniforme na área, em grande parte devido ao tamanho excessivo da área. Nestas condições os animais permanecem em local de pastejo (próximo ao local de preferência) até que o consumo de forragem diminua com o evoluir do período de ocupação, de modo que a massa de forragem se torne inferior à média do ambiente como todo, devido à remoção contínua de lâmina foliar.

Os animais em pastejo tendem consumir mais forragem de manchas com maiores massas de forragem (Hirata, 2002). No entanto, os mecanismos reguladores deste processo incluem situações de preferência por determinados sítios, os quais comportam conjunto de estações alimentares ou agregado de manchas de pastejo, destaca-se a quantidade de

nutrientes minerais disponíveis nas plantas, sobretudo de N e S, além do fácil acesso às folhas de acordo com sua distribuição espacial na comunidade vegetal e a elevada relação folha:colmo (Carvalho et al., 2001; Trevisan et al., 2005). A distribuição do valor SPAD não variou em intensidade na área de estudo, atribui-se que a variação nos pontos preferenciais de pastejo se deve em grande parte à estrutura do pasto e aos pontos de preferência que em conjunto determinam heterogeneidade no horizonte de pastejo de pastos manejados em lotação contínua.

## CONCLUSÕES

A estimativa da variabilidade espacial dos atributos do solo juntamente com avaliação da disponibilidade do pasto, e os pontos de preferência do pastejo animal, são ferramentas importantes que devem ser adotadas para manejo mais adequado do solo e da pastagem manejado em lotação contínua, pode-se por meio destas estabelecer critérios de uso e manejo diferenciado dentro da mesma área de pastagem, na perspectiva de evitar degradação pastagem e do solo.

O uso estratégico de cocho e bebedouro móvel, aliada a medições da altura para identificar, via análise espacial, os locais de menor pressão de pastejo de forma a coincidi-los com as zonas sub-pastejadas em grandes áreas de pastagens pode ser solução viável para controle da estrutura do dossel manejado em lotação contínua, além disso, essa técnica pode ser eficiente para preservar as nascentes bem como outros recursos hídricos normalmente encontrados neste ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio com as Bolsas no País/Iniciação Científica – Edital MCT/CNPq n.º 12/2010– IC, b) Edital MCT/CNPq 10/2010 – Apoio Técnico/Edital MCT/CNPq 10/2010 – AT- NS (Nível Superior); e c) Bolsas no País/Produtividade em Pesquisa – PQ – 2013 - Orientador (COAGR/CGAPB/DABS). Ao Programa de Apoio a Núcleos de Excelência – PRONEX/SECT/CNPq (Edital SECT/CNPq N.º 08/2010 – PRONEX). A capes pelas bolsas concedidas.

## LITERATURA CITADA

- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.
- CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hill slope curvatures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.3, p.617-630, 2010.
- 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. A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.853-871.
- CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C. NABINGER, C. GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n.s pe, p.109-122, 2009.
- CORÁ, J. E.; BERHALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.26, n.2, p.374-387, 2006.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013, 353p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2009. 627p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- GOLDEN SOFTWARE. Surfer for Windows version 8.0. Colorado: Golden, 2002.
- GRIFFITHS, W.M.; HODGSON, J.; ARNOLD, G.C. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. II. Regulation of bite depth. *Grass and Forage Science*, v.58, n.2, p.125-137, 2003.
- HIRATA, M. Herbage availability and utilisation in small-scale patches in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands*, v.36, n.1-2, p.13-23, 2002.
- ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

- KÖEPPEN, W. Climatologia: conun estudio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.
- LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.G. An integrated methodology for studying short-term grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, v.47, n.1, p.81-90, 1992.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38,n.spe, p.133-146, 2009.
- 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*, v. 31, n.3, p.591-599, 2007.
- MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BRUNET, D.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BROSSARD, M. Carbon and Nitrogen stocks in Brazilian clayer Oxisol: 13-year effects of integrated crop-livestock management systems. *Soil and Tillage Research*, v.103, n.2, p.442-450, 2009.
- PALHANO, A. L.; CARVALHO, P. C. F.; DITTRINCH, J. R.; MORAES, A.; BARRETO, M. Z.; SANTOS, M. C. F. Estrutura da pastagem e padrões de desfolhação em Capim-Mombaça em diferentes alturas do dossel forrageiro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p-1860-1870, 2005.
- PÁSCOA, A.G.; COSTA, M.J.R.P. Aplicação dos sistemas de informação geográfica para definição de estratégias de manejo de bovinos nas pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36,n.spe, p.45-51, 2007.
- ROBERTSON, G.P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's guide. Plainwell, Gamma Design Software, 2008. 152p.
- SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A.; NETO, D. N. N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 2, p. 541-552, 2011.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.30, n.4, p.589-596, 2008.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JUNIOR, J. PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. *Ciência Rural*, v.36, n.3, p.829-836, 2006.
- THUROW, J. M.; NABINGER, C.; CASTILHOS, Z. M. S.; CARVALHO, P. C. F.; MEDEIROS, C. M. O.; MACHADO, M. D. Estrutura da vegetação e comportamento ingestivo de novilhos e pastagem natural do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.5, p.818-826, 2009.
- TREVISAN, N. B.; QUADROS, F. L. F.; SILVA A.C. F.; BANDINELLI, D. G; MARTINS, C. E. N. Efeito da Estrutura de uma Pastagem Hiberna sobre o Comportamento de Pastejo de Novilhos de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.774-780, 2005.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. p.1-54.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press, 1980.