

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS
DO SOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA E DE SEQUEIRO:
IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAPIM
TIFTON 85**

Vera Lúcia Pegorer de Oliveira

Licenciada em Matemática

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS
DO SOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA E DE SEQUEIRO:
IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAPIM
TIFTON 85**

Vera Lúcia Pegorer de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

O48v Oliveira, Vera Lúcia Pegorer
Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo sob
pastagem irrigada e de sequeiro: impactos na produtividade e
qualidade do capim tifton 85.. / Vera Lúcia Pegorer de Oliveira. – –
Jaboticabal, 2012
x, 82 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: José Carlos Barbosa
Banca examinadora: Teresa Cristina Tarlé Pizzarra, Luiz Carlos
Pavani, Renato Farias do Valle Junior, Humberto Gois Candido.
Bibliografia

1. Dependência espacial. 2. Fertilidade do solo. 3. Lotação
rotacionada I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.452

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

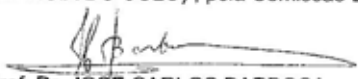
TÍTULO: VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB
PASTAGEM IRRIGADA E DE SEQUEIRO: IMPACTOS NA PRODUTIVIDA
DE E QUALIDADE DO CAPIM TIFTON 85

AUTORA: VERA LÚCIA PEGORER DE OLIVEIRA

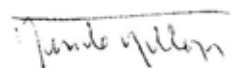
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

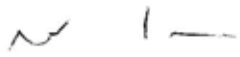
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

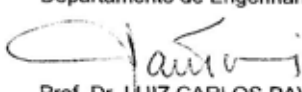

Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR
Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG


Prof. Dr. HUMBERTO GOIS CANDIDO
Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG


Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. LUIZ CARLOS PAVANI
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 28 de novembro de 2012.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

VERA LÚCIA PEGORER DE OLIVEIRA – Filha de Lino Pegorer e Ruth Pegorer, nascida em Uberaba – MG em 28 de maio de 1946. Mãe de Ana Cláudia Pegorer Bilharinho, Gustavo Pegorer de Oliveira e Ana Elisa Pegorer Navarro da Cruz e avó de: Vitor Pegorer Bilharinho, Giovanna Pegorer Bilharinho, Felipe Neves Pegorer de Oliveira, Lucas Neves Pegorer de Oliveira, Victor Funes Navarro da Cruz Neto e Gabriela Pegorer Navarro da Cruz. Licenciou-se em Matemática pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Faculdade de Educação em 1971. No ano de 1975, graduou-se em Licenciatura Plena em Matemática na Universidade de Uberaba - UNIUBE. Em 1982 especializou-se em Metodologia do Ensino Superior pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. E no ano de 2003, obteve o título de Mestre em Educação pela Universidade de Uberaba-UNIUBE. Iniciou sua carreira como servidora pública estadual - professora, nos diferentes ciclos: básico: fundamental e médio desde o ano de 1964 até a presente data, tendo lecionado Matemática I, Álgebra I, II e III e Álgebra Linear no curso de Licenciatura de Matemática e Ciências e na Engenharia Civil na UNIUBE e Estatística Básica e Aplicada, nos cursos superiores de Tecnologia em Alimentos, Tecnologia em Desenvolvimento Social e Bacharelado em Zootecnia e nos cursos técnicos de Informática e no Desenvolvimento de Comunidades, no IFTM, perfazendo com isso 43 anos de efetivo exercício. É professora do quadro permanente do Instituto Federal do Triângulo Mineiro onde ingressou por concurso público em 1996 – IFTM, lotada no Câmpus de Uberaba.

“Não sei se a vida é curta ou longa para nós, mas sei que nada do que vivemos tem sentido, se não tocarmos o coração das pessoas.

Muitas vezes basta ser: colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta, silêncio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre, olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.

E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida.

É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais, mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar.

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador por me conceder mais uma vez a oportunidade, a perseverança e força para continuar a busca pelo conhecimento.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Ao meu orientador e professor Dr. José Carlos Barbosa pela paciência e ensinamento, pela sua acolhida sempre tão pronta e amiga.

Ao pesquisador e professor Dr. João Antonio Galbiatti, coordenador do DINTER e a todos os professores do programa pelo exemplo de humanidade, educação e apoio ao grupo dos doutorandos, sempre acreditando no trabalho e no nosso potencial.

Ao Dr. Marcílio Vieira Martins Filho pela coorientação competente.

À banca de qualificação e defesa composta pelos pesquisadores e professores: Dr. Luiz Carlos Pavani, Dra. Teresa Tarlé Pissarra, Dr. Manoel Evaristo Ferreira, e ao Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pelas sugestões e ensinamentos precisos durante a qualificação e, principalmente, pela amizade e exemplo de vida.

Aos amigos e colegas queridos da pós-graduação Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz, Celso A. Mancin, Cléia Regina Fuchs, Dione Chaves de Macedo, José Antônio Bessa, José Renato de Souza, Luiz Alberto Rezende, Reginaldo R. de Andrade, Roberto Gil Rodrigues Almeida e Zilda Corrêa de Lacerda.

Aos amigos, Dr. Renato Farias do Valle Jr., Dra. Vera Lúcia Abdala, Mauro Machado, Dr. Antonio Carlos Barreto, Dr. Humberto Gois, Dr. Américo I. Ciociola Jr, Dr. Dawson José Guimarães Faria, Dr. Olegário e Dra. Maria Amélia da Silva Campos Souza, Dra. Mirian Tavares Dias Cardozo, Néria Maria de Assis Silva Teodoro, Maria de Fátima Santos Rensonnet, Adriano Elias e, em especial, ao Waldemar Pamplona da Silva e esposa Rosana pelo apoio e atenção.

Aos alunos Guilherme Acácio de Sene, Dilson José Rodrigues Júnior e Matheus Andrade Cunha, pelo apoio responsável em ações específicas e pela amizade.

À minha família e minha secretária para assuntos domésticos, Luce Mary Teodoro de Sousa, as quais nunca me abandonaram.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica – SETEC, do Ministério da Educação, pelo Programa - modalidade DINTER.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM, pela oportunidade desta pós-graduação.

Ao Ex- Reitor do IFTM, professor Dr. Eurípedes Ronaldo Ananias Ferreira e ao atual Reitor, Roberto Gil Rodrigues Almeida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Pastagens	4
2.1.1. O gênero <i>Cynodon</i> e o capim tifton 85	7
2.2. Calagem, adubação e composição química do solo	11
2.3. Uso da geoestatística para análise dos dados do solo e da forrageira	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Caracterização do experimento.....	25
3.2.1. Amostragens.....	35
3.2.2. Organização do trabalho com as variáveis	38
4.1. Análise estatística descritiva do solo	40
4.1.1. Sistema irrigado e sequeiro	40
4.2. Análise Geoestatística do Solo: Pasto Irrigado e Sequeiro	50
4.3. Análise da disponibilidade e qualidade do Capim Tifton 85	96
4.3.1. Análise pela estatística descritiva	96
4.3.2. Análise geoestatística dos parâmetros do tifton 85.....	103
4. 3.2.1 Considerações sobre os padrões encontrados	120
4.4. Considerações finais	122
5. CONCLUSÕES	124
6 REFERÊNCIAS.....	126

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA E DE SEQUEIRO: IMPACTOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAPIM TIFTON 85

RESUMO- As práticas de manejo do solo, aliadas ao manejo das culturas, têm como preocupação básica criar condições favoráveis para que a produção tenha resultados máximos a custo satisfatório, com o mínimo possível de danos ao meio ambiente. Este trabalho teve como objetivo mapear a dependência espacial da variabilidade de atributos químicos do solo sob o pasto de tifton 85 e de atributos relacionados com a produtividade e qualidade desta forrageira, em sistemas de sequeiro e irrigado, buscando, pela interpretação e comparação dos mapas de krigagem, encontrar padrões de relação em suas heterogeneidades. Ao investigar estas variabilidades, buscou-se contribuir com o aperfeiçoamento do manejo empregado em sistemas de exploração de área de pastagem irrigada e de sequeiro, com manejo em lotação rotacionada e adubação na saída dos animais dos piquetes. Para entender a distribuição espacial dos atributos químicos do solo e de atributos relacionados à produtividade e qualidade do capim tifton 85, este trabalho, utilizou ferramentas da geoestatística. As amostras do solo foram colhidas em rede de 48 pontos georreferenciados em cada sistema e as amostras do capim, no entorno desses pontos. Nos seus mapas, foram encontrados padrões que evidenciaram estruturas relacionadas, podendo-se verificar, pelo ajuste ao modelo esférico e a relação entre o efeito pepita e o patamar, que os atributos apresentaram dependência espacial forte ou moderada e que, portanto, não variaram de forma aleatória. Pela análise dos mapas, nas profundidades pesquisadas, foi evidenciada a manutenção das estruturas de distribuição dos elementos químicos do solo em profundidade, com diminuição dos seus teores. Conclui-se, portanto, que houve dependência espacial para todas as variáveis pesquisadas do solo e do tifton 85 e, através de mapas, pôde-se conhecer a distribuição espacial destes atributos, inclusive a distribuição espacial da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, sendo possível determinar a influência do manejo sobre o solo, interações com a produtividade e qualidade do tifton 85 e verificar a necessidade de manejo localizado e diferenciado dos atributos químicos do solo.

Palavras-chave: dependência espacial, fertilidade do solo, geoestatística, lotação rotacionada, mapas de krigagem, pastagem irrigada

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES UNDER UPLAND AND GRASSLAND IRRIGATED: IMPACT ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRASS TIFTON 85

ABSTRACT – The practices of soil management, allied to crop management have basic concern to create favorable conditions for the production, has cost satisfying the maximum results with the least possible harm to the environment. This study had the goal to map the spatial dependence of the variability of soil chemical properties under grazing Tifton 85 and the attributes related to productivity and quality of this forage systems in irrigated and dry land, searching for the interpretation and comparison of kriging maps, find patterns in their relationship heterogeneities. By investigating these variabilities, we sought to contribute to the improvement of management systems employed in exploration area of irrigated pasture and dryland, with management in rotational stocking and fertilization in animals left in the pickets. To understand the spatial distribution of soil chemical properties and attributes related to productivity and quality of Tifton 85, it was used geostatistical tools. Soil samples at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm were collected from the network of 48 georeferenced points in each system. Samples of grass were obtained in the surroundings of points. On generated maps were found patterns that characterize related structures and can be verified by setting the spherical model and the ratio of nugget effect and landing, strong or moderate spatial attributes of dependence and that not vary randomly. Therefore, there was spatial dependence in soil variables analyzed and Tifton 85. Also through analysis of maps, it could recongnize the spatial distribution of these attributes, including crude protein, neutral detergent fiber and in vitro digestibility of dry matter, being able to determine the influence of management on soil productivity and interactions with quality of Tifton 85, thus contributing to a more effective management, localized and differentiated, especially due to chemical attributes.

Keywords: spatial dependence, soil fertility, geostatistics, stocking rotated, kriging maps, irrigated pasture.

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no primeiro ciclo de coleta de amostras, fev-mar, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG.	26
FIGURA 2. Horas de insolação por dia no ciclo de fevereiro-março, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577))	27
FIGURA 3. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no segundo ciclo de coleta de amostras, out-nov, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577))	28
FIGURA 4. Horas de insolação por dia no ciclo de outubro-novembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577))	29
FIGURA 5. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no período entre as duas coletas de amostras, abril a setembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577))	30
FIGURA 6. Média de horas de insolação por dia entre o ciclo de fevereiro-março e outubro-novembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).	31
FIGURA 7. Vista aérea (Google) dos pastos do experimento no IFTM-Uberaba, com sobreposição das marcações dos pontos georreferenciados, sistemas de sequeiro, irrigado e setores (A, B, C, D, E e F).	33
FIGURA 8. Pastos do experimento no IFTM Uberaba com sobreposição das marcações dos pontos amostrais georreferenciados, nos sistemas de sequeiro e irrigado, em escala.	36
FIGURA 9. Mapas da distribuição do V% e da SB (mmolc dm ⁻³), no pasto irrigado, no ciclo fev-mar, início do verão, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, IFTM, 2010 (FUSO 23 DATUM SIRGAS2000).	56
FIGURA 10. Mapas de isolinhas para a distribuição de Ca e H+Al (mmolc dm ⁻³), MO (g dm ⁻³) e o pH, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, no pasto irrigado, ciclo de fev-mar, 2010. IFTM	58

FIGURA 11. Mapas de isolinhas para a distribuição de fósforo (mg dm^{-3}) e do potássio (mmolc dm^{-3}), em profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, pasto Irrigado. Ciclo de fev-mar e out-nov, 2010. IFTM	59
FIGURA 12. Mapa topográfico do pasto irrigado, IFTM.	60
FIGURA 13. Mapas da distribuição do Mg (mmolc dm^{-3}) no pasto irrigado, ciclos fev-mar e out-nov, nas duas profundidades, IFTM, 2010.	61
FIGURA 14. Mapas do V% e da Soma de Bases (SB), pasto irrigado, no ciclo de out-nov, 2010, profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, IFTM. (FUSO 23 DATUM SIRGAS2000).	62
FIGURA 15. Mapas de isolinhas para a distribuição da CTC e MO (g dm^{-3}), no pasto irrigado, ciclo de fev-mar. Profundidade 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010.	63
FIGURA 16. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al (mmolc dm^{-3}), MO (g dm^{-3}) e pH, no ciclo de pastagem de out-nov, pasto irrigado, profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm. IFTM, 2010	64
FIGURA 17. Mapa topográfico do pasto de sequeiro, IFTM, Uberaba	65
FIGURA 18. Mapas de isolinhas da distribuição da Matéria orgânica (MO) (g dm^{-3}), no sistema de sequeiro, profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm e no ciclo de pastagem de fev-mar. IFTM, 2010	66
FIGURA 19. Mapa de isolinhas da distribuição da matéria orgânica (g dm^{-3}), no sistema de sequeiro, ciclo de pastagem de out-nov, primavera. IFTM, 2010 (Coordenadas em UTM, norte e leste, em metros).	67
FIGURA 20. Mapas de isolinhas da distribuição do V% (saturação por bases) e SB (soma de bases em mmolc dm^{-3}), no pasto do sistema de sequeiro, ciclo de pastagem: fev-mar, nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM. 2010 (Coordenadas UTM, em metros)	68
FIGURA 21. Mapas de isolinhas da distribuição do V% (saturação por bases) e SB (soma de bases), no pasto do sistema de sequeiro. Ciclo de pastagem: out-nov, nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010 (Coordenadas UTM, em metros)	69
FIGURA 22. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al (mmolc dm^{-3}) e pH, no pasto sequeiro, ciclo de pastagem fev-mar, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010	71
FIGURA 23. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al (mmolc dm^{-3}) e pH, no sistema de sequeiro, ciclo de pastagem de out-nov, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010	72
FIGURA 24. Mapas de isolinhas da distribuição do fósforo (P resina, em mg dm^{-3}), do sistema de sequeiro, verão e primavera, ciclo de pastagem de fev-mar e out-nov, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm (Coordenadas UTM, em metros)	73

- FIGURA 25. Mapa de isolinhas da distribuição do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), ciclo de coleta do verão e da primavera, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, sistema de sequeiro. IFTM, 2010. 75
- FIGURA 26. Mapas de isolinhas da distribuição do magnésio (Mg), em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, ciclo do verão e da primavera, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010 (Coordenadas UTM, em metros). 76
- FIGURA 27. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto irrigado: áreas de teor baixo de 5 a 13 mg dm^{-3} , e de teor médio do atributo, com hachuras, 13 a 30 mg dm^{-3} , no ciclo de pastagem de fev-mar, verão, na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010. 77
- FIGURA 28. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto irrigado: áreas de teores baixo (5 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras) do atributo, em out-nov, primavera, na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010 78
- FIGURA 29. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto sequeiro: áreas de teor baixo (5 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras), no ciclo de fev-mar (verão), na 79 profundidade de 0 a 20 cm.
- FIGURA 30. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto de sequeiro: áreas de teor baixo (9 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras), no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010 80
- FIGURA 31. Mapa de isolinhas do potássio, no pasto irrigado: áreas de teores muito baixo (0,5 a 0,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), baixo (0,7 a 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010 81
- FIGURA 32. Mapa de isolinhas de potássio, no pasto irrigado: áreas de teor muito baixo (menor que 0,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), baixo (de 0,7 a 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm 82
- FIGURA 33. Mapa de isolinhas de potássio, pasto sequeiro: áreas de teor muito baixo (menor que 0,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), baixo (entre 0,7 e 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm. 83
- FIGURA 34. Mapa de isolinhas de potássio, no pasto sequeiro: áreas de teor muito baixo (abaixo de 0,7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), baixo (entre 0,7 e 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm 84
- FIGURA 35. Mapas de isolinhas da distribuição dos teores de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), no sistema irrigado, na profundidade de 0 a 20 cm, em fev-mar e out-nov. IFTM, 2010 86

- Figura 36. Mapas de isolinhas da distribuição do Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), no sistema de 87
sequeiro, no ciclo de fev-mar e out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm.
IFTM, 2010.
- FIGURA 37. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl_2). Acidez alta (até
o nível 5) e média (em hachuras), no ciclo fev-mar (verão), na 88
profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto irrigado. IFTM, 2010.
- FIGURA 38. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl_2). Acidez alta
(abaixo do nível 5) e média (em hachuras), no ciclo out-nov
(primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto 89
irrigado. IFTM, 2010.
- FIGURA 39. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl_2). Acidez alta
(abaixo de 5) e média (em hachuras), no ciclo fev-mar (verão), na
profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto sequeiro. IFTM, 2010 90
- FIGURA 40. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl_2). Acidez alta
(abaixo de 5) e média (em hachuras), no ciclo out-nov (primavera),
na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto de sequeiro. 91
IFTM, 2010.
- FIGURA 41. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no solo do pasto
irrigado, no ciclo de pastagem de fev-mar (verão), na profundidade
de 0 a 20 cm, teor baixo (menor que 50%) e médio (em 92
hachureado). IFTM, 2010.
- FIGURA 42. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto irrigado, no
ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, teor
baixo (menor que 50%) e médio (hachureado). IFTM, 2010. 93
- FIGURA 43. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto de sequeiro,
no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm, teor baixo
(abaixo de 50%), médio (em hachureado), muito baixo (intervalo 94
de 20 a 25%). IFTM, 2010.
- FIGURA 44. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto de sequeiro,
no ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, teor
baixo (menor que 50%), médio (em hachureado). IFTM, 2010. 95
- FIGURA 45. Mapas de isolinhas das variáveis: PB (%), altura no ponto de
inflexão (cm), FDN (%) e disponibilidade de matéria verde (Disp 106
.M.V.) do pasto irrigado (mil kg ha⁻¹), no ciclo de pastagem de
fevereiro-março, 2010.
- FIGURA 46. Mapas do fósforo (P) em mg dm^{-3} , do potássio (K) em mmol_c
 dm^{-3} , da saturação por bases (V%) e do pH, no pasto irrigado, no
ciclo de fevereiro-março, profundidade de 0 a 20 cm. Níveis de
fertilidade: área com nível muito baixo (K), baixo, e em nível médio
(hachuras). Valores dos eixos em UTM (norte e leste) em metros 107

FIGURA 47. Mapas de isolinhas da matéria orgânica (g dm^{-3}) e digestibilidade <i>in vitro</i> da M.S. (%), no pasto irrigado de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, 2010. IFTM, 2010.	108
FIGURA 48. Mapas da PB (%), altura no ponto de inflexão (cm), FDN (%) e disponibilidade de matéria verde (M.V.) do pasto sequeiro em mil kg ha^{-1} , ciclo de pastagem de fevereiro-março, 2010.	109
FIGURA 49. Mapas de isolinhas das distribuições do fósforo (P) em mg dm^{-3} , do potássio (K) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, da saturação por bases (V%) e do pH, no pasto sequeiro, no ciclo de fevereiro-março, na profundidade de 0 a 20 cm. Níveis de fertilidade: muito baixo (no K), baixo e em hachuras (nível médio). Valores dos eixos em UTM em metros. IFTM, 2010.	111
FIGURA 50. Matéria orgânica (g dm^{-3}) e digestibilidade <i>in vitro</i> da M.S.(%), no pasto sequeiro de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, 2010. IFTM, 2010.	112
FIGURA 51. Mapas de isolinhas da distribuição da altura no ponto de inflexão (cm), proteína bruta (%), disponibilidade de matéria verde (mil kg ha^{-1}) e FDN da forrageira (%), no pasto irrigado de tifton 85, ciclo de pastagem de outubro -novembro, 2010.	113
FIGURA 52. Mapas de isolinhas das distribuições do fósforo (P) em mg dm^{-3} , do potássio (K) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, do pH e da saturação por bases (V%), no pasto irrigado, no ciclo de outubro-novembro, IFTM, 2010.	114
FIGURA 53. Mapa de isolinhas da distribuição da matéria orgânica (g dm^{-3}), no pasto irrigado de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, IFTM, 2010.	115
FIGURA 54. Mapas de isolinhas das distribuições da altura no ponto de inflexão (cm), proteína bruta (%), disponibilidade de matéria verde (mil kg ha^{-1}) e FDN da forrageira (%), no pasto de sequeiro de tifton 85, no ciclo de pastagem de outubro-novembro, IFTM, 2010.	116
FIGURA 55. Mapa topográfico da área do pasto de tifton 85, sistema de sequeiro e sobreposto ao relevo, o mapa da proteína bruta (PB) em outubro-novembro, 2010. Mapas com eixos em coordenadas UTM em metros	117
FIGURA 56. Mapa topográfico da área do pasto irrigado de tifton 85 e, sobreposto ao relevo, o mapa da FDN e o da proteína bruta, em outubro-novembro, 2010. Eixos em coordenados UTM em metros	118
FIGURA 57. Mapas de isolinhas das distribuições do V%, do pH, do P e do K, solo do pasto de sequeiro, em outubro-novembro, IFTM, 2010.	119

- FIGURA 58. Padrão de distribuição do pH e V% com evidente correspondência entre os dois mapas de isolinhas, no pasto de sequeiro, no ciclo de coleta em outubro-novembro, 2010 120
- FIGURA 59. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da altura no ponto de inflexão e da disponibilidade de matéria verde, no pasto irrigado, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010. Eixos em UTM em metros 121
- FIGURA 60. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da proteína bruta e da fibra em detergente neutro, no pasto irrigado, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010 121
- FIGURA 61. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da fibra em detergente neutro e da proteína bruta, no pasto de sequeiro, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010. 122

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Estatísticas descritivas das variáveis químicas do solo nos ciclos fevereiro-março e outubro-novembro, em 2010, nas profundidades 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no sistema irrigado	41
TABELA 2. Estatísticas descritivas das variáveis químicas do solo no ciclo de fevereiro-março e outubro-novembro, em 2010, nas Profundidades 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no sistema de sequeiro	43
TABELA 3. Modelo e parâmetros do semivariograma experimental de atributos químicos do solo, no pasto irrigado, nas profundidades de 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no IFTM, Uberaba, 2010	51
TABELA 4. Modelo e parâmetros do semivariograma experimental de atributos químicos do solo, no pasto de sequeiro, nas profundidades de 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no IFTM, Uberaba, 2010	52
TABELA 5. Análise descritiva de atributos do tifton 85. Pasto irrigado e sequeiro, verão (ciclo de coleta de fev-mar) e primavera (ciclo de coleta de out-nov), IFTM, Uberaba, 2010	97
TABELA 6. Análise descritiva: máximos e mínimos; coeficiente de simetria e curtose dos atributos do tifton 85, no pasto irrigado e de sequeiro, no ciclo de pastagem de fevereiro-março e outubro-novembro. IFTM, 2010	102
TABELA 7. Parâmetros do semivariograma, modelo esférico, de atributos do capim tifton 85. Pasto irrigado e sequeiro. Ciclo de pastagem fevereiro-março (E1) e outubro-novembro (E2). IFTM, 2010.	104

1. INTRODUÇÃO

As práticas de manejo do solo aliadas ao manejo das culturas objetivam sempre criar condições favoráveis para resultados máximos de produção, a custo satisfatório, sem prejuízos ao meio ambiente. As práticas de produção de forragem, no Brasil, durante muitos anos, se caracterizaram por um modelo de exploração extrativista de baixo custo, mas também de baixa produtividade. Com isto e por possuir extensas faixas de seu território destinadas à produção pecuária, o Brasil se destacou como grande competidor internacional na exportação de carne bovina e, internamente, é grande a sua produção de leite e derivados. Este sistema de produção extrativista, pela utilização de queimadas e outras práticas inadequadas, veio pouco a pouco, provocando degradação ambiental, mostrando não ser uma prática sustentável.

O uso intensivo das pastagens e o manejo inadequado causam a degradação das pastagens, uma ameaça à sustentabilidade do sistema. A necessidade de utilização de práticas mais adequadas ao cultivo de forrageiras impõe a experimentação de desempenhos sistêmicos mais competitivos que influam positivamente na relação custo/benefício da produção pastoril. Nesta busca, alguns fatores podem ser otimizados pelo manejo do homem, entre eles, são passíveis de utilização e aperfeiçoamento as técnicas de correção da acidez do solo, de fertilização, de irrigação e o uso de espécies de forragem mais produtivas e adequadas. Mas as interferências antrópicas podem agravar a heterogeneidade natural da distribuição dos elementos químicos do solo, proveniente do material de origem e das intempéries climáticas ao longo dos anos.

A distribuição desses elementos e a distribuição dos atributos relacionados à produtividade e qualidade das culturas, entre elas, a produtividade e qualidade das plantas forrageiras, são tratadas, ainda, preferencialmente como sendo distribuições aleatórias e os diagnósticos para interferência, objetivando a produção, tratam essas características como sendo uniformemente distribuídas no espaço. Isto acarreta ações de correção e manutenção do solo e interpretações dos resultados sobre as culturas baseadas na utilização de médias, ocasionando planejamento e ação que não conseguem descrever, planejar e atuar sobre as condições de heterogeneidade

que as caracterizam. Se a correção e as ações de fertilização e produção partem do princípio de homogeneidade, toda a área receberá um tratamento homogêneo.

Para entender a distribuição espacial com vistas a um desempenho mais eficiente e interferências mais precisas, as análises dos atributos envolvidos no planejamento desta prática têm sido realizadas com ferramentas da geoestatística que, aceitando a hipótese da heterogeneidade, permitem modelar a dependência espacial dessas variabilidades e, através de métodos de interpolação, fazer estimativas dos valores em locais não amostrados, dessa forma, descrever essas variações em mapas de isolinhas. Se a correção e as ações de fertilização e produção partem, então, do princípio de heterogeneidade, a área não receberá um tratamento homogêneo. Se as variações dos atributos são espacialmente conhecidas, tem-se a possibilidade de que as interferências aconteçam conforme as necessidades locais e específicas.

A análise geoestatística dos elementos físico-químicos do solo vem sendo utilizada há algumas décadas de forma crescente. A distribuição espacial de propriedades do solo, sua dependência da distância das amostras, vem se contrapondo à ideia da distribuição aleatória espacial dessas propriedades. Em relação à distribuição espacial das variáveis ligadas à ideia de produção, estudos têm mostrado que a produtividade também não se estabelece de modo uniforme em todas as áreas, sua distribuição se agrega em manchas de maior ou menor produtividade e já se recorre à análise da distribuição espacial dessas características. No entanto, as análises geoestatísticas para determinação da dependência espacial das variáveis qualitativas, como a análise da porcentagem de proteína bruta, da fibra em detergente neutro de gramíneas e sua digestibilidade in vitro, não têm sido feitas.

A geoestatística é, pois, uma ferramenta que atende ao objetivo do desenvolvimento de práticas agrícolas com vistas à melhoria da relação custo/benefício, por propiciar conhecimentos, pela identificação das subáreas heterogêneas do solo, para a aplicação, a taxas variadas, de acordo com as reais necessidades de cada local, de corretivos e adubos, o que implica na redução de custos, sem danos ambientais e, quando a serviço do conhecimento da variabilidade do rendimento das culturas, colabora com o desenvolvimento das técnicas aplicadas

pela agricultura de precisão. A análise geoestatística da distribuição espacial de atributos da qualidade da cultura abre mais um espaço para o estudo das relações entre os atributos e entre essas variáveis e a fertilidade do solo.

No entanto, há carência de pesquisas sobre a variabilidade espacial dos elementos químicos do solo sob pastagem irrigada, explorada em manejos que utilizam a lotação rotacionada. A aplicação regular e constante dos insumos, o uso da irrigação e outras técnicas, interferências sistemáticas no solo com o planejamento baseado na utilização de valores médios das análises de elementos químicos do solo e distribuição homogênea para toda área exigem acompanhamento avaliativo que propicie o conhecimento das consequências destas práticas para o solo e para a produção e qualidade das forrageiras.

Partindo da hipótese que as interferências sistemáticas no solo sob pasto piqueteado da gramínea tifton 85, com manejo em lotação rotacionada, em experimento implantado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, em Uberaba – MG, em sistema de sequeiro e irrigado, com adubação sistemática após a saída do gado leiteiro de cada piquete, não estariam conseguindo atender à heterogeneidade da distribuição dos elementos químicos e, desta forma, não estariam determinando a produção máxima e a melhor qualidade da gramínea, este trabalho teve como objetivo investigar a dependência espacial da variabilidade de atributos químicos do solo sob o pasto de tifton 85 e de atributos relacionados com a produtividade e qualidade desta forrageira, buscando, pela interpretação e comparação dos mapas de krigagem, encontrar padrões de relação em suas heterogeneidades, procurando, desta forma, contribuir com o aperfeiçoamento do manejo empregado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pastagens

O bom desempenho da forrageira está relacionado à sua qualidade genética (VAN SOEST, 1994), aos atributos físicos e químicos do solo, à umidade que lhe é proporcionada pelo regime de chuvas ou irrigação e por fatores que não dependem da ação antrópica, tais como, luminosidade, temperatura, declividade do terreno (SANTOS, 2006; CAMARGO et al., 2001).

A produção de massa verde da forragem tem ampla variação, mesmo em região pretensamente uniforme, em função das condições físicas e químicas do solo, das variações climáticas e das condições de manejo. Por intermédio do manejo, busca-se, por diferentes parâmetros, inclusive pelo controle da altura do pasto e/ou idade de rebrota (TAMASSIA et al., 2001; PACIULLO et al., 2001), influir sobre a disponibilidade da forrageira e, desta forma, sobre o dossel e o controle da interceptação de luz, necessária para a ocorrência de fotossíntese e sobre o cuidado na promoção do desfolhamento antes de sua senescência. A idealização e a formulação de estratégias de manejo do pastejo com base em metas de pasto passam a ser uma alternativa real e condição básica para a melhoria e aumento da eficiência produtiva (DA SILVA ; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

Há, apesar de um manejo dito homogêneo, uma natural variabilidade das características descritoras da estrutura do pasto, causada por diversos fatores, entre eles, a própria ação do pastejo, pela desfolhação seletiva por parte dos ruminantes, pelo pisoteio, pelas adições de fezes e urina, pela ondulação do terreno, por sua condição física e pela ação dos insumos em aportes não totalmente homogêneos sobre uma área que naturalmente, por sua história de ocupação e formação, já era heterogênea (PARSONS; PENNING, 1988; CARVALHO et al., 2001).

Essas características descritoras estão relacionadas e são afetadas pelas alterações do balanço entre os processos de morte e aparecimento dos perfilhos, estruturas importantes para a estabilidade da forrageira, responsáveis pela persistência da espécie, pela produtividade da massa verde que caracterizará a

arquitetura do dossel e, como consequência, pela eficiência fotossintética da área foliar (SILVA et al, 2008).

O perfilho, que corresponde à unidade básica da pastagem, é o responsável pela reposição dinâmica e sucessiva de folhas que se apresentam em diferentes estágios, do aparecimento à senescência (HODGSON, 1990).

Oliveira (1999) afirmou que a produtividade da massa verde da forrageira tem relação com a contínua produção de folhas e perfilhos. A preocupação com a produção dos perfilhos deve orientar o controle do desfolhamento nas condições de corte ou pastejo. O aumento na produção de massa verde do pasto acontece por meio de dois processos: o aumento do número de perfilhos por m² e/ou o aumento da massa de cada perfilho, o que depende de fatores internos e externos à planta como o genótipo, o florescimento, a temperatura, a luminosidade, o manejo que impõe o corte ou o período de pastejo e a nutrição mineral (OLIVEIRA 1999).

A importância do Índice de Área Foliar (IAF), que está diretamente ligado à altura da planta e ao intervalo de corte, determinados para cada espécie em particular, se deve ao fato de que o princípio básico do desenvolvimento da forrageira é a transformação da energia solar em compostos orgânicos, através da fotossíntese. Independente da temperatura, a luminosidade é necessária à síntese de açúcares e ácidos orgânicos, promovendo elevação nos teores de açúcares solúveis, aminoácidos e ácidos orgânicos (HEATH et al., 1985).

No desenvolvimento do dossel, o aparecimento de novas folhas, alterando a razão entre folha e caule, leva à redução dos teores de parede celular, aumentando a digestibilidade (VAN SOEST, 1994; HEATH et al., 1985). O crescimento da razão folha/caule tem ainda a vantagem de que, na maturidade, as folhas são as estruturas que apresentam menor decréscimo do valor nutritivo (REGO, 2000). Ciclicamente, os processos de formação e desenvolvimento de folhas são fundamentais para o desenvolvimento da área foliar, por sua vez a área foliar desenvolvida se torna a base do processo de fotossíntese, origem da energia usada para a formação de novos tecidos.

A expansão da área foliar, no entanto, precisa ser controlada para que a interceptação da infiltração da luminosidade no interior do dossel não ultrapasse os 95% da luz. A partir deste momento, começa uma competição na qual o aumento da

área foliar será compensado pela diminuição no número de perfilhos. Neste ponto crítico de IAF, tem-se o momento em que o tamanho da área foliar, a qualidade da forrageira em termos de nutriente e digestibilidade são os mais elevados e adequados à produção animal (DA SILVA, 2004; DA SILVA; NASCIMENTO JR, 2007).

A temperatura é um dos principais fatores ambientais que atua na pastagem, determinando as características da forrageira. Condição marcante do clima tropical, a temperatura elevada que, sistematicamente, acontece por longos períodos nessas regiões, acelera o metabolismo da planta, intensificando a lignificação da parede celular (VAN SOEST, 1994). Segundo Deinum et al. (1988), temperatura elevada pode ainda reduzir o teor de proteína das plantas.

WEIGAND (1998) destaca que o metabolismo da planta muda na razão direta da temperatura. Se o frio for intenso, menor será o crescimento. Por isso, a menor produção de forragem na época da seca que coincide com o inverno, acontece por causa das baixas temperaturas e também pelo menor fotoperíodo.

No manejo, decisões como a prática da irrigação, sua contribuição no incremento da produtividade e qualidade da forrageira e sua viabilidade econômica são questões que permeiam as pesquisas recentes. Mas os efeitos da umidade sobre as plantas forrageiras são bastante variáveis e contraditórios. Fernandez et al. (1988) observaram que, no período seco, mesmo com a irrigação, o potencial produtivo da forrageira é limitado, isto por vários fatores, inclusive os climáticos, tais como a luminosidade e a temperatura característica desse período.

Vários trabalhos sobre o comportamento de gramíneas tropicais sob condições irrigadas têm obtido respostas controversas, dependendo da região, da espécie forrageira, do sistema de irrigação e do nível de insumos empregados (SORIA, 2002; RODRIGUES et al., 2003).

Reis e Rodrigues (1993) também concordam que os efeitos da umidade sobre as plantas forrageiras são bastante variáveis. Explicam que as restrições hídricas severas promovem paralisação do crescimento e morte da parte aérea. No entanto, deficiências hídricas suaves reduzem a velocidade de crescimento das plantas, retardando a formação de caules, melhorando a relação folha/caule com reflexo na digestibilidade.

O estresse hídrico influencia não apenas a produção, mas também a qualidade da forragem, mesmo que em menor proporção (BUXTON; FALES, 1994). Sob déficit hídrico, plantas sofrem mudanças na anatomia, na fisiologia e bioquímica, mudanças cuja intensidade vai depender do tipo de planta e da duração do déficit hídrico (KRAMER, 1983). Observa Nabinger (1997), que, para se adaptar às condições de estresse hídrico, a planta adota a estratégia de reduzir a parte aérea para reforçar as raízes, limitando dessa forma sua capacidade de competir por luz com a diminuição da área foliar, o que, conseqüentemente, irá reduzir a produtividade.

O estresse hídrico atrasa o envelhecimento nas folhas mais jovens, provocando uma maior lentidão na diminuição do teor de nitrogênio e da digestibilidade da matéria seca em relação às folhas de plantas não estressadas (WILSON, 1982) e Nelson e Moser (1994), relatam, nesta condição, a produção de plantas com maior relação folha/caule, o que, conseqüentemente, determinará maiores teores de proteína e digestibilidade. Segundo Halim et al. (1989), a seca prolongada pode causar atraso na maturidade da planta e redução do crescimento.

Nota-se que em alguns fatores o homem ainda não pode influir, mas pesquisas buscam conhecer melhor o desenvolvimento de forrageiras para embasar práticas agropastoris mais eficientes, analisando e relatando suas qualidades e possibilidades e buscando métodos mais adequados aos objetivos da atividade em questão.

2.1.1. O gênero *Cynodon* e o capim tifton 85

Na prática de um manejo mais racional com vista à produtividade e qualidade da forrageira, tem-se dado destaque especial às gramíneas do gênero *Cynodon*, que se dividem em dois grupos: as gramas ou bermudas, como as do grupo dos tiftons 44, 68, 78 e 85 e as estrelas. As plantas do grupo grama ou bermudas apresentam rizomas e estolões, enquanto as do grupo estrela possuem apenas estolões (NASCIMENTO; NASCIMENTO; LEAL, 2002).

Os tiftons de um modo geral são forrageiras que têm alta produtividade e valor nutritivo. Estes híbridos foram obtidos pela equipe do Dr. Glen Burton, nos

Estados Unidos da América, na Georgia Coastal Plain Experiment Station (USDA – University of Georgia), localizada em Tifton, sul do Estado da Geórgia (BURTON; MONSON, 1993).

Embora a exigência dos tiftons em fertilidade e a dificuldade de seu plantio em mudas, estas forrageiras ganharam importância pela boa produtividade de matéria seca, por sua resposta à adubação, pelo seu índice de digestibilidade, pelo bom teor de proteína bruta e boa relação cálcio/fósforo. As boas características discriminadas favorecem a produção animal e, por suas qualidades, este grupo de gramíneas é utilizado nos diferentes sistemas produtivos.

Os tiftons são gramíneas perenes e podem apresentar estolões robustos, presença ou ausência de rizomas sendo que a espessura dos mesmos varia de acordo com o híbrido (HILL et al., 2001), assim como, têm hastes variáveis, folhas podendo ser pequenas, largas, compridas e/ou pilosas, de coloração verde escura a verde clara, sendo que o tifton 85 possui a coloração mais escura dos híbridos e porte alto, com colmos grandes e folhas largas.

As características químicas que determinam o valor nutritivo de uma forrageira podem ser determinadas pelo seu conteúdo de fibra, pelo teor de proteína bruta e de minerais, e pela digestibilidade (EUCLIDES, 1995).

A composição química dos tiftons varia de acordo com a idade de crescimento e variedade do híbrido. Neles são encontrados teores de proteína bruta (PB) de 6,3 a 20,8 %, de fibra em detergente neutro (FDN) de 61,43 a 85,6 %, de fibra em detergente ácido (FDA) de 30,94 a 45,2 % (VALADARES FILHO; ROCHA; CAPELLE, 2002) e coeficientes de digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) de 51,3 a 66,9 % (HILL et al., 1998).

No entanto, por ser uma característica dependente da idade de corte, adubação nitrogenada e outras interferências, os resultados do teor percentual de PB aparecem variando para mais ou para menos (ALVIM et al., 2003).

O tifton 85 é o resultado do cruzamento do tifton 68 com a introdução PI 290884, proveniente da África do Sul (HILL et al., 2001). Este híbrido foi liberado para plantio em 1992. Como a sua implantação é feita através do plantio de mudas e sua exigência em fertilidade é alta, as diversas etapas para o plantio de uma

pastagem de tifton 85 devem ser executadas cuidadosamente, da mesma forma com que se conduz a implantação de uma lavoura anual.

Pesquisam-se, então, parâmetros para determinar a qualidade da forrageira, dentre eles, parâmetros físicos e químicos. Para avaliação química da qualidade da forrageira, um dos parâmetros mais investigados é o seu teor de fibras. O método de determinação do teor de fibras, separando-as em frações - Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA) - é conhecido como Método de Van Soest (1967). A FDN é constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina e está relacionada com a taxa de enchimento e passagem do alimento no sistema digestivo dos ruminantes e a FDA é constituída principalmente de celulose e lignina (VAN SOEST, 1994), estando mais associada com a digestibilidade dos alimentos.

Informações sobre as frações FDA e FDN são importantes para o cálculo de dietas dos ruminantes porque auxiliam na determinação da disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen, na compreensão dos processos microbianos e de digestão dos alimentos, ajudando na busca de alternativas para a redução das perdas decorrentes da fermentação ruminal (WILKINSON, 1988).

A fibra em detergente neutro sofre um processo de digestão lento e incompleto, por conter uma grande proporção de parede celular, ocupando, por isto, espaço no trato gastrointestinal, (MERTENS, 1996), exercendo efeito marcante sobre o consumo de alimentos (VAN SOEST, 1994; MERTENS, 1996).

Os teores de FDN e FDA e a digestibilidade da forragem estão relacionados, pois o aumento no teor de fibra leva a uma queda nos valores da digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMS) (NUSSIO; MANZANO; PEDREIRA, 1998), que é outro parâmetro importante na decisão sobre a qualidade da forragem.

A época da colheita da forragem, quer seja pelo corte, ou pastejo, deve estar relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta e, consequentemente ao seu valor nutritivo. Colheitas de plantas mais velhas implicam em alimento com baixa proporção de carboidratos solúveis e de baixa digestibilidade, devido à diminuição da relação folha /caule, que parece ser o principal fator de perda de qualidade da planta com a maturação (CORSI, 1990).

Gomide (1996), avaliando o tifton 85 aos 14 e 49 dias de idade, encontrou valores de IAF variando de 1,68 a 5,85, respectivamente. Oliveira (2000) determinou o valor 4,9 como sendo o IAF crítico no tifton 85, valor atingido aproximadamente aos 45 dias de rebrota. Gonçalves et al. (2002), pesquisando três gramíneas do gênero *cynodon*, concluíram que, à medida que a idade de colheita foi aumentada, diferentes características, tais como, a proteína bruta, a digestibilidade in vitro da matéria seca, foram afetadas negativamente e recomendaram colheitas entre 21 e 42 dias. Oliveira et al. (2000) escrevendo sobre o tifton 85, especificamente, concluíram por um descanso de 28 a 35 dias, período suficiente para que a área foliar fosse recuperada, sendo esta a época em que a nona folha se expande, o que marca o início da intensificação do processo de senescência.

Estabeleceu-se, então, 28 dias como sendo o período de descanso mais adequado por disponibilizar um maior número de folhas verdes e menor perda por senescência ou morte (OLIVEIRA et al., 2000), proporcionando uma colheita mais eficiente.

O processo de maturação é acompanhado pela redução do valor nutritivo, pois com o crescimento das forrageiras, ocorrem aumento nos teores de carboidratos estruturais e lignina e redução no conteúdo celular (REIS; RODRIGUES, 1993). Isto invariavelmente proporcionará redução na digestibilidade, o que pode ser acelerado pela luminosidade, temperatura, e umidade, podendo ser, por outro lado, retardado pelo corte ou pastejo (VAN SOEST, 1994).

Quanto à produtividade, Aguiar et al. (2002) analisaram as características de crescimento e produção do capim tifton 85, em situação de manejo irrigado e de sequeiro, em ambiente de cerrado, observando um sistema de irrigação do tipo aspersão em malha e piquetes adubados com 450 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 106 kg ha⁻¹ P₂O₅, 360 kg ha⁻¹ K₂O e 75 kg ha⁻¹ de enxofre após cada período de pastejo. No primeiro período de observação, em relação às diferenças das características avaliadas entre o sistema irrigado e o de sequeiro, obtiveram a predominância do desenvolvimento em todas as categorias do primeiro sistema: a altura da planta foi 23% mais alta; a taxa de crescimento foi 81% maior; a taxa de acúmulo de forragem foi 100% mais alta; a matéria seca (MS) disponível foi 56 % maior e a capacidade de suporte, estimada com 4% de oferta de forragem foi 55,7 % maior.

No segundo período de avaliação as diferenças continuaram vantajosas para o sistema de irrigação: a altura da planta foi 14,6% mais alta; a taxa de crescimento foi 36 % maior; a taxa de acúmulo de forragem foi 23% mais alta; a MS disponível acima de 10 cm foi 5 % maior; a capacidade de suporte estimada com 4% de oferta de forragem foi apenas 3,5% maior. “A irrigação do capim tifton 85 contribuiu para aumentar a altura total da planta, a taxa de crescimento, a taxa de acúmulo de forragem e a forragem disponível, determinando maior capacidade de suporte” (AGUIAR et al., 2002).

A maior produção observada, na área do experimento, em Uberaba, para o tifton 85 irrigado foi no período de dezembro (2008) a janeiro (2009) com produção de 19555,3 kg ha⁻¹ de matéria verde, enquanto, no sequeiro, o período com maior produtividade foi de janeiro a fevereiro (2009) com 9861,4 kg ha⁻¹ de matéria verde (OLIVEIRA et al., 2009).

Segundo Vilela e Alvim (1998), respostas lineares em produção em função da adubação nitrogenada têm sido observadas até doses de 600 kg ha⁻¹ de N, porém nas doses mais elevadas, a utilização eficiente pela planta depende da umidade, seja ela proveniente da irrigação ou das chuvas.

2.2. Calagem, adubação e composição química do solo

A variabilidade dos atributos químicos do solo é resultante das complexas interações entre os processos que dão origem à sua formação e às práticas de manejo do solo e da(s) cultura(s) (CARVALHO; TAKEDA; FREDI, 2003), sendo que, em grande parte das culturas e manejos, entre elas a exploração do pasto, as camadas superficiais são as mais sujeitas aos impactos e variações. Conhecer estas variações se torna um aspecto importante no manejo da produtividade e qualidade das forrageiras.

Os teores de nitrogênio total, fósforo disponível e as formas trocáveis de K, Ca e Mg são importantes parâmetros para verificar se as reservas do solo atendem às necessidades nutricionais das plantas. A capacidade do solo em estocar os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas é expressa pela capacidade de troca catiônica (CTC), ou quantidade total de cátions adsorvidos aos colóides

minerais e orgânicos do solo. Daí a importância da contribuição do teor de matéria orgânica (MO).

Embora a MO não proporcione ganhos adicionais de nutrientes, teores maiores de matéria orgânica no solo influem na capacidade de troca de cátions, pela sua contribuição na conservação dos nutrientes no sistema e por mantê-los disponíveis. Destaca-se, ainda, o papel da MO como facilitadora da infiltração de água, na ciclagem de nutrientes e na complexação de elementos tóxicos, tendo ainda importância na estabilidade de agregados e na atividade microbiana (BAYER; MIELNICZUK, 1999). O teor de MO sempre diminui em profundidade e abaixo de 20 cm geralmente ficam menores que 15 g dm^{-3} (TOMÉ JR., 1997).

Os processos de agregação das partículas primárias do solo, determinados pela MO, propiciam interações entre as partículas minerais e orgânicas, microorganismos e a própria planta, pelo sistema radicular, formando estruturas secundárias estáveis (CONCEIÇÃO, 2006; CARVALHO, 2007).

Mielniczuk (2008) destaca a matéria orgânica como indicador da qualidade do solo, concordando com os atributos citados por Bayer e Mielniczuk (1999) e complementando com a importância da MO para a resistência à erosão, para a liberação de CO_2 e outros gases para a atmosfera e para a atividade biológica.

O manejo da matéria orgânica em regiões tropicais e subtropicais com taxas de oxidação muito elevadas é complexo, mas pode-se conseguir um aumento gradativo em seus teores, dependendo da quantidade e qualidade dos resíduos adicionados (REINERT et al., 2006).

Baixos teores de MO (teores menores que 15 g dm^{-3}) indicam solo arenoso, com baixa CTC total e alta possibilidade de lixiviação de bases como: Ca, Mg e K e possibilidade de deficiência do enxofre e de micronutrientes. Normalmente, se o baixo teor de MO ocorre simultaneamente a teores altos do $\text{H}^+/\text{Al}^{3+}$ e da CTC indica que a amostra é de horizonte mais profundo ou indica erosão, por estar o horizonte B exposto (TOMÉ JR., 1997).

A calagem é de extrema importância, pois, influenciando no potencial hidrogeniônico (pH), ela vai influenciar, pela diminuição da acidez, na solubilidade e na concentração da solução do solo e, conseqüentemente, na absorção e utilização dos nutrientes pelas plantas (FAGERIA et al., 1997).

O pH é um índice que fornece o grau de acidez ou alcalinidade de um extrato aquoso do solo. No solo, valores do pH abaixo de 4,5 ou acima de 7,5 restringem o crescimento das plantas (TOMÉ JR., 1997). Em solos, com valores do pH entre 6 e 7, os teores de Ca, Mg e o valor da saturação por bases se tornam mais altos, e os teores de H + Al e Al, conseqüentemente, ficam mais baixos (GOEDERT, 1995; FAGERIA, 2001).

No intervalo de valores do pH de 6,5 a 7,0, o que corresponderia ao pH em CaCl_2 no intervalo de 5,9 a 6,4, tem-se os pontos máximos ou próximos do máximo de disponibilidade dos diferentes elementos importantes para a fertilidade e produção, por exemplo, do Ca, do K, do Mg, do P, do N e da redução da solubilidade do alumínio (MALAVOLTA, 1979). Até o pH com valor igual a 5, o percentual de assimilação pela planta dos principais nutrientes do solo é menor ou igual a 50. Assim, o nitrogênio seria assimilado em apenas 50%, o cálcio e o magnésio em 40% e enquanto o fósforo e o potássio seriam assimilados em, respectivamente, 32 e 35% (ALCARDE, 1984). Com esse índice de pH, apenas o enxofre teria uma assimilação maior (80%). Portanto, a correção através da calagem para conseguir um valor de pH próximo de 6, influiria na porcentagem de saturação por bases, aumentando a assimilação dos nutrientes do solo pelas plantas. Existe uma relação direta entre o pH do solo e a saturação por base (TOMÉ JR., 1997).

A saturação por base (V%) expressa a porcentagem da CTC ocupada pelo Ca, Mg e K. Como, à medida que cresce o valor do pH, cresce também a assimilação destes nutrientes, existe uma correlação entre o valor do V% e o valor do pH (RAIJ, 1991). Quaggio (1983) descreveu esta correlação, para o Estado de São Paulo, pela equação $y = 3,66 + 0,027 x$, em que o y é o valor do pH em CaCl_2 e o x, o valor do V% ($r^2 = 0,97$).

A disponibilidade de fósforo (P) também está relacionada com o pH. Sabe-se que há maior disponibilidade de fósforo se o pH está próximo de 6,0 (MALAVOLTA, 2006). Para Rossi e Monteiro (1999) a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros causa atraso no desenvolvimento das gramíneas forrageiras e a cobertura deficiente dos pastos, causa de baixas produtividades, propicia a infestação por espécies invasoras. Portanto, para que haja a facilitação da difusão do P da solução do solo até aos lugares de absorção na raiz, deve-se trabalhar para

que, nela, haja manutenção de altas concentrações de P. Com o desenvolvimento da planta e expansão do sistema radicular a demanda externa por fósforo diminui e, assim, com o tempo, diminui o seu nível crítico no solo (SANTOS et. al., 2002).

Na fase do estabelecimento da forrageira, o P tem importante papel para o crescimento radicular (MARCHNER, 1995), bem como para o seu perfilhamento (GUSS et.al., 1990; FONSECA et. al., 2000).

Segars e Usherwood (1997) constataram que para cada tonelada de forragem de grama bermuda colhida são necessários 14,4 kg de P_2O_5 . Os autores relataram que a produção decaiu de 8,8 para 7,1 t ($t = 1000 \text{ kg}$) de forragem por ha na falta da adubação fosfatada.

Pacheco et al. (1988), num experimento de três anos consecutivos, avaliaram a resposta de dois cultivares de gênero *Cynodon* (estrela jamaicano e bermuda 68) à aplicação de dose única de P_2O_5 , nas doses 0, 135, 270 e 360 $kg\ ha^{-1}$. Observaram que houve resposta significativa na aplicação de 270 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 com uma média de produtividade de 21 e 21,9 $t\ ha^{-1}$, respectivamente, de massa seca por ano, sendo que a testemunha produziu apenas 16 $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$.

Na análise de solo, considerando a extração do fósforo por resina, considera-se adequado para a produção de forrageiras, como o tifton 85, de alta exigência em adubação e fertilidade, um teor em fósforo maior que 18 $mg\ dm^{-3}$ (SOUSA et al., 2003).

Franco (2003) desenvolveu um experimento com o capim tifton 85, na casa de vegetação de 2001 a 2002 (setembro a fevereiro), usando solo coletado na profundidade de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e utilizou cinco fontes de fósforo em quatro doses: 30, 60, 90 e 120 $mg\ kg^{-1}$. Concluiu, então, que a adubação fosfatada determinou incrementos na produção de massa seca e no perfilhamento, bem como na concentração de fósforo e de PB na parte aérea do capim tifton 85. Franco (2003) considerou 18 $mg\ dm^{-3}$ como sendo o nível crítico de fósforo no solo. O teor do P, assim como o da MO, tende a diminuir em profundidade.

Sarmiento et al. (2006), num experimento com o tifton 85 sobre as consequências da falta de nutrientes para o seu desenvolvimento, em Argissolo Vermelho-Amarelo, utilizou 10 tratamentos: a testemunha, que não recebeu nem

calagem, nem adubação; o completo e outros, nos quais, a partir do completo, em cada um, foi tirado um único nutriente por tratamento. Observaram que a redução da matéria seca no tratamento com omissão de fósforo foi de 31 e 36%, respectivamente, no primeiro e no segundo corte, em relação ao completo. Em relação ao potássio, a redução foi de 25 % no primeiro e 47 % no segundo corte, comparando-se com o tratamento completo.

O potássio é um nutriente essencial ao metabolismo das plantas. Segundo Malavolta (2006) e Faquin (2005), ele age na abertura e fechamento de estômatos, na translocação de açúcares e fotossintatos, na regulação osmótica e, principalmente, na ativação enzimática.

O cálcio e o magnésio são elementos fundamentais ao metabolismo das plantas. O aumento do teor do Ca e do Mg contribui para o declínio da saturação por Al conforme indicam os resultados de Amaral (2002). No entanto, a absorção do Ca é prejudicada por altas concentrações de potássio (K) e Mg, sendo, pois, importante, não só os teores absolutos destes nutrientes, mas o equilíbrio entre eles (LUZ et al., 2004; SOUZA et al., 1999).

Segundo Tomé Jr. (1997), teores de cálcio e magnésio estão relacionados negativamente com a acidez do solo de tal modo que, se estes teores estiverem baixos, supõe-se que a acidez será alta e, baixa, a saturação por bases. Ainda segundo Tomé Jr. (1997), um solo fértil apresenta aproximadamente as seguintes saturações em cátions: 50 a 70% de porcentagem de Ca; 15 a 20% de porcentagem de H; 10 a 15% de porcentagem de Mg e 3 a 5% de porcentagem de K.

A acidez excessiva determina a presença de alumínio no complexo de troca e na solução do solo e pode resultar em fitotoxidade, bloqueando os mecanismos de absorção e transporte de água e nutrientes das plantas e pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989; RAIJ, 1991).

A saturação por bases (V%) representa a proporção da CTC ocupada por bases trocáveis (Ca, Mg, K e Na) e é um bom indicativo das condições gerais da fertilidade.

A importância do monitoramento, através da análise laboratorial dos atributos do solo, está na eficiência estratégica de sua utilização para assegurar uma correta

intervenção para uma prática sustentável, indicando manejos mais adequados. O objetivo é conseguir o aumento da produtividade das culturas sem desconsiderar a conservação dos recursos naturais (CHAER, 2001; KARLEN, STOTT, 1994; MELO FILHO et al., 2004; MELO FILHO; SOUZA; SOUZA, 2007; SOUZA; ALVES., 2003). Impõem-se, então, duas práticas importantes: a calagem para neutralizar a acidez e os aportes externos (adubação) para repor os nutrientes essenciais ao contínuo desenvolvimento da cultura.

Temos, portanto, duas fases com necessidades distintas: a fase de implantação e a fase de utilização da cultura. No caso do pastoreio, objeto da presente análise, como a cultura já está implantada, para a utilização sustentável do pasto, a necessidade de aporte externo de nutrientes à pastagem dependerá do balanço entre a saída, por exportação nos produtos animais e perdas, e a reciclagem. O monitoramento sistemático e aportes cuidadosos contribuirão para o sucesso da produtividade da pastagem (CANTARUTTI; SANTOS, 2002).

Durante a exploração agrícola um solo sofre alterações constantes nos atributos químicos (MUZILLI, 1983; CENTURION et al., 1985; TOGNON et al., 1997).

Vários trabalhos analisam os resultados da calagem e adubação em forrageiras. As adubações, principalmente a nitrogenada, além de aumentar a produção de matéria seca, aumentam o teor de proteína bruta da forragem e, em alguns casos, diminuem o teor de fibra, (BURTON, 1988), contribuindo desta forma, para a melhoria de sua qualidade.

Para Nussio; Manzano e Pedreira (1998), que compararam gramíneas forrageiras dentro de uma mesma idade e dentro de um mesmo gênero, observaram que ao se aplicarem doses crescentes de N no solo, as respostas são benéficas, acarretando em diminuição da fibra. Assis et al. (1998), em experiência, com ou sem aplicação de adubação nitrogenada, utilizando cinco gramíneas do gênero *Cynodon*, entre elas o tifton 85, verificaram que os valores de FDN e FDA foram menores para as adubadas com 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

De Bona (2009) concluiu que o uso de nitrogênio e de enxofre, na adubação, na relação N:S com média de 10:1 aumentaram a eficiência do uso da água e

incrementaram a produção de massa seca. Observou também a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo em relação aos referidos nutrientes.

Segundo Camargo et al. (2001), para que as pastagens de gramíneas tropicais possam produzir com sucesso, elas precisam de temperaturas altas, fotoperíodo acima de 12 horas, luminosidade intensa, fatores que a ação do homem não pode mudar, mas outros dois fatores essenciais - fertilidade do solo e água – podem depender da intervenção do homem.

As pastagens necessitam de diferentes elementos químicos para que possam se desenvolver, melhorando seus índices de cobertura do terreno e produção de massa verde, dentre eles C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, B, Zn, Cu, Mn, Mo, Fe e Cl. Embora o cuidado com a reposição destes elementos por parte de alguns pecuaristas seja um tema relegado para momentos mais oportunos por envolver custos e parte do setor não estar preparado, culturalmente e economicamente, para este tipo de investimento, na atual conjuntura, não se pode mais explorar a pecuária sem a aplicação de recursos nos custeio da atividade. A correção do solo não pode mais ser questionada. Daí a importância da análise do solo para embasamento das decisões sobre corretivos e fertilizantes e sua aplicação.

Devido ao custo crescente destes insumos, cada vez mais, o planejamento e a decisão das doses a serem utilizadas carecem de um acuro maior para evitar a falta ou o excesso de cada nutriente. Enquanto a estimativa e aplicação de corretivos e fertilizantes aquém das necessidades da área comprometem a produtividade e a lucratividade do empreendimento, a aplicação excessiva de fertilizantes pode causar danos ambientais ocasionados pela contaminação, pela lixiviação dos nutrientes, do lençol freático ou o escoamento superficial dos excedentes para os corredores de escoamento d'água, além do prejuízo econômico.

Se as decisões são mal orientadas, algumas regiões podem receber fertilizantes em quantidades abaixo do que necessitam, enquanto outras áreas poderão estar recebendo acima de suas necessidades, o que caracterizaria um gasto desnecessário. Com o objetivo de corrigir carências, se não há orientação técnica, pode-se aplicar o nutriente em excesso e o exagero destes insumos pode causar toxicidade às plantas, além do que, o seu uso indiscriminado tem sido

apontado como importante fator de contaminação da água e do solo (BHATTI et al., 1991).

2.3. Uso da geoestatística para análise dos dados do solo e da forrageira

A análise geoestatística, usada para mapear a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos dos solos, tem um papel importante para o gerenciamento das decisões sobre manejo, o conhecimento das consequências das práticas utilizadas, principalmente em áreas submetidas a diferentes culturas e procedimentos (CARVALHO et al., 1998), contribuindo para homogeneizar, na área explorada, a distribuição de cada nutriente, reduzindo, desta forma, a influência dessa variabilidade na produção das culturas, propiciando uma estimativa mais aproximada dos resultados de práticas de manejo adotadas sobre os atributos do solo (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985; BHATTI et al., 1991; OVALLES; REY, 1994; SILVEIRA et al., 2000). O conhecimento desta variabilidade é importante para estabelecer um manejo eficiente da fertilidade do solo (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010).

Se o procedimento de amostragem do solo considera amostras simples e casuais em pontos aleatórios, numa determinada região vista pelo observador como uma região homogênea, e estas amostras simples são misturadas e se tornam uma amostra composta, o pesquisador tem como hipótese que aquela região tem necessidades semelhantes e ele estará usando um procedimento comum à Estatística Descritiva. Porém, uma área nunca é totalmente uniforme, por menor que seja, tem-se a considerar que, além da variabilidade natural dos solos, o manejo também pode afetar as características biológicas, físicas e químicas, acrescentando variabilidades adicionais, principalmente nas camadas superficiais (BECKETT; WEBSTER, 1971). Ao se adotar tais procedimentos, as consequências da heterogeneidade espacial das variáveis estudadas são ignoradas (CHAVES; FARIAS, 2009).

A Estatística Descritiva considera que a variabilidade em relação à média acontece devido ao acaso e não faz referência sobre a variabilidade no espaço observado da característica em estudo.

O solo apresenta heterogeneidade vertical e horizontal por causa da natureza do material de origem responsável pela sua formação e porque o processo de intemperização não ocorre de forma homogênea e contínua (CAVALCANTE et al, 2007). O uso do solo, não só pelo efeito do desmatamento (SANTOS; VASCONCELLOS, 1987), mas também pelo manejo das culturas (CAMARGO, 2010) e os diferentes modos de aplicação de fertilizantes (MELSTED; PECK, 1973), aumenta esta heterogeneidade.

A agricultura está exigindo, pelo respeito ao meio ambiente e pelo custo excessivo dos insumos, técnicas de maior precisão. Entre estas técnicas tem-se a amostragem regionalizada que busca expressar a variabilidade espacial desse solo, procurando definir a localização da grandeza medida, a extensão da influência de cada amostra simples e o grau de dependência no espaço. O conhecimento desta variabilidade tem importante papel na determinação da classificação do solo e na avaliação de sua fertilidade, bem como na definição da estrutura horizontal do pasto com a determinação das áreas de maior produtividade.

Embora outros procedimentos estatísticos possibilitem estudar a variabilidade espacial do solo, tanto vertical, como horizontal, a dependência espacial entre as amostras pode ser modelada apenas pelo método da geoestatística (WEBSTER, 2000).

Zanão Júnior et al.(2010) citam autores de vários estudos que mostraram que os atributos do solo apresentam forte dependência espacial, verificada por análise geoestatística: Santos e Vasconcelos (1987); Souza et al. (1997); Corá et al. (2004); Bekele e Hudnall (2006); Motomiya, Corá e Pereira (2006); Souza et al. (2006); Cavalcante et al. (2007); Zanão Júnior et al. (2007); Campos et al. (2008) e segundo Silva e Chaves (2001), vários autores, tais como, Vieira et al. (1981) e 1983), Trangmar et al. (1985), Souza, Cogo e Vieira (1998), Salviano, Vieira e Sparovek (1998), Oliveira et al. (1999) e Berg e Oliveira (2000) têm mostrado que a variabilidade do solo não é puramente aleatória, apresentando dependência espacial.

Teorias como a Geoestatística, disponibilizada por Matheron (1963), podem ser empregadas no caso de amostragem regionalizada, tendo como resultado a descrição da variabilidade espacial, desenvolvendo melhores esquemas de

amostragem que poderão influir na decisão de práticas mais adequadas de manejo e recuperação do solo (SOUZA, 1992). Uma grande vantagem da aplicação da geoestatística é a construção de mapas temáticos, o que permite analisar cada variável em estudo (LEMOS FILHO et al., 2008).

Mesmo empregando a geoestatística, a estatística descritiva não perde sua relevância e é utilizada em grande parte dos trabalhos de pesquisa agronômica, pois fornece respostas sobre o comportamento inicial dos dados e permite uma análise preliminar da variável em estudo. Propicia o conhecimento das medidas de centro e da dispersão dos dados em relação ao centro, o conhecimento do valor máximo e mínimo, evidenciando a presença de “outliers”, a divisão da distribuição em quartis ou percentis, o conhecimento da distribuição de frequência, acumulada ou não, absoluta ou percentual. As medidas de centralização e dispersão mais utilizadas para interpretar os dados e para avaliar a variabilidade de um conjunto de dados são, entre outras, a média, a mediana, a variância, o desvio padrão, o coeficiente de variação (BUSSAB; MORETTIN, 1987). Se os valores tendem a se concentrar próximos à média, a variância terá um valor pequeno, no entanto, se os valores se distanciam da média, a variância terá um valor maior (WEBSTER; OLIVER, 1990), demonstrando uma menor ou maior variabilidade dos dados.

Se a curva de distribuição é simétrica, a medida de centralização utilizada é a média e, dependendo de sua curvatura, ela poderá ser classificada como uma Curva Normal. O desvio padrão será, então, a medida de dispersão que dividirá a população em estratos bem definidos. Caso a curva não seja simétrica, utiliza-se a mediana como medida de centralização. Os quartis ou percentis serão as medidas que descreverão a dispersão dos dados analisados.

Curva normal é, pois, uma curva simétrica, mas, na prática, ao observar-se a distribuição de dados reais, extraídos de situações concretas, a curva pode ter certa assimetria, à direita ou esquerda e sua concavidade pode estar alongada ou achatada (curtose). Para a verificação da normalidade da distribuição calculam-se os valores dos coeficientes de assimetria e de curtose, que devem ser 0 e 3, respectivamente (SNEDECOR; COCHRAN, 1967). No entanto, o programa GS+ (ROBERTSON, 1998) utiliza o valor de 0 (zero) para estes dois parâmetros (ZANÃO

JÚNIOR et al., 2010), portanto, nele, quanto mais próximos de 0, mais o formato da curva se aproxima da curva normal padrão.

Segundo Chaves e Farias (2009), para a aplicação da geoestatística, a verificação dos coeficientes de curtose e simetria, bem como, a proximidade da média e mediana dos atributos são mais importantes do que a normalidade da curva.

Em relação à aplicação da geoestatística para o estudo da variabilidade espacial da característica estudada, a primeira mudança na metodologia se dá na coleta das amostras. Estabelece-se uma rede de pontos georreferenciados, nos quais se procede à coleta de amostras simples ou, se compostas, no entorno próximo ao ponto de referência. Feita a análise das amostras catalogadas e identificadas por sua posição geográfica num sistema de eixos, os dados serão explorados em programas de geoestatística. Existem vários programas para este fim. A variância dos dados é organizada segundo a distância (h) gerando um gráfico da função semivariância, decorrendo então a escolha do modelo mais ajustado aos dados e, a partir desta escolha, são construídos mapas onde se expressam a dependência espacial (VIEIRA et al., 1983). Através do semivariograma fica determinado o tipo e a forma da dependência espacial.

O método geoestatístico, analisada a dependência espacial e escolhido o modelo que melhor se ajuste aos dados, possui meios para mapear a área estudada, utilizando-se do processo da krigagem (LEMOS FILHO et al., 2008; SILVA et al., 2010).

O semivariograma experimental é um gráfico da semivariância em função da distância e seu formato caracterizará a estrutura da dependência espacial da variável em estudo, dependência esta que pode ser representada analítica e/ou graficamente.

O semivariograma é definido por três parâmetros: o patamar ($C = C_0 + C_1$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a). O patamar (C) corresponde ao ponto onde, a partir do qual toda semivariância da amostra é de influência aleatória, e corresponde aproximadamente à variância total da variável em estudo; o efeito pepita (C_0) revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a distância entre as amostras. Esta descontinuidade, ou parte dela, pode acontecer também

devido a erros de medição (DELHOMME, 1976), mas é impossível determinar se, nela, a contribuição da variabilidade a uma escala menor do que aquela amostrada é maior ou menor do que a contribuição dos erros de medição.

Amostras localizadas a distâncias menores que o alcance são correlacionadas umas com as outras. O alcance (A_0 ou a) indica a distância limite da dependência espacial (BOLFE; GOMES; FONTES, 2007).

A semivariância é definida como:

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

em que:

$\gamma(h)$ = semivariância estimada,

$N(h)$ = número de pares de observações ($Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$) separados pela distância h .

Para modelar a dependência espacial dos atributos do solo são utilizados, principalmente, os seguintes modelos de semivariograma: esférico, exponencial, gaussiano e potência. A escolha do modelo a ser utilizado acontece pela observação daquele cujo gráfico seja a melhor representação das semivariâncias observadas. Os modelos mais utilizados na Ciência do Solo são:

(a) Modelo Esférico:

Esse modelo é obtido selecionando-se os valores do efeito pepita (C_0) e do patamar (C), traçando-se uma reta que intercepte o eixo y em C_0 e que seja tangente aos primeiros pontos próximos de $h = 0$. Essa reta cruzará o patamar à distância $a' = (2/3)a$. Desse modo, o alcance (a) será $a = 3a'/2$, e esse modelo é linear até aproximadamente $(1/3)a$ (VIEIRA, 2000). Assim, o modelo pode ser definido pelas seguintes equações:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \quad h > a$$

(b) Modelo Exponencial:

Os parâmetros C_0 e C_1 desse modelo são determinados da mesma maneira que para o esférico (VIEIRA, 2000), no entanto, a diferença entre o modelo esférico e o exponencial é que este último atinge o patamar assintoticamente, com alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3 \frac{h}{a})] \quad 0 < h < d$$

(c) Modelo Gaussiano:

Semelhante ao modelo exponencial, o modelo gaussiano atinge o patamar assintoticamente, e o parâmetro é definido como o alcance prático ou distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989). No entanto, o que caracteriza esse modelo é o seu ponto de inflexão próximo à origem.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3 (\frac{h}{a})^2)] \quad 0 < h < d$$

(d) Potência:

O modelo potência não atinge patamar, e no geral, é utilizado para modelar fenômenos com capacidade infinita de dispersão.

O parâmetro B tem que ser estritamente maior que zero e menor que 2, a fim de garantir que o semivariograma tenha positividade definida condicional.

$$\gamma(h) = C + Ah^B \quad 0 < B < 2$$

(e) Modelo Aleatório (Efeito Pepita Puro):

$$\gamma(h) = C \quad \text{Qualquer que seja o } h.$$

Este modelo é o adotado quando não existe dependência espacial, o modelo ajustado corresponde ao patamar, que representa a variação do acaso entre as unidades amostrais.

O GS+ usa a validação cruzada para avaliar e decidir o modelo alternativo do semivariograma com melhor aproximação da realidade. O valor calculado (real) do ponto amostrado contido dentro do domínio espacial é removido um de cada vez, sendo seu valor estimado pelo modelo para verificação do erro do valor estimado.

Para Faraco et al. (2008), dentre os vários métodos de avaliação de ajustes existentes, o da Validação Cruzada é considerado o mais adequado para escolha do melhor ajuste do modelo de variabilidade espacial.

A krigagem usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, modelada no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 1983), portanto ela é um meio de estimação local (interpolação), no qual, cada estimativa é a média ponderada dos valores observados de uma determinada variável em estudo dentro de uma vizinhança (SOUZA, 1992). Somente os pontos que estão espacialmente relacionados com o local a ser estimado (dentro da amplitude da dependência espacial) são usados na krigagem.

Neste caso, para a elaboração do mapa da variável em estudo é necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de estimativas. Assim, para se estimar os valores (z^*), para qualquer local (x_0), onde não se tem valores medidos, a estimativa deve ser uma combinação linear dos valores medidos, ou seja:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i)$$

em que:

N é o número de valores medidos, $z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados a cada valor medido, $z(x_i)$.

As construções dos mapas com os valores obtidos por meio da krigagem são importantes facilitadores para a interpretação da variabilidade espacial das variáveis em estudo (CARVALHO et al, 2010).

Nos estudos da Geoestatística, a análise variográfica utiliza o semivariograma para modelar a variância espacial dos dados, ao passo que a krigagem usa a variância modelada para estimar valores (CAHN et al., 1994). Procura-se, com a aplicação desta metodologia, entender melhor as diversas e variáveis necessidades de elementos do solo e os atributos que determinam a produtividade e qualidade da forrageira, nas diferentes regiões do solo em estudo para que as decisões e ações sejam mais precisas e eficientes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do experimento

A pesquisa foi conduzida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Câmpus Uberaba, no Município de Uberaba-MG, onde já estão instalados experimentos (Projeto Institucional) sobre produção de leite em pastagem irrigada e de sequeiro, em sistema de lotação rotacionada. A área utilizada foi de 10,56 ha de tifton 85, sendo 5,28 ha para o sistema de pastejo irrigado e 5,28 ha para o sistema de sequeiro. O sistema de irrigação na pastagem foi instalado em 2000/2001. Nesta época, avaliou-se o pastejo com braquiária e mombaça e, em seguida, foi implantado o tifton 85 (2003/2004).

A área de estudo está situada entre as latitudes: 19° 39' 16,18" sul e 19° 39' 38,65" sul e as longitudes 47° 57' 46,75" oeste e 47° 58' 08,17" oeste, altitude média de 799,7 m. A unidade de experimentação está implantada num Latossolo Vermelho distrófico com textura franco-argilo-arenosa, na camada de 0 a 20 cm, com 77% de areia, 5% de silte e 18% de argila (TORRES et al, 2012), relevo local suave e ondulado.

O clima, classificado como Aw, tropical quente, segundo Köppen, com verão quente e chuvoso, inverno frio e seco, de modo que ocorre um período chuvoso de outubro a abril, tendo uma estação seca de maio a setembro.

Subentende-se por ciclo de pastagem o período em que o gado leiteiro circulava, completando sua passagem pelos oito piquetes do experimento. O ciclo de pastagem de fevereiro-março (fev-mar) teve duração de 24 dias, sendo que a gramínea em cada piquete pastejado teve 21 dias de repouso. O ciclo de pastagem de outubro-novembro (out-nov) teve duração de 40 dias, sendo que o pasto, em cada piquete, teve 35 dias de repouso para sua recuperação.

A coleta de amostras do solo foi feita em dois períodos no ano de 2010: antes do ciclo de pastagem de fevereiro-março e antes do ciclo de outubro-novembro, períodos nos quais foram colhidas as amostras do capim tifton 85.

Na época de coleta de amostras, no ciclo de pastagem fevereiro-março de 2010, a temperatura média foi de 25,83 °C, a precipitação pluviométrica em fevereiro e março foi, respectivamente, 169,5 mm e 211,8 mm, a média de insolação 7,72 horas por dia (Figuras 1 e 2).

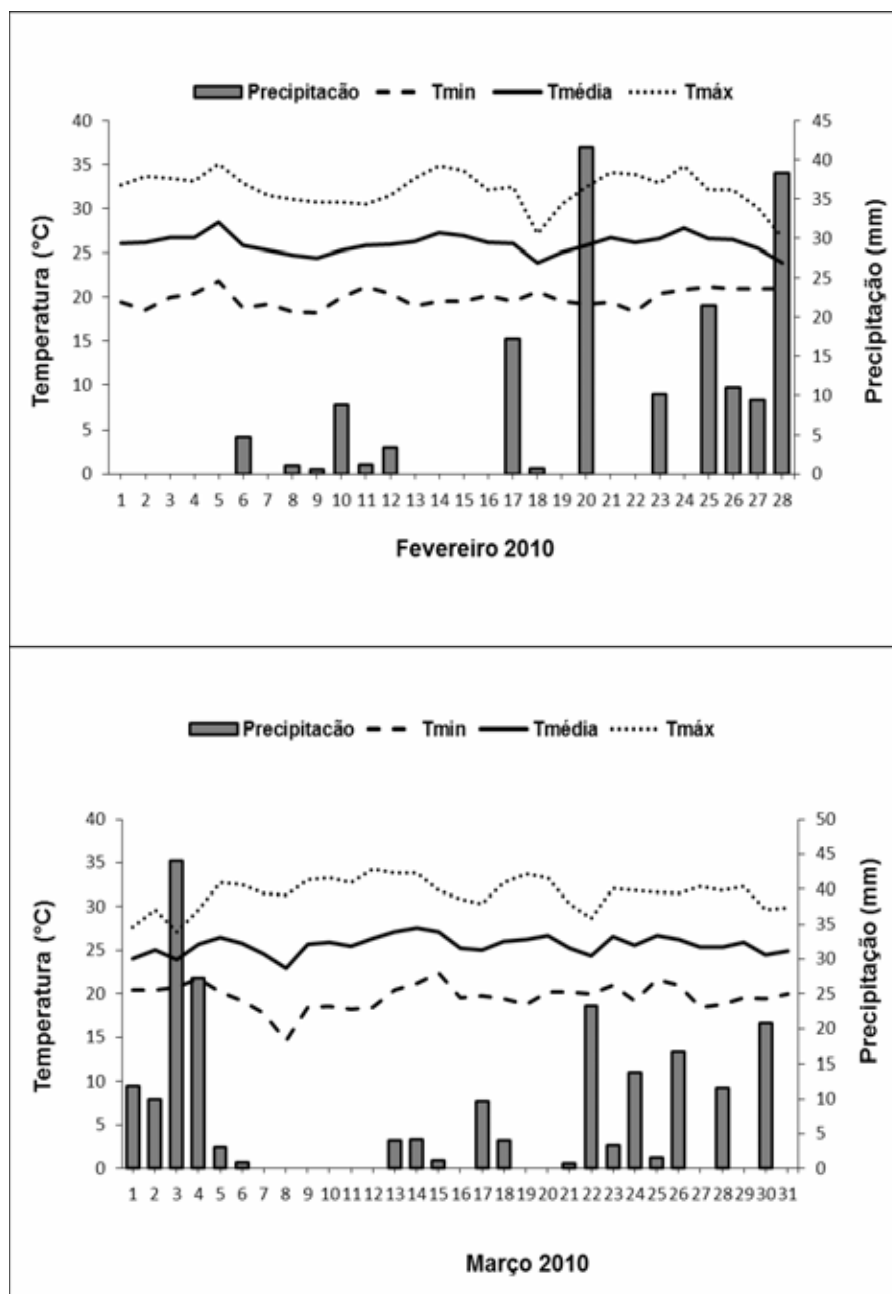


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no primeiro ciclo de coleta de amostras, fev-mar, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG).

Em fevereiro e março os intervalos de dias sem precipitação pluviométrica foram sempre menores que 6 dias. Os períodos de insolação foram sempre menores que 12 horas, mas a maioria dos dias esteve acima de 6 horas de insolação.

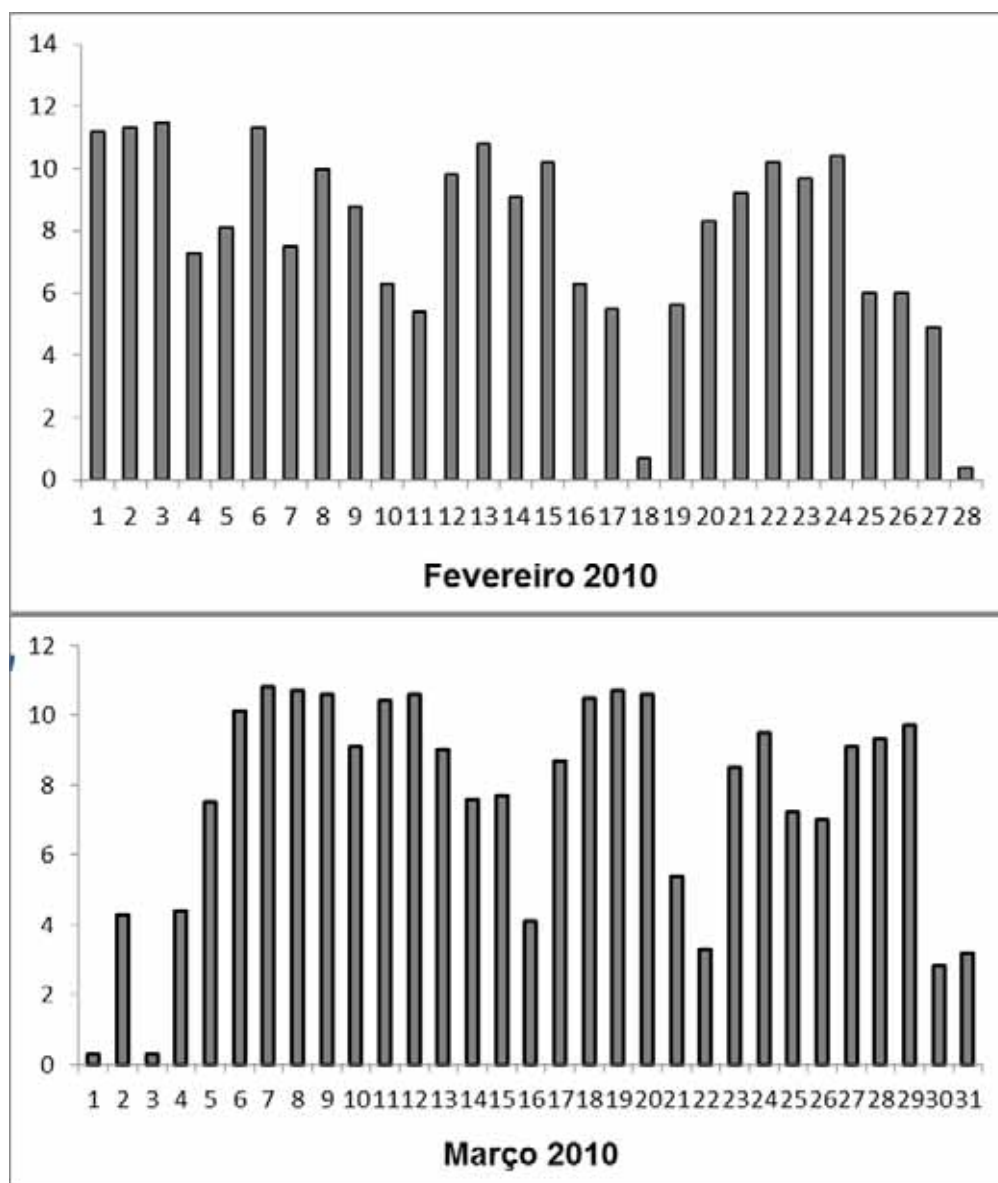


FIGURA 2. Horas de insolação por dia no ciclo de fevereiro-março, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).

No ciclo de outubro-novembro, a média de temperatura foi 24,34 °C; a precipitação nos meses de outubro e novembro foi, respectivamente, 176,4 mm e

366,9 mm e o período de insolação foi, em média, de 7,2 horas por dia (Figuras 3 e 4). Observa-se que em outubro, ainda existiram intervalos longos de dias sem chuva. Entre os dias 9 e 25 de outubro houve, praticamente, apenas um dia com precipitação pluviométrica. Em novembro, a precipitação pluviométrica foi melhor distribuída ao longo do mês (Figura 3).

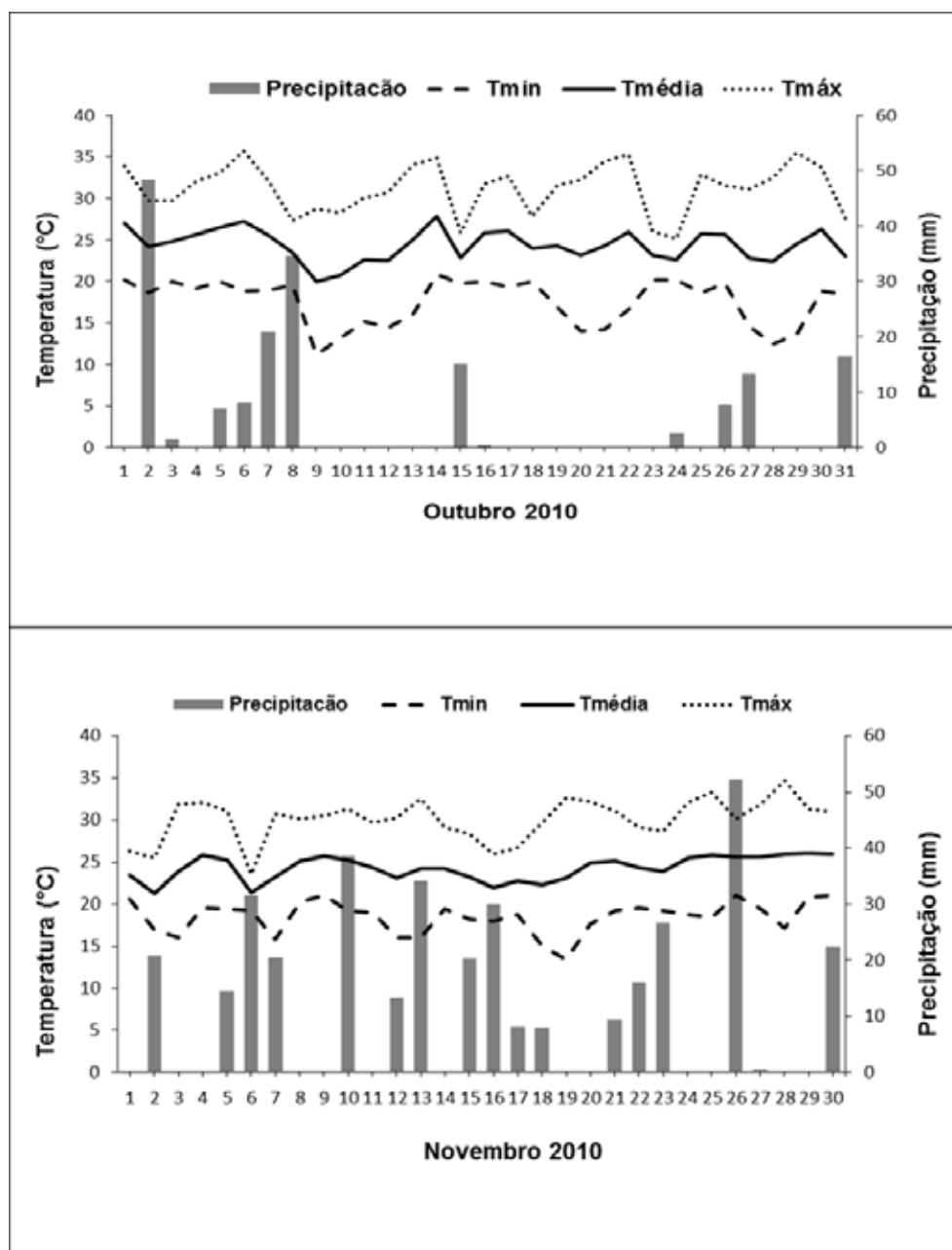


FIGURA 3. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no segundo ciclo de coleta de amostras, out-nov, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).

No mês de novembro os intervalos de dias sem precipitação de chuva foram sempre menores ou iguais a 3. A insolação foi semelhante à do período de fev-mar.

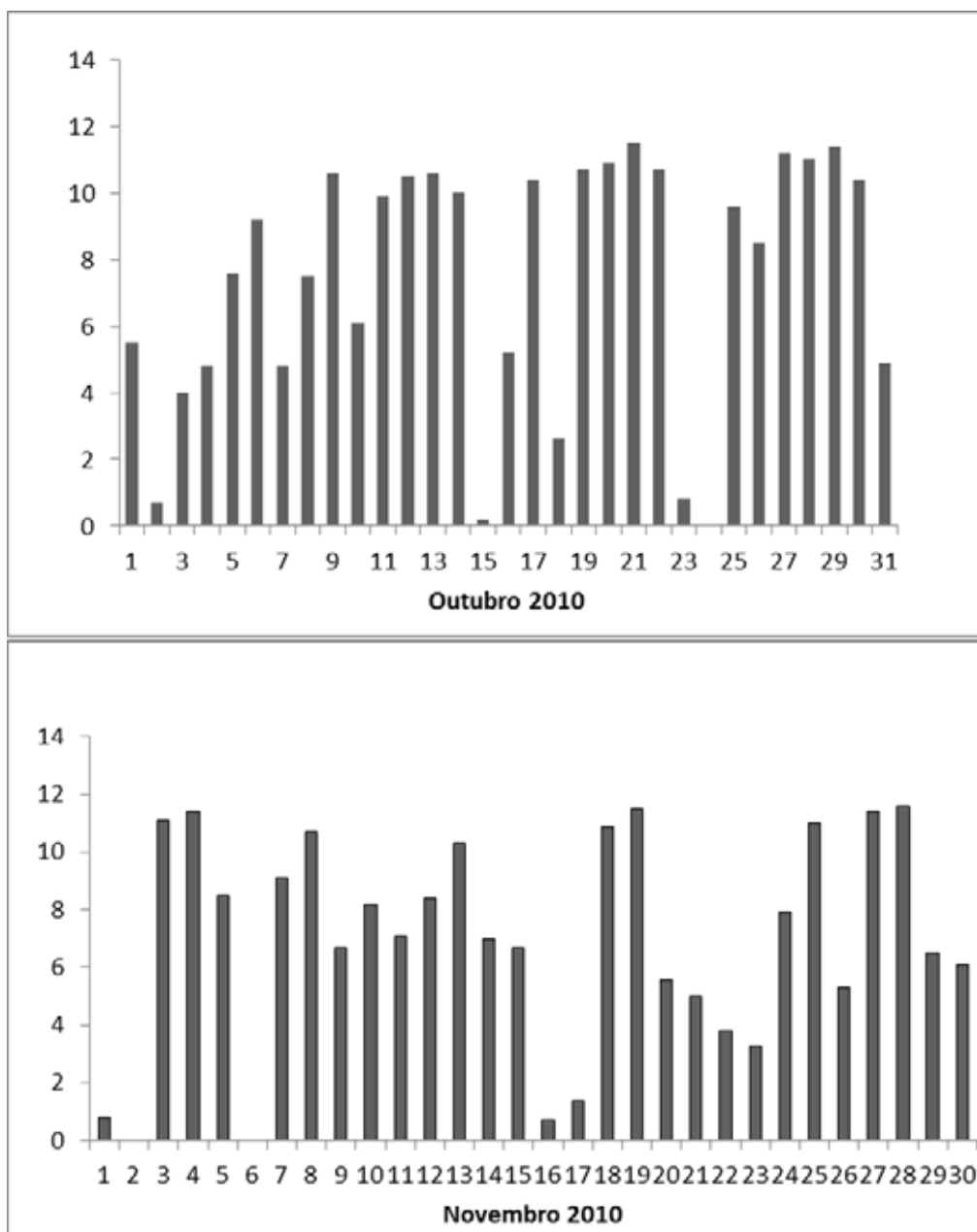


FIGURA 4. Horas de insolação por dia no ciclo de outubro-novembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).

Entre os dois ciclos de pastejo em que foram colhidas as amostras do solo e do capim tifton 85, a temperatura média oscilou de 17,62 °C (setembro) a 11,21 °C

(junho) e, no período de maio a agosto, esteve sempre abaixo de 15 °C, que é a temperatura crítica para o capim, abaixo da qual o capim deixa de crescer. No entanto, a temperatura máxima oscilou entre 28,57 °C em junho e 32,67 °C em setembro (Figura 5).

Na Figura 5 observa-se a precipitação acumulada nos meses que separaram as duas épocas de coleta. Pode-se concluir que do mês de maio até ao mês de agosto a precipitação pluviométrica ficou abaixo de 0,6 mm por dia; no mês de agosto não choveu e, em setembro, a precipitação ainda esteve baixa: 2,4 mm por dia. Este fato influenciou na oferta de forragem do capim e a coleta de amostras que seria feita em setembro-outubro, precisou, então, ser adiada por um ciclo. Fez-se uma coleta simulando o pastejo, no sistema de sequeiro, e a coleta aconteceu no ciclo seguinte, out-nov.

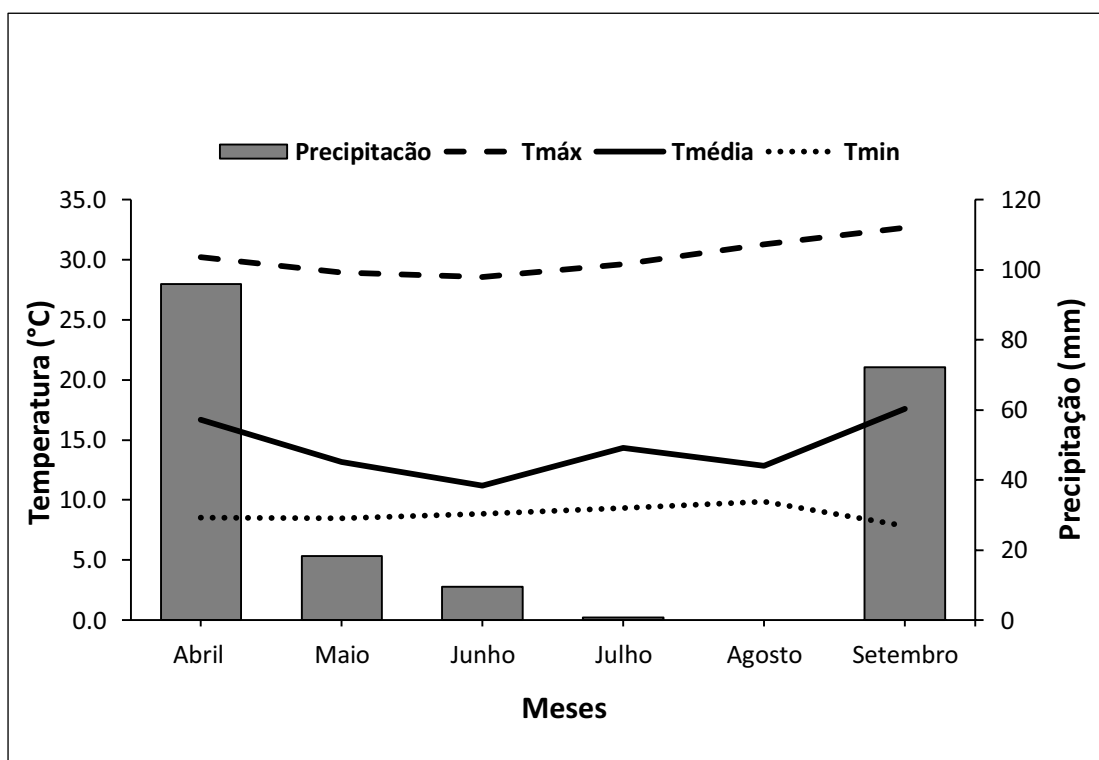


FIGURA 5. Precipitação pluviométrica e temperatura (mínima, média e máxima), no período entre as duas coletas de amostras, abril a setembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).

A insolação no período situou-se no intervalo de 7,82 horas diárias em setembro e 9,85 horas diárias em agosto, fato que colaborou para que a irrigação pudesse ter um resultado positivo no pasto irrigado (Figura 6).

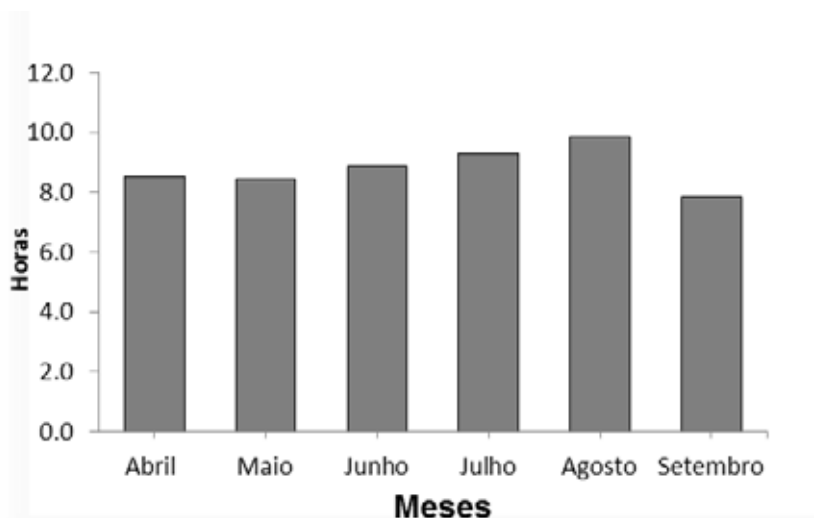


FIGURA 6. Média de horas de insolação por dia entre o ciclo de fevereiro-março e outubro-novembro, 2010. IFTM, Uberaba (BDMEP – INMET; Estação Uberaba-MG (OMM: 83577)).

Os tratamentos dos experimentos citados eram constituídos por:

1. Pastagem de tifton 85 manejada em condições de sequeiro;
2. Pastagem de tifton 85 manejada em condições de irrigação (5,2 ha): sistema de aspersão em malha, que consiste basicamente de uma rede em anel em que o conjunto de tubulações forma um circuito fechado. Esta rede é alimentada por mais de um ponto, equilibrando as pressões e diminuindo o diâmetro dos tubos, a perda de carga e a potência do conjunto motobomba. Este sistema, de baixo custo, é semiportátil: muda-se de lugar apenas os aspersores. As tubulações (75 e 50 mm de diâmetro) são enterradas de 30 a 50 cm abaixo da superfície do solo e as linhas laterais (25 mm de diâmetro) interligadas em espaços de 21 metros. Os aspersores no sistema (Naan 5035) apresentam configurações dos bocais de 5,0 x 2,5 mm, atuando com pressões de serviço entre 280 a 300 kPA, para vazões nominais entre 2000 a 2250 Lh⁻¹. As intensidades de precipitações variaram de 4,54 a 5,10 mm h⁻¹. Os turnos de rega aconteceram com periodicidades variadas em face das variações climáticas (precipitação, temperatura média, radiação solar e principalmente da

evapotranspiração do período, calculada pela equação de Penam-Montheith), utilizando-se dados meteorológicos coletados na estação automática instalada próximo ao experimento. Com estes dados calcularam-se as lâminas, o turno de rega e intensidade. As irrigações foram feitas sempre que necessário e, principalmente, no período crítico de chuvas, o que ocorreu normalmente de abril a outubro.

Em estudo feito, em 2009, por Torres et al. (2012) no final de um período de 16 meses de exploração da área com pastejo rotacionado, foi calculada a resistência à penetração, a densidade e suas relações com os sistemas irrigado e sequeiro. Torres et al. (2012), constataram, então, que a resistência à penetração foi maior nas camadas superficiais, sendo influenciada pela umidade do solo; houve aumento da densidade do solo pelo pisoteio dos animais no sistema não irrigado (sequeiro).

Segundo o projeto 2008/2009, que foi instalado nesta área com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica da produção de leite em pastagem de tifton 85 irrigada, as pastagens foram “manejadas em condições de lotação rotacionada, recebendo adubação para permitir taxa de lotação de 7 UA ha⁻¹ durante o período das águas, mantendo em cada sistema um lote fixo de 11 vacas em lactação para efeito de avaliação do desempenho animal”. Consta do projeto em questão que “o restante dos bovinos para completar a taxa de lotação proposta”, entraria no sistema de acordo com a “produção e disponibilidade de forragem no sistema “put and take”, conforme Euclides e Euclides Filho (1997)”.

A adubação de manutenção na área foi feita sistematicamente após a retirada dos animais do piquete que, no período das águas - novembro a maio – aconteceu, por lotação rotacionada, de três em três dias, com período de descanso de 21 dias e no período da seca – junho a outubro – aconteceu de 5 em 5 dias, com período de descanso de 35 dias, tendo sido baseada em análises do solo, constituindo-se do seguinte: 552 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de ureia subdivididos em 10 aplicações; 81,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pela aplicação de superfosfato simples, no período chuvoso, parcelados em 3 vezes; 196,36 kg de K₂O ha⁻¹ aplicado em dezembro, repetido em janeiro e 98,18 kg de K₂O ha⁻¹, no período da seca, na forma de cloreto de potássio; 63,63 kg de FTE BR12 ha⁻¹, em dezembro de 2009, levando-se em conta o objetivo de permitir taxa de lotação de 7 UA ha⁻¹ (UA - O conceito de 1 UA,

unidade animal, refere-se a um animal com 450 kg de peso vivo). O sistema de sequeiro não recebeu adubação nos meses de seca, e, portanto, recebeu 70% do destinado ao irrigado em ureia e superfosfato simples e 80% do cloreto de potássio. O calcário dolomítico (PRNT de 92%) foi aplicado em agosto de 2007.

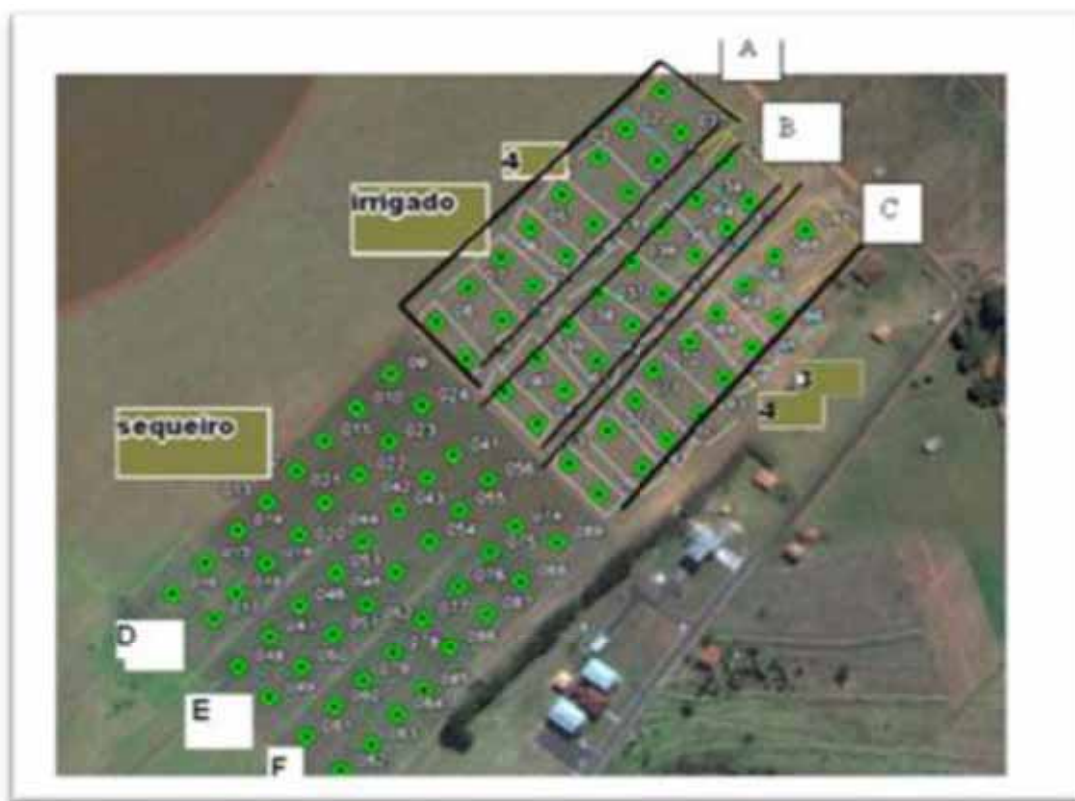


FIGURA 7. Vista aérea (Google) dos pastos do experimento no IFTM-Uberaba, com sobreposição das marcações dos pontos georreferenciados, sistemas de sequeiro, irrigado e setores (A, B, C, D, E e F).

Os sistemas de lotação rotacionada - irrigado e sequeiro - são manejados de modo diferente em relação à época de maior precipitação pluvial e à época de seca ou menor precipitação pluvial. Na época das águas, os sistemas são manejados com 3 dias de ocupação e 21 dias de descanso, sendo cada sistema formado por 24 piquetes de 0,22 ha/piquete. Na época da seca, os sistemas são manejados com 5 dias de ocupação e 35 dias de descanso. Na época das águas, a oferta de forragem é de 5% do peso vivo médio e, na época da seca, a oferta de forragem é de 7% do

peso vivo médio, oferecendo uma disponibilidade de forragem duas a três vezes maiores que necessidade diária do animal (EUCLIDES et al. 1997).

Na Figura 7, vista aérea dos pastos, na qual estão sobrepostos os pontos georreferenciados e o croqui mostrando a localização dos setores A, B e C e D, E e F do esquema experimental do projeto desenvolvido em 2008 e 2009.

Para o experimento institucional, a área de pastagem foi estruturada em 8 piquetes, para avaliação do sistema irrigado e 8 piquetes para avaliação do sistema de sequeiro, subdivididos em 3 setores, chamados de A, B e C, no irrigado e D, E e F, no sequeiro, que são os locais para repetição do experimento, perfazendo um total de 24 piquetes em cada sistema conforme o que mostra a Figura 8.

Os resultados dessa pesquisa (2008-2009), no pasto irrigado e sequeiro do IFTM, foram apresentados, anualmente, nos seminários de iniciação científica e inovação tecnológica, desde o ano de 2009 e traduzem o histórico da área.

Rodrigues Junior et al. (2010), observaram que o sistema irrigado apresentou maior biomassa de matéria seca, total e em cada ciclo avaliado, em relação ao sequeiro tendo como produção total 34070,44 kg ha⁻¹ de MS, enquanto o sequeiro produziu um total de 25859,43 kg ha⁻¹ de MS no ano (IFTM). Os maiores valores de biomassa de matéria seca encontrados no sistema irrigado foram nos ciclos de dezembro-janeiro, janeiro-fevereiro e fevereiro-março de 2009 sendo, respectivamente, de 4796,34 kg ha⁻¹ de MS; de 4778,17 kg ha⁻¹ de MS e de 4033,12 kg ha⁻¹ de MS. Para o sistema de sequeiro, as maiores produções foram nos ciclos novembro-dezembro, dezembro-janeiro, janeiro-fevereiro, sendo, 3711,34 kg ha⁻¹ de MS; 3518,93 kg ha⁻¹ de MS e 3233,11 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente, período no qual, se teve maior disponibilidade hídrica para forrageira.

Andrade et al. (2010) observaram, na mesma época, nos pastos do IFTM, entre o ciclo de pastagem de agosto-setembro de 2008 e julho-agosto de 2009, a vantagem do sistema irrigado em relação à taxa de lotação e verificaram que a taxa de lotação calculada e conduzida de acordo com a oferta da massa de forragem apresenta diferenças entre as estações (águas e seca) e em relação aos dois sistemas (irrigado e sequeiro). O sistema irrigado apresentou menor oscilação nas médias, variando de 4,83 UA ha⁻¹ a 4,05 UA ha⁻¹, mesmo considerando os

resultados na época do inverno, se contrapondo ao resultado do sequeiro, cuja taxa de lotação teve variação de 3,07 (nas águas) a 1,37 UA ha⁻¹ (na época da seca).

Silva et al. (2010) publicaram resultados sobre a porcentagem de proteína bruta (PB%) do capim tifton 85 (IFTM), nos dois sistemas: no sistema irrigado a porcentagem de PB esteve situada no intervalo de 11,6% (ciclo de pastagem de out-nov, 2008) e 19,38% (em jun-jul, 2009), enquanto o sistema de sequeiro apresentou um intervalo de variação de 10,11% (jul-ag, 2009) a 14,68% (fev-mar, 2009).

3.2.1. Amostragens

Sobre esta área de pastagem, explorada pelo projeto institucional, conforme Figuras 7 e 8, foram marcados e georreferenciados dois pontos em cada piquete, por setor, formando uma malha regular de 48 pontos para fornecer amostras para análise dos atributos do solo e do capim tifton 85, no sistema irrigado e 48 no sistema de sequeiro, totalizando 96 pontos, com distância entre si de 36 metros.

Para georreferenciá-los foi utilizado o método de levantamento estático. Nesse procedimento foi adotado um ponto conhecido como Base, sendo que esse ponto foi transposto de um ponto do IBGE da região, utilizando-se um receptor GPS Geodésico Topcon Hiper L1/L2. Estacionou-se o equipamento nesse ponto, deixando-o ligado durante 24 horas para sua fixação e, então, utilizou-se um segundo GPS, denominado “Rover”, para a localização dos pontos na área do experimento. Enquanto a base ficou fixa, o “Rover” foi levado e imobilizado por 15 minutos em cada ponto. Para o “download” das informações coletadas no campo, o GPS Base e depois o “Rover”, através de um cabo de dados, foram conectados ao computador e suas informações foram transferidas para uma pasta, utilizando-se o “software” “Sokkia Spectrum Survey ®”. Em seguida, os dados baixados nesse “software” foram convertidos para a extensão RINES, e aberto posteriormente no “software” “Topcom Tools®”, para que os dados fossem novamente processados e as órbitas dos satélites, bem como as configurações de tipo e altura de antena, corrigidas. Após a realização da fixação da base e correção dos demais dados, foram baixadas as Efemérides dos satélites no referido dia, através do portal IGS da NASA. Os dados georreferenciados foram exportados para o AutoCAD® e com o

auxílio desse “software” de desenho, foi realizado o croqui da área com cada ponto e sua respectiva coordenada.

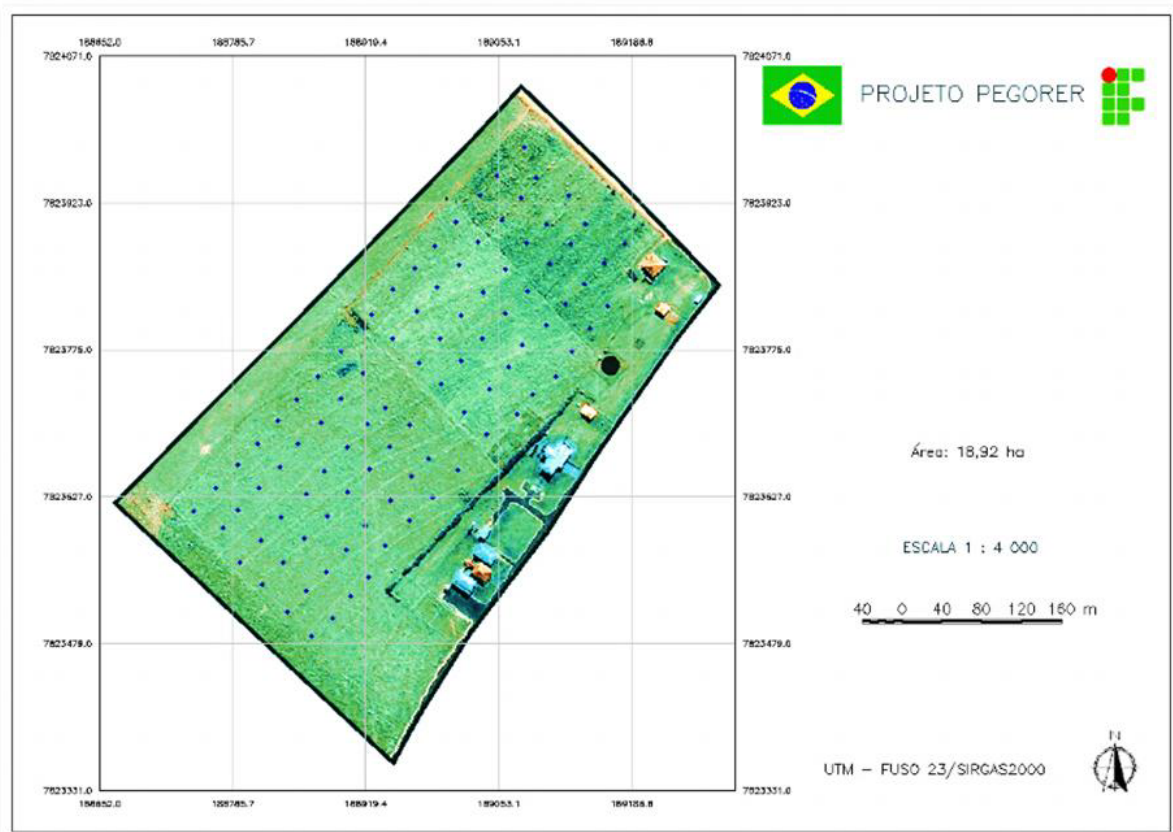


FIGURA 8. Pastos do experimento no IFTM Uberaba com sobreposição das marcações dos pontos amostrais georreferenciados, nos sistemas de sequeiro e irrigado, em escala.

Nesses pontos, o solo foi amostrado em profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, em duas épocas distintas, numa área de 11,552 ha. Totalizaram-se, portanto, em duas épocas distintas, no ano de 2010, 96 amostras de solo na área do sistema irrigado e 96 amostras na área de sequeiro, que foram secas, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo e Planta da UNESP, Campus de Jaboticabal para análise de rotina (pH, Mo, Ca K, Mg, P, H+Al, SB, CTC, V%), seguindo o método descrito por RAIJ et al. (2001).

As amostras da parte aérea da gramínea foram colhidas, tomando-se como referência os mesmos pontos da coleta do solo, porém sua coleta foi feita em conformidade com o ciclo de rotação do pastejo. O corte do capim, no nível do solo,

foi delimitado por 4 quadrados metálicos de 25x25 cm em torno de cada ponto georreferenciado. As 4 amostras foram reunidas numa amostra composta, caracterizando a produção em torno de cada um dos 96 pontos. Foram, então, pesadas. Esta medida foi feita antes da entrada do gado em cada piquete para determinar, pelo cálculo da disponibilidade da forrageira, a produção de massa verde em cada ponto.

Concomitante à coleta da amostra da parte aérea do tifton 85, foi medida a altura da forrageira no ponto de inflexão. Mediu-se a altura da forrageira em 5 locais contornando, com raio menor que 1 m, cada ponto georreferenciado e considerou-se a média das alturas.

O corte da parte aérea do capim foi feito em dois períodos do ano: fev/mar (verão), aos 21 dias de idade de crescimento da forrageira e out/nov (primavera), aos 35 dias de crescimento, épocas que, em 2010, representaram, respectivamente, o final do período chuvoso, época das águas, verão, e o final da seca, começo da nova estação chuvosa na região, primavera.

Com exceção do piquete 8, que teve o seu corte adiado em um dia por causa da chuva, as coletas de amostras do capim, em fev/mar, aconteceram por piquetes, de 3 em 3 dias, concomitantemente, no sistema irrigado e de sequeiro, abrangendo a coleta nos setores A, B, C, D, E, e F. Segundo o cronograma, no dia 19/02/10 foi feita a coleta no piquete 5, irrigado: setores A, B, C, e sequeiro: setores D, E, F. Repetindo o procedimento do dia 19 de fevereiro, no dia 22/02/10, foram colhidas as amostras do piquete 6; em 25/02/10 foram colhidas as amostras do piquete 7; em 01/03/10, piquete 8; em 03/03/10, piquete 1; em 06/03/10, piquete 2; em 09/03/10, piquete 3 e, finalmente no dia 12/03/10, o piquete 4, fechando-se o ciclo em todos os setores.

Como na seca de 2010, no sistema de sequeiro, não houve produção suficiente para o pastejo, no início do período da primavera foi feita a poda do capim a 10 cm do solo, em torno dos pontos georreferenciados, simulando o pastejo pelo corte e pelo acompanhamento do ciclo da sistemática de rotação do gado. O corte para o cálculo da disponibilidade da forrageira, então, aconteceu no ciclo seguinte.

Como a coleta no Verão foi feita de 19 de fevereiro a 12 de março de 2010, calculou-se a média destas variáveis climáticas no período de 15/02 a 12/03. São

elas: Precipitação Pluviométrica – 246,7 mm; Temperatura média – 25,62 °C; Período de insolação – 7,02 H dia⁻¹.

As coletas de amostras do capim, no ciclo out-nov, aconteceram por piquetes de 5 em 5 dias, abrangendo os setores A, B, C., D, E, e F, sistema irrigado e sequeiro. Segundo o cronograma, dia 09/10/10 foi feita a coleta no piquete 5, irrigado: setores A, B, C, e sequeiro: setores D, E, F. Dia 14/10/10, piquete 6; 19/10/10, piquete 7; 24/10/10, piquete 8; 29/10/10, piquete 1; 03/11/10, piquete 2; 08/11/10, piquete 3 e no dia 13/11/10 fechou-se o ciclo com o piquete 4.

Como a coleta na primavera foi feita de 09 de outubro a 13 de novembro de 2010, calculou-se a média destas variáveis climáticas no período de 05/10 a 13/11. São elas: Precipitação Pluviométrica – 229,1 mm; Temperatura média: 24,165 °C; Período de insolação – 7,73 H dia⁻¹.

3.2.2. Organização do trabalho com as variáveis

As amostras da parte aérea da gramínea foram pesadas, secas em estufa de ventilação forçada por 3 dias à temperatura de 65° e, em seguida, depois de novamente pesadas, foram moídas em moinho de facas, então, foram encaminhadas para o Laboratório LANA na UNESP de Jaboticabal.

Nas amostras de forragem foram determinados os teores de matéria seca, de nitrogênio total, de proteína bruta, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido, segundo Silva (2002). Nas amostras colhidas no verão foram feitas também a digestibilidade in vitro da MS.

Os resultados laboratoriais foram copiados em planilhas do Excel, onde foram construídas tabelas contendo as projeções no Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM), FUSO 23 DATUM SIRGAS2000, definidas no eixo x, UTM leste e eixo y (UTM norte), e nas outras colunas os valores dos atributos pesquisados em cada ponto de coleta e, em seguida, estas planilhas foram transferidas para as planilhas do programa de Geoestatística: GS+ v.5.03 Beta (ROBERTSON, 1998), no qual a estatística descritiva e o semivariograma, para os ajustes dos modelos de dependência espacial foram realizados.

Para tanto, analisou-se o resultado da Estatística Descritiva em relação à sua normalidade, simetria, curtose, proximidade da média e mediana e decidiu-se por submeter a distribuição, ou não, a alguma transformação. Alguns atributos foram transformados pela transformação log-normal. Para cada atributo do solo ou do tifton 85, nas diferentes situações de análise, sistema, época e profundidade (solo) foram construídos gráficos da distribuição de frequência, o esquema pontual dos pontos e valores na área com a marcação dos quartis e, em seguida, o semivariograma.

Como não se detectou anisotropia, ou seja, variabilidade diferente em direções diversas, os semivariogramas isotrópicos foram utilizados, ajustando-se o modelo esférico por tentativas e erros com opção por aquele que apresentasse os melhores parâmetros, método utilizado também por Bolfe, Gomes e Fontes (2007). Os parâmetros, analisados para a seleção do modelo e disponibilizados pelo programa utilizado, foram a menor soma dos quadrados dos desvios (RSS), o maior coeficiente de determinação (R^2) e o maior valor da dependência espacial.

Para medir o grau de dependência espacial utilizou-se a relação proposta por Cambardella et al. (1994): a razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar ($C_0 + C_1$), $(C_0)/(C_0+C_1)$, pela qual, se o efeito pepita equivale a até 25% do patamar a dependência é considerada forte; será moderada se encontrar-se entre 25 e 75% inclusive e fraca se a dependência situar-se acima de 75%.

Escolhido o modelo, utilizou-se o interpolador geoestatístico denominado Krigagem para a espacialização dos atributos analisados, pela estimação de valores não amostrados, nos locais dentro da área pesquisada. . No método da Krigagem, que é uma média móvel ponderada, a variação dos pesos depende da variabilidade expressa no semivariograma. O que diferencia a Krigagem de outros estimadores (interpoladores) é o uso do semivariograma como decisão da distribuição destes pesos (MANZIONE, 2002).

Em arquivo do Word, foram copiados os resultados de cada atributo, analisado com a utilização do GS+ e posteriormente foram agrupadas em um único arquivo por sistema e época. As planilhas do GS+ foram transferidas para o Surfer V. 7.0 (GOLDEN SOFTWARE INC., 1999), onde foram construídos mapas em duas e três dimensões. Os resultados estatísticos foram sintetizados em tabelas com a utilização do Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise estatística descritiva do solo

As áreas de pastagem foram adubadas sistematicamente, conforme manejo adotado pelo projeto de pesquisa instalado na área, levando-se em conta o resultado de análise de amostras aleatórias colhidas em cada sistema (irrigado e sequeiro), e agrupadas como amostras compostas. Por considerar cada área como homogênea, os aportes de nutrientes foram, então, calculados pela média das necessidades. Desta forma, por não considerar as microrregiões, dentro de cada área, com maiores ou menores concentrações dos nutrientes, teve-se como hipótese, nesta pesquisa, que, poderia ter acontecido uma consolidação e/ou agravamento da heterogeneidade da distribuição dos nutrientes no solo.

Os resultados estatísticos demonstram valores e significância das variáveis relativas às amostras do solo colhidas nos dias que antecederam o ciclo de pastagem fevereiro-março e outubro-novembro, no sistema irrigado e, expõem os resultados das análises do solo das amostras colhidas no período que precedeu o ciclo de fevereiro-março e outubro-novembro, no sistema de sequeiro, do IFTM, em Uberaba (Tabelas 1 e 2).

4.1.1. Sistema irrigado e sequeiro

Os resultados do sistema irrigado e sequeiro (Tabelas 1 e 2) mostram que há variabilidade em seus atributos. Destacam-se os Coeficientes de Variação (C.V.) do pH e da CTC em todas as situações consideradas, bem como, da MO no ciclo de fev-mar, na profundidade de 20 a 40 cm no sistema irrigado, e do pH, da CTC e da MO, no sequeiro, que, conforme o critério adotado por Warrick e Nielsen (1980), foram classificados em baixo (C.V. < 12%) e, exceção para o C.V. do K, sistema irrigado, nos dois períodos de observação e do K, no sistema de sequeiro, no ciclo fev-mar, na profundidade de 20 a 40 cm e, em out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm, além do P, em fev-mar, no sistema irrigado, que foram classificados como alto,

os Coeficientes de Variação de todas as outras variáveis são classificados como médios ($12\% < C.V. < 62\%$).

TABELA 1. Estatísticas descritivas das variáveis químicas do solo nos ciclos fevereiro-março e outubro-novembro, em 2010, nas profundidades 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no sistema irrigado.

Fevereiro-março												
Variável	Média		Mediana		Desvio Padrão		C.V. (%)		Mínimo e Máximo			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P1	P2	P2
									Min	Max	Min	Max
pH	5,0	5,1	5,1	5,2	0,3	0,3	5,6	6,6	4,3	5,6	4,4	5,7
Ca	16,9	13,0	17,0	13,0	4,8	3,7	28,4	29,4	8,0	27,0	5,0	22,0
Mg	3,2	2,4	3,0	3,0	1,5	1,0	47,6	39,8	1,0	8,0	1,0	5,0
K	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	0,9	76,3	61,2	0,5	7,2	0,3	4,4
P	29,1	12,0	25,0	9,0	18,6	8,6	64,1	71,9	6,0	92,0	4,0	44,0
MO	20,7	16,0	21,0	15,0	3,3	1,8	15,9	11,5	16,0	29,0	13,0	21,0
H+Al	24,9	22,0	25,0	22,0	4,5	4,2	17,9	19,1	15,0	38,0	16,0	34,0
SB	21,9	17,0	21,0	17,0	5,4	4,3	24,7	25,9	12,0	32,0	7,0	26,0
CTC	46,8	38,0	46,0	38,0	5,0	3,5	10,8	9,2	38,0	57,0	32,0	47,0
V%	46,2	43,0	48,0	43,0	9,3	9,9	20,0	22,9	25,0	65,0	21,0	61,0

Outubro-novembro												
Variável	Média		Mediana		Desvio Padrão		C.V. (%)		Mínimo e Máximo			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P1	P2	P2
									Min	Max	Min	Max
pH	5,0	5,1	5,0	5,2	0,3	0,3	5,8	6,3	4,2	5,5	4,5	5,9
Ca	15,8	12,0	16,0	12,0	4,4	2,9	27,6	24,7	8,0	26,0	4,0	18,0
Mg	3,0	2,3	3,0	2,0	1,0	0,8	34,8	35,9	1,0	5,0	1,0	4,0
K	2,2	1,6	1,2	1,2	2,8	2,1	125,1	127,4	0,5	16,0	0,3	14,0
P	29,0	11,0	28,0	10,0	14,7	5,9	50,7	52,3	6,0	64,0	5,0	30,0
MO	20,3	16,0	20,0	15,0	2,5	2,5	12,4	16,2	16,0	27,0	12,0	27,0
H+Al	23,7	20,0	22,0	20,0	4,2	3,4	17,9	16,9	16,0	34,0	15,0	28,0
SB	21,0	16,0	21,0	15,0	5,1	3,8	24,3	24,3	11,0	33,0	7,0	30,0
CTC	44,7	35,0	44,0	35,0	4,6	3,2	10,2	9,0	36,0	64,0	30,0	44,0
V%	46,8	44,0	50,0	44,0	9,3	8,1	19,9	18,6	24,0	64,0	23,0	56,0

Unidades de medidas: fósforo (P) em mg dm^{-3} ; matéria orgânica (MO) em g dm^{-3} ; o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis e a acidez potencial (H+Al) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; soma de bases (SB) e a capacidade de troca de cátions (CTC) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e o índice de saturação por bases (V%) que expressa a razão entre SB e CTC em porcentagem. Coeficiente de variação (C.V.).

As menores variações do pH e da CTC também foram encontradas em trabalho de Montezano (2006), Carvalho et al. (2003), Silveira et al. (2000) e Salviano et al. (1998), Paz et al. (1996), por Silva et al. (2008) em solo sob café, no sul de Minas Gerais e Amado et al. (2009) na região de Palmeiras das Missões-RS em Latossolo Vermelho distrófico sob irrigação por pivô com sistema de semeadura direta. Santos et al. (2009) citam Schlindwein e Anghinoni (2000); Alvarez e Guarçoni (2003); Guarçoni et al. (2007) e Silva et al. (2007) que, de modo geral concordam que a MO e o pH são os elementos que apresentam os menores valores de C.V. e o P e o K são as características químicas que apresentam maiores valores de coeficientes de variação.

Os maiores coeficientes de variação que foram calculados são os coeficientes do P e do K, que são os nutrientes que fizeram parte de muitas interferências, através de adubações, que o local sofreu ao longo da instalação e execução do projeto institucional, cujas interferências sobre a variabilidade das características químicas do solo estão sendo analisadas. Os resultados da variabilidade do K e do P encontram semelhança com os trabalhos de Carvalho et al. (2003), Silveira et al. (2000) e Salviano et al. (1998), para o P e Jacob (1999) para o K, mesmo o referido autor tendo excluído os “outliers”.

Portanto, as maiores variabilidades foram observadas para P e K e as menores para pH, matéria orgânica (MO) e CTC, resultados partilhados por vários autores, entre eles, Souza et al. (1998).

Cavalcante et al. (2007), observando a variabilidade do solo em diferentes usos e manejos, encontrou variabilidade alta para o P e o K em todos os manejos e usos, inclusive pastagem. Ferraz et al. (2012) encontraram C.V. alto para o P em três anos consecutivos de análise de solo sob cultura de café.

Montezano et al (2006), em pesquisa feita em Latossolo, considerando amostra composta, conseguiram resultado parecido, com exceção no que diz respeito ao K e à CTC: a variabilidade foi considerada alta para o P disponível; média, para matéria orgânica, Ca, Mg, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions a pH 7,0, saturação por bases e baixa, para pH e K.

TABELA 2. Estatísticas descritivas das variáveis químicas do solo no ciclo de fevereiro-março e outubro-novembro, em 2010, nas Profundidades 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no sistema de sequeiro.

Fevereiro-março												
Variável	Média		Mediana		Desvio Padrão		C.V. (%)		Mínimo e Máximo			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1 Min	P1 Max	P2 Min	P2 Max
pH	5,16	5,05	5,2	5,1	0,3	0,3	6,4	6,7	4,4	5,7	4,3	5,7
Ca	14,3	9,4	14,0	9,0	4,1	3,9	28,8	41,9	6,0	27,0	3,0	22,0
Mg	3,1	2,5	3,0	3,0	1,4	0,9	44,2	36,5	1,0	6,0	1,0	5,0
K	1,4	1,6	1,2	1,3	0,8	1,0	53,9	63,1	0,4	4,2	0,3	5,6
P	26,2	9,8	24,0	9,0	14,7	5,5	55,9	56,2	9,0	83,0	4,0	33,0
MO	17,3	14,8	17,0	15,0	2,1	1,9	12,0	12,8	13,0	23,0	12,0	20,0
H+Al	21,0	21,5	20,0	22,0	4,3	3,8	20,4	17,7	15,0	34,0	15,0	34,0
SB	18,8	13,5	18,0	13,0	5,2	4,6	27,5	34,4	9,0	33,0	5,0	28,0
CTC	39,9	35,0	40,0	35,0	4,0	3,7	9,9	10,5	31,0	51,0	29,0	45,0
V%	46,9	38,1	48,0	38,0	10,6	10,4	22,7	27,3	20,0	65,0	13,0	64,0
Outubro-novembro												
Variável	Média		Mediana		Desvio Padrão		C.V. (%)		Mínimo e Máximo			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1 Min	P1 Max	P2 Min	P2 Max
pH	5,1	5,0	5,1	5,0	0,3	0,4	6,8	7,8	4,3	5,7	4,3	5,7
Ca	13,2	7,8	12,0	7,0	4,7	3,1	35,3	39,5	5,0	33,0	4,0	19,0
Mg	2,6	2,2	3,0	2,0	1,1	1,0	41,1	45,7	1,0	6,0	1,0	6,0
K	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	0,8	75,9	58,7	0,5	6,0	0,4	4,9
P	26,8	8,7	25,0	9,0	15,7	3,9	58,3	44,8	9,0	89,0	2,0	20,0
MO	16,1	13,4	17,0	13,0	1,7	1,6	10,7	11,8	12,0	19,0	10,0	17,0
H+Al	20,6	20,7	20,0	20,0	4,1	3,8	19,7	18,2	15,0	31,0	15,0	31,0
SB	17,4	11,5	17,0	11,0	5,4	4,0	30,7	34,8	7,0	37,0	5,0	24,0
CTC	38,0	32,2	37,0	32,0	4,6	3,6	12,1	11,3	31,0	55,0	26,0	44,0
V%	45,5	35,2	45,0	35,0	10,5	10,4	23,1	29,4	20,0	67,0	18,0	62,0

Unidades de medidas: fósforo (P) em mg dm^{-3} ; matéria orgânica (MO) em g dm^{-3} ; o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis e a acidez potencial (H+Al) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; soma de bases (SB) e a capacidade de troca de cátions (CTC) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e o índice de saturação por bases (V%) que expressa a razão entre SB e CTC em porcentagem. Coeficiente de variação (C.V.).

Carvalho et al. (2002) consideram que possivelmente a amostragem simples em 49 pontos num Latossolo, tal como a realizada nesta pesquisa com 48 pontos, pode ter influenciado na variabilidade encontrada e, se a amostragem tivesse sido composta, como na maioria dos trabalhos de pesquisa que utilizam a estatística descritiva, teriam sido encontradas variabilidades menores. Carvalho et al. (2003), pesquisando em Argissolos e Latossolos, alertam que experimentos de laboratório e, ou, de casa de vegetação, por sua precisão, apresentam coeficientes de variação menores do que 5 %, mas dados de análises de solo, colhidos a campo, geralmente possuem C.V. altos e muito altos, destacadamente nos casos de solos muito pobres, como os de cerrado (GOMES, 1984).

Nota-se diminuição da média das variáveis Ca, Mg, CTC, H+Al, MO, SB, P, do sistemas irrigado para o de sequeiro e entre as profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm), e o Mg, ao contrário das variáveis citadas, aumentou o seu teor, na comparação do irrigado com o sequeiro, na profundidade de 20 a 40 cm, dados de fev-mar. O K se diferenciou das outras variáveis, nos valores de fev-mar, quando, na profundidade de 20 a 40 cm, teve o seu teor maior no sequeiro do que no irrigado e maior que na profundidade de 0 a 20 cm. Com exceção do K e do P estas variações aconteceram também na comparação entre as épocas: os valores de fev-mar são maiores que os de outubro-novembro (Tabelas 1 e 2).

O V% diminuiu em profundidade e na comparação entre os sistemas, apresentou valores muito próximos na profundidade de 0 a 20 cm. Diferença existe ao se comparar os dois sistemas na profundidade de 20 a 40 cm: em profundidade o sistema irrigado mantém o V%, embora também baixo (abaixo de 45%), acima do valor encontrado no sequeiro, abaixo de 40% (Tabelas 1e 2).

O K, no intervalo de tempo do ciclo de fev-mar para o de out-nov, teve seu teor aumentado, no sistema irrigado, nas duas profundidades consideradas e, no sequeiro, apenas na superfície. O P, comparando-se os valores de fev-mar com os de out-nov, nas duas profundidades analisadas, permaneceu com valores próximos (Tabelas1 e 2).

A diminuição dos teores em profundidade só não foi observada para o pH no sistema irrigado e para o K (fev-mar), no sistema de sequeiro. Em relação aos sistemas, apenas o pH, em fev-mar e out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm, e o

V% no verão, na mesma profundidade, tiveram os seus teores maiores no sequeiro do que no irrigado (Tabela 1). A diminuição dos teores dos nutrientes tem, entre outras causas, a influência antrópica no solo do pasto que é mais acentuada na camada superficial, pelas adubações a lanço, as adições de esterco e, ainda, a exposição da camada superficial às intempéries e, somado a isto, o manejo próprio ao pasto que não permite o revolvimento do solo em profundidade.

O K teve maior teor em profundidade, no verão, no sistema não irrigado, aumentando 11% na camada de 20 a 40 cm. Coelho et al (2002) encontraram maior distribuição do potássio em profundidade em diferentes condições avaliadas e creditaram o fato à mobilidade do K em solos arenosos.

Dalchiavon et al. (2012), como nos dados deste trabalho, em Latossolo, encontraram menores teores das bases trocáveis, V%, em profundidade, fato constatado também por Costa et al. (2007), num Latossolo Vermelho Distroférrico sob plantio direto, em que concluíram que a tendência de redução dos teores das bases trocáveis em função da profundidade do solo, se deve ao efeito menos intenso da calagem nestas regiões.

Da Silva et al. (2006) encontraram também diminuição dos atributos Ca, Mg, K e CTC em profundidade e Carvalho Júnior et al. (2006) tiveram resultados semelhantes, tal como aconteceu neste estudo, em relação ao sistema de sequeiro, no qual o teor do H + Al aumentou.

A diminuição, em profundidade, dos teores do P (aproximadamente 60% no irrigado e acima de 60% no sequeiro) e do K (nas amostras de fev-mar: 15% e out-nov: 26% observada no irrigado), em Latossolo, também foi relatada por diferentes autores, tais como, Centurion et al. (1985), Eltz et al. (1989), Souza e Alves (2003) e por Cavalcante et al. (2007), em solo sob pastagem (64% nos valores de P e 84% nos valores de K). Essas diferenças acontecem pela baixa mobilidade do fósforo no solo e, provavelmente, porque o K é altamente exigido pela forrageira e, como no solo analisado existe alta porcentagem de areia, teor de MO, em subsuperfície, baixo, o que ocasiona CTC baixa, o elemento pode estar sendo lixiviado, diferença já presente nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm (CAVALCANTE et al., 2007).

Conforme interpretação do Instituto Agronômico de Campinas, em São Paulo (IAC), no sistema irrigado e sequeiro, o resultado da média do P resina, com vista à pastagem, na profundidade de 0 a 20 cm, considerando-a como cultura perene, tem seu valor médio classificado no patamar médio (13 a 30 mg dm⁻³). Franco (2003) considera que para forrageiras muito exigentes em adubação, como é o caso do tifton 85, o valor adequado do fósforo deve ser maior que 18 mg dm⁻³, sendo que os valores encontrados, nas duas épocas e nos dois sistemas, estão acima de 26 mg dm⁻³. No entanto, o C.V. alto alerta para a alta variabilidade de sua distribuição nas áreas, o que é confirmado pela observação dos seus intervalos de variação (Tabelas 1 e 2).

Em relação ao potássio, segundo a classificação (IAC), apesar do acréscimo constatado de fev-mar para out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm, os valores se situam no padrão médio. Na profundidade de 20 a 40 cm, se se utilizasse a mesma tabela de classificação, o K seria reclassificado, passaria de baixo no verão, para médio na primavera. Do verão para a primavera houve um acréscimo de 29% do K. Importante observar-se a variabilidade do elemento como indício de que a média pode não ser um parâmetro adequado, exigindo uma maior investigação.

Verifica-se, conforme a Tabela 1, nos dois períodos analisados, diminuição da MO nas profundidades estudadas. Cavalcante et al. (2007), Souza e Alves (2003), Derpshi et al. (1991), Centurion et al. (1985), obtiveram resultados semelhantes a este, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm.

Em relação à profundidade, nas duas épocas observadas, comparando-se os valores obtidos, a diferença entre os escores da saturação de base (V%) chega a 7%, no sistema irrigado. No sequeiro, esta diferença é maior: 19% nos resultados de fev-mar e 22% nos de out-nov. A diferença entre os valores do V%, calculados, nas amostras do final do verão e do início da primavera, nas profundidades pesquisadas, é insignificante. O V% foi caracterizado como de baixo teor (Tabelas 1 e 2).

Quanto à acidez (pH), a média de 5,04 encontrada nas amostras do final do verão e 4,97 nas do início da primavera, no sistema irrigado, tem seus valores situados na categoria “acidez alta” e os valores medianos 5,16 no verão e 5,11 na primavera, no sistema não irrigado, pertencem à categoria média, enquanto que, na

profundidade de 20 a 40 cm, a situação se inverte, no sistema irrigado, provavelmente por causa da lixiviação do calcário, a acidez passa para a classificação média e, no sequeiro, onde o calcário permaneceu mais na superfície, sua classificação passa de média para alta.

Segundo a classificação das características químicas média dos solos de cerrado, realizada por Macedo (1995), o $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, em Latossolo, situa-se no intervalo de 0,2 a 5,7 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. No resultado da análise presente, o solo pesquisado está abaixo da média deste intervalo.

O Mg manteve-se na classificação (IAC) de baixo teor, com perdas em profundidade e ao longo do tempo, sendo que o sequeiro esteve sempre com médias menores que o irrigado, enquanto os valores médios do Ca situam-se no nível alto, embora as variações em profundidade, época e sistema, tenham acompanhado as oscilações do Mg. Provavelmente, estas diferenças estejam relacionadas com o tempo sem a aplicação de calcário, à maior extração do Mg pelas gramíneas ou pela lixiviação do elemento em solo com pouca CTC e proporção de areia (77%).

Segundo Macedo (1995) a característica química média do K em Latossolo situa-se no intervalo de 0,2 a 4 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nas amostras analisadas, apenas a média dos teores de K, na primavera, no sistema irrigado, ficou acima do ponto médio do citado intervalo. Segundo as necessidades da pastagem, no sistema sequeiro, as médias, nas duas profundidades e nas duas épocas de estudo, foram classificadas como baixas (IAC), assim como, no verão, na profundidade de 20 a 40 cm, no sistema irrigado. Nas outras situações, no irrigado, o K ficou na categoria média (IAC).

Na análise do comportamento das médias dos atributos analisados, no sistema de sequeiro, nota-se, como aconteceu no pasto do sistema irrigado, uma pequena diminuição da média no intervalo de tempo do verão para o período da primavera (profundidade de 0 a 20 cm) e uma diminuição dos valores entre a profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Os valores aproximados da variação em fev-mar e em out-nov em profundidade foram: Ca (decréscimo de 34% e 41%); Mg (decréscimo de 19% e 16%); K (acréscimo de 11% e decréscimo de 13%); P redução de 63% no verão e 68% na primavera. As interferências no solo do pasto

influem mais na camada superficial, com repercussão maior no sistema irrigado, onde as interferências são mais constantes (Tabelas 1 e 2).

No sistema não irrigado, em relação à profundidade, em fev-mar, a comparação do valor médio obtido do V%, na profundidade de 0 a 20 cm para a de 20 a 40 cm, chega a 19%%. Nas amostras de out-nov, a diferença dos valores aumenta para 22%. A diferença entre os valores do V%, verão para primavera, profundidade de 0 a 20 cm, é, praticamente, nula (Tabela 2).

Cavalcante et al. (2007) destacam que a heterogeneidade do solo se dá vertical e horizontalmente, não só pela natureza do material de origem, mas também por causa da forma heterogênea dos processos de intemperização. Vários autores, entre eles, Santos e Vasconcellos (1987), destacam o manejo das culturas e os diferentes modos de aplicação de fertilizantes como agentes causadores desta variabilidade da distribuição dos nutrientes no solo.

As Tabelas 1 e 2 também propiciam a comparação dos valores estatísticos principais do solo, entre o sistema irrigado e o sistema de sequeiro, nas profundidades 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), nos pastos organizados em piquetes, do IFTM, em Uberaba.

Observando-se o CV dos teores das amostras de fev-mar, de 0 a 20 cm, nota-se que, nos atributos: Mg, K, P e MO, a variabilidade no sistema de sequeiro é menor que no irrigado, mas no quesito V% a variabilidade é maior. Na primavera, a variabilidade (CV) do Ca, Mg, P é maior no sistema de sequeiro, permanecendo maior a variabilidade do V%.

Em relação às médias dos atributos, em fev-mar, na profundidade de 0 a 20 cm, comparando-se o sistema irrigado com o sequeiro, observa-se decréscimo em todos os itens. No sistema de sequeiro, no entanto, como o teor do H+Al também decresce o V% fica praticamente o mesmo. Este decréscimo acontece ainda nos resultados das análises colhidas em out-nov, com um V% menor em apenas 3% (Tabelas 1 e 2).

Reichardt (1990) considera que o principal problema do sistema de produção irrigado é a lixiviação dos íons através do perfil do solo, o que ocasiona perda de bases trocáveis da zona radicular para as camadas mais profundas do solo,

contribuindo inclusive para a acidificação do solo. Este processo de lixiviação pode dificultar a absorção dos nutrientes pelas culturas.

A fertilidade do solo, em questão, está sendo analisada em função do objetivo que é estabelecer as condições para uma maior produtividade do capim tifton 85. Esta forrageira tem alta exigência em fertilidade do solo, não sendo recomendado para solos ácidos e pobres em nutrientes. Portanto, existem recomendações básicas para que o tifton se estabeleça e produza conforme o esperado, contribuindo com a pecuária de leite ou mesmo com outros usos. Preconiza-se a correção da acidez do solo através da calagem com o intuito de elevar a saturação de bases (V%) a 60%; o nível de fósforo deve estar entre 15 e 20 mg dm⁻³; o nível de potássio deve atingir 3 a 5% da CTC (TONATO; PEDREIRA, 2003).

Avaliando o manejo estabelecido para a exploração do pasto, irrigado ou sequeiro, pelo sistema de coleta de amostras compostas nas diferentes áreas analisadas, ou seja, avaliando pela média das distribuições, não se conseguiu desenvolver as condições ideais de fertilidade exigida pela forrageira tifton 85. Embora a média do P, no solo da pastagem estabelecida, na camada de 0 a 20 cm, tenha estado acima das necessidades, com ressalvas para a sua variabilidade, a média do V% situou-se, em todas as profundidades e épocas, 78 % abaixo do nível exigido pelas recomendações técnicas (Tabelas 1 e 2).

Observando-se a proximidade entre os valores da média e da mediana (Tabelas 1 e 2), indicativo da provável simetria da distribuição, verifica-se que, na maioria dos atributos analisados, a diferença fica abaixo de 5 % (80% dos atributos analisados das coletas de fev-mar, na profundidade de 0 a 20 cm). Em fev-mar, esta relação diminui, quando se analisa em profundidade (20 a 40 cm), para 75%. Nesta profundidade, 20% dos elementos ficam com uma diferença superior a 15 %. Nos resultados das análises feitas das amostras colhidas em out-nov, a diferença entre a média e a mediana aumenta, sendo que 5% dos atributos tiveram esta diferença acima de 20%. As maiores diferenças entre os valores da média e mediana foram observados para o potássio e o fósforo em fev-mar, profundidade de 0 a 20 cm e potássio em out-nov, na mesma profundidade (Tabelas 1 e 2).

Nas colunas sobre os valores de Mínimos e Máximos, Tabelas 1 e 2, tem-se a extensão do intervalo de variação de cada atributo estudado e, através destes

dados, uma indicação da variabilidade destes elementos no solo. Apesar destes indicadores, maior ou menor variabilidade de cada elemento, a análise descritiva não localiza as áreas de concentração ou escassez dos elementos pesquisados. Para um manejo eficiente de correção e fertilização, é importante tendo em vista a heterogeneidade horizontal e vertical da área explorada, o conhecimento das microrregiões de acúmulo ou falta dos nutrientes estudados.

A tendência das práticas agrícolas ainda é, observando-se a área de modo empírico, estabelecerem-se as zonas de diferenciação e proceder-se à coleta de amostras de modo aleatório, reunindo-as em amostras compostas e, desta maneira, adubar-se pela média. Normalmente, toma-se uma grande área como sendo homogênea e, ao adubar-se pela média, ou adubam-se em excesso partes da área ou partes não recebem a quantidade da qual necessitam. Importante, então, os mapas de distribuição dos nutrientes para a localização das subáreas de concentração ou de deficiência. Para mapear a distribuição territorial dos elementos químicos do solo têm-se as ferramentas da geoestatística.

4.2. Análise Geoestatística do Solo: Pasto Irrigado e Sequeiro

As Tabelas 3 e 4 expõem os parâmetros principais de análise geoestatística sobre os dados do solo, no pasto explorado no sistema irrigado e de sequeiro, nas profundidades de 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), nas duas épocas de coleta, final do verão, ciclo de fev-mar, e início da primavera, ciclo de out-nov. Abaixo da linha que especifica a época de referência dos dados, está especificado o modelo teórico, que é um modelo estatístico do ajuste da semivariância experimental. Diferentemente do modelo matemático, que exige exatidão, no modelo estatístico, os valores experimentais apresentam desvios (erros) em relação ao modelo teórico proposto e estes erros são atribuídos a variações não controladas pelo pesquisador. Em todas as variáveis do solo, nas duas profundidades e duas épocas do ano pesquisadas, e nos sistemas, irrigado e sequeiro, o modelo escolhido pelo bom ajustamento da semivariância foi o modelo esférico.

TABELA 3. Modelo e parâmetros do semivariograma experimental de atributos químicos do solo, no pasto irrigado, nas profundidades de 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no IFTM, Uberaba, 2010.

Variável	MODELO ESFÉRICO											
	Fevereiro-março											
	Alcance		C ₀		C ₀ +C ₁		C ₀ /(C ₀ +C ₁)		R ²		RSS	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	61,0	66,1	0,01	0,03	0,07	0,11	0,202	0,237	0,845	0,996	2,424	2,221
Ca	55,8	49,7	4,08	2,92	20,89	13,73	0,195	0,213	0,735	0,695	4,480	1,200
Mg*	75,4	46,5	0,00	0,17	0,141	0,75	0,015	0,221	0,904	0,773	2,676	1,659
K*	77,9	71,1	0,00	0,00	0,375	0,44	0,003	0,002	0,991	0,977	3,318	8,745
P*	64,5	70,7	0,00	0,00	0,50	0,37	0,002	0,003	0,969	0,924	1,168	1,993
MO	50,9	51,3	2,68	0,00	11,08	0,01	0,242	0,197	0,972	0,853	0,045	9,889
H+Al	58,3	87,5	3,16	4,98	15,78	14,98	0,200	0,332	0,780	1,000	1,750	1,127
SB	54,5	52,2	5,80	3,96	26,53	18,05	0,219	0,219	0,779	0,732	4,660	2,270
CTC	53,4	107,1	5,75	6,22	24,56	12,45	0,234	0,500	0,962	0,925	0,355	0,651
V%	57,5	123,0	16,20	51,10	72,86	102,30	0,222	0,500	0,925	0,990	9,690	9,120
	MODELO ESFÉRICO											
	Outubro-novembro											
	Alcance		C ₀		C ₀ +C ₁		C ₀ /(C ₀ +C ₁)		R ²		RSS	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	56,6	41,5	0,02	0,02	0,08	0,09	0,181	0,244	0,627	0,998	2,326	2,254
Ca	45,4	58,9	4,75	1,84	19,78	8,14	0,240	0,226	0,956	0,975	0,131	0,073
Mg	65,3	59,7	0,00	0,00	1,11	0,69	0,001	0,001	0,805	0,720	0,040	0,031
K*	51,7	48,7	0,17	0,14	0,70	0,59	0,241	0,230	0,995	0,924	5,850	5,156
P*	43,0	63,1	56,7	0,07	234,7	0,24	0,242	0,307	0,859	0,932	38,40	1,752
MO	63,3	72,6	0,01	0,01	5,84	0,02	0,002	0,497	0,967	0,829	0,153	2,581
H+Al	57,4	37,6	0,01	2,31	17,71	9,86	0,001	0,234	0,867	0,929	9,080	0,060
SB	49,3	57,1	5,47	3,22	25,4	14,82	0,215	0,217	0,748	0,776	2,460	0,629
CTC	35,8	65,6	1,55	1,39	9,30	11,70	0,167	0,119	0,002	0,966	3,183	0,471
V%	116,1	91,3	48,30	12,90	96,61	66,90	0,500	0,193	0,912	0,890	63,700	78,400

*Dados normalizados para a análise geoestatística pela transformação lognormal em P1 e P2, MO (P2) e CTC (P1). (C₀) efeito pepita, (C₀+C₁) Patamar, (C₀/(C₀+C₁)) relação do grau de dependência, (R²) coeficiente de ajuste e (RSS) soma dos quadrados dos desvios.

TABELA 4. Modelo e parâmetros do semivariograma experimental de atributos químicos do solo, no pasto de sequeiro, nas profundidades de 0 a 20 cm (P1) e 20 a 40 cm (P2), no IFTM, Uberaba, 2010.

Variável	MODELO ESFÉRICO											
	Fevereiro-março											
	Alcance		C_0		C_0+C_1		$C_0/(C_0+C_1)$		R^2		RSS	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	52,9	58,6	0,024	0,023	0,120	0,120	0,200	0,189	0,847	0,859	1,927	2,125
Ca	46,4	50,7	0,010	0,029	17,85	0,157	0,001	0,182	0,776	0,729	7,090	4,393
Mg	55,6	47,0	0,000	0,001	0,252	0,862	0,000	0,001	0,846	0,713	1,794	0,026
K*	60,2	52,0	0,000	0,069	0,269	0,276	0,000	0,248	0,887	1,000	1,171	1,167
P*	52,4	53,8	0,000	0,000	0,267	0,245	0,000	0,000	0,822	0,922	1,554	5,951
MO	55,3	106,8	0,793	0,665	3,699	3,380	0,214	0,197	0,899	0,956	0,044	0,074
H+Al	48,1	50,6	0,007	0,010	0,037	12,610	0,192	0,001	0,710	0,881	1,745	2,710
SB	50,9	45,8	0,000	0,020	0,091	0,107	0,001	0,191	0,775	0,650	2,669	1,570
CTC	56,5	159,5	0,010	3,730	16,66	16,110	0,001	0,232	0,912	0,972	2,760	1,570
V%	51,4	47,9	0,001	0,004	0,699	0,085	0,001	0,046	0,796	0,846	0,029	7,487
	MODELO ESFÉRICO											
	Outubro-março											
	Alcance		C_0		C_0+C_1		$C_0/(C_0+C_1)$		R^2		RSS	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	77,1	43,7	0,000	0,033	0,123	0,143	0,001	0,232	0,805	0,861	1,888	2,459
Ca*	77,3	72,5	0,000	0,000	0,116	0,151	0,001	0,001	0,844	0,711	1,576	6,411
Mg	61,6	55,2	0,001	0,000	1,252	0,201	0,001	0,000	0,885	0,783	0,038	3,351
K*	67,2	75,9	0,000	0,000	0,288	0,274	0,000	0,000	0,645	0,810	0,025	0,011
P	53,2	71,50	0,046	0,010	0,201	16,790	0,229	0,001	0,970	0,787	2,763	32,000
MO	150,2	117,8	0,672	0,001	3,631	2,982	0,185	0,000	0,878	0,957	0,574	0,197
H+Al	42,9	59,0	3,140	2,350	13,730	12,520	0,229	0,188	0,872	0,786	0,241	1,750
SB*	88,9	74,6	0,000	0,000	0,104	0,127	0,001	0,001	0,853	0,705	1,110	4,255
CTC	124,8	118,2	0,002	0,010	0,015	13,980	0,160	0,001	0,873	0,879	8,330	14,900
V%	56,6	62,2	25,400	0,000	110,60	0,095	0,230	0,001	0,969	0,715	11,500	1,294

*Dados normalizados para a análise geoestatística pela transformação lognormal em P1 e P2; normalizados em uma profundidade: Ca, H+Al, SB e V% (na P2) em fev-mar; Mg e V% (na P2), P e CTC (na P1) em out-nov. (C_0) efeito pepita, (C_0+C_1) Patamar, ($C_0/(C_0+C_1)$) relação do grau de dependência, (R^2) coeficiente de ajuste e soma dos (RSS) quadrados dos desvios.

Silva e Chaves (2001) usando as ferramentas da análise geoestatística, optaram, para expressar a variância espacial do potássio e da matéria orgânica, pelo modelo esférico e, para o fósforo, o exponencial.

Nas duas profundidades, 0 a 30 cm e 30 a 60 cm, verificaram que todas as variáveis estudadas apresentaram forte dependência espacial.

Silva et al. (2003) ajustaram o modelo esférico para pH em água, fósforo disponível e saturação por bases, mas para potássio trocável e matéria orgânica o modelo ajustado foi o gaussiano, sendo que o modelo exponencial foi o escolhido para produtividade de milho, alumínio trocável, cálcio trocável, magnésio trocável e $H + Al$. Todos os atributos estudados apresentaram de moderada a forte dependência espacial.

Vários autores (TRANGMAR et al., 1985; SOUZA, 1992; CAMBARDELLA et al., 1994; SALVIANO et al., 1998; OLIVEIRA et al. (1999), CARVALHO et al., 2003; CAVALCANTE et al., 2007; ZANÃO JUNIOR et al., 2007 e SIQUEIRA et al., 2008), concordam que o modelo esférico tem melhor adaptação ao semivariograma experimental das propriedades químicas do solo.

Na segunda coluna das Tabelas 3 e 4, estão relatados os alcances (A_0 - "Range") que representam a distância na qual o semivariograma ($\gamma(h)$) atinge o patamar ($C_0 + C_1$, "Sill"). Este valor, que aparece na quarta coluna das tabelas, no qual $\gamma(h)$ se estabiliza, é aproximadamente igual à variância dos dados, $VAR(z)$.

Na Tabela 3, estão os valores que relatam os parâmetros das variáveis do solo no pasto irrigado, nos dois ciclos de coleta de amostras (fev-mar e out-nov), os alcances da dependência espacial, de fev-mar, variam de 46,5 m a 77,9 m, com exceção das variáveis calculadas CTC, cujo alcance é 107 m na profundidade de 20 a 40 cm e do V% (122 m) na mesma profundidade. Em out-nov, os alcances variam de 35,8 m (CTC na profundidade de 0 a 20 cm) a 72,6 m (MO na profundidade de 20 a 40 cm), exceção para o V% que, em ambas as profundidades, têm os valores de 116,1 e 91,3 m. Na Tabela 4, relativa ao pasto de sequeiro, nas duas épocas de coleta de amostras, no ciclo de fev-mar, a variação vai de 45,8 m (SB, profundidade 20 a 40 cm) a 60,2 m (K na profundidade de 0 a 20 cm) e os escores maiores, discrepantes: CTC na profundidade de 20 a 40 cm (159,5 m) e MO na profundidade de 20 a 40 cm (106,8 m). Na mesma tabela, no pasto sequeiro em out-nov,

profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, os alcances da MO (117,8 e 150,2 m) e CTC (124,8 e 118,2 m) foram os maiores, enquanto as outras variáveis tiveram os seus alcances no intervalo de 42,9 a 88,9 m.

Lemos Filho et al. (2008) destacam a importância do conhecimento do alcance, pois, a partir da distância que ele sinaliza, a distribuição da variável passa a ser aleatória. Resultados de alcances semelhantes a estes foram encontrados em Dalchiavon (2012), que encontrou variação do alcance de 40,2 a 113 m.

O terceiro parâmetro da tabela, chamado de efeito pepita (C_0), tem sua existência devido ao fato de que nem sempre para $h = 0$, a semivariância ($\gamma(0)$) será igual a zero. Nota-se, pelas tabelas que, no pasto de sequeiro, os valores do C_0 são mais homogêneos e na maioria bem próximos de zero e que, no pasto irrigado há maior variabilidade nos seus valores.

A quinta coluna mostra a relação $C_0/(C_0+C_1)$, que indica o grau de dependência espacial da variável. O valor desta relação até 0,25 ou 25% indica uma forte dependência espacial, enquanto o intervalo de 0,25 a 0,75 mostra uma dependência espacial moderada. Acima de 75% (0,75), a dependência espacial é fraca (GUIMARÃES, 2004; CAMBARDELLA, 1994).

Nota-se, pois, a importância do papel do efeito pepita na determinação do grau de dependência espacial, já que quanto maior for a dependência espacial, maior será a continuidade do fenômeno analisado e maior a confiança da estimativa gerada pelo método da krigagem. Portanto, a diferença entre o valor do C_0 e o valor do Patamar C_0+C_1 , relatado na quarta coluna das tabelas, fará com que a dependência seja forte, moderada ou fraca.

A dependência espacial comprova que a distribuição de cada nutriente na área do pasto irrigado não aconteceu de forma aleatória e como a dependência analisada situou-se, na maioria das vezes no intervalo que a caracteriza como forte e poucos atributos estiveram na categoria moderada, há dependência espacial, e fica claro também que a distância entre os pontos amostrais foi adequada ao estudo.

No irrigado, 15 % das variáveis obtiveram, por meio desta relação, o grau de dependência espacial moderada, enquanto todas as outras foram classificadas como de forte dependência. No sequeiro, todas as variáveis tiveram forte dependência espacial. No pasto irrigado, os 15 % que apresentaram dependência

moderada, dados de fev-mar, estavam na profundidade de 20 a 40 cm e foram o H + Al (0,332), a CTC (0,500) e o V% (0,500). No pasto irrigado, dados de out-nov, também 15% foram classificados como dependência moderada: o V% (0,500), na profundidade de 0 a 20; o P (0,307) e a MO (0,497), na profundidade de 20 a 40 cm.

Na sexta e sétima colunas das tabelas 3 e 4, têm-se os parâmetros de ajuste do semivariograma para cada atributo. Estes parâmetros, o R^2 e o RSS, foram utilizados para a escolha do semivariograma que modela a dependência espacial. O R^2 relacionou a medida da variação dos dados representada pelo modelo ajustado e a variação total efetiva dos dados, como no conceito de regressão, e o RSS representou a soma dos quadrados dos resíduos e, portanto, quanto menor este indicador, melhor foi considerado o ajuste do modelo. O R^2 da CTC, profundidade de 0 a 20 cm, no pasto irrigado, ciclo de out-nov, não indicou uma boa relação entre o modelo ajustado e a variação total dos dados (R^2) e por isto não foi feito o seu mapa.

A variação do R^2 , no pasto irrigado, ciclo de pastagem fev-mar (Tabela 3), profundidade de 0 a 20 cm, se situou no intervalo de 0,735 (Ca) a 0,991 (K), enquanto, na profundidade de 20 a 40 cm, o intervalo foi alongado para 0,695 (Ca) a 1,000 (H + Al). No sistema irrigado, na profundidade de 0 a 20 cm, no ciclo de out-nov, não foi boa, para a CTC, a relação entre a soma dos quadrados do modelo adotado e a soma dos quadrados total, mesmo com transformação lognormal. Excetuando-se a variável citada, o intervalo de variação do ajuste dos valores em relação ao modelo adotado, nas duas profundidades, foi de 0,627 a 0,998 (Tabela 3). No sistema de sequeiro, nas duas profundidades, nos dois ciclos observados (Tabela 4), os ajustes, representados pelo R^2 , ficaram no intervalo de 0,705 a 1,000, com exceção do ajuste da SB (0,650), no ciclo de fev-mar, na profundidade de 20 a 40 cm e do K (0,645), no ciclo de out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm.

Os semivariogramas se ajustaram de modo a permitir, com a ajuda do interpolador geoestatístico denominado krigagem, a confecção de mapas com a espacialização das variáveis analisadas. As Figuras 9 e 14 mostram os mapas de distribuição da V% e SB, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, no ciclo de fev-mar, no final do verão, e out-nov, início da primavera, respectivamente, dispostos de modo a facilitar a comparação das concentrações das variáveis. Neles fica

evidente a relação existente entre os dois atributos, mesmo porque o V% expressa a relação da SB com a CTC.

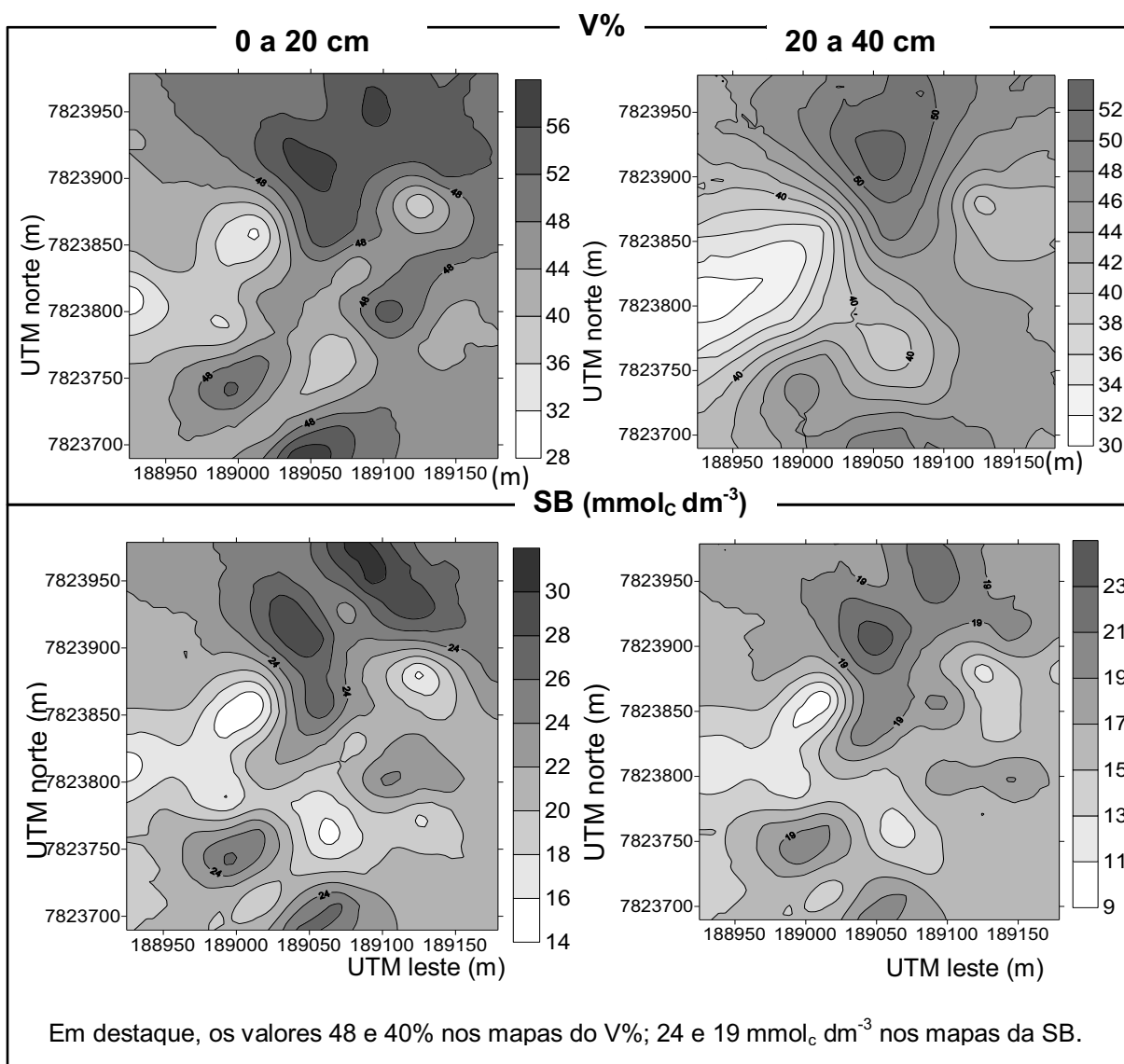


FIGURA 9. Mapas da distribuição do V% e da SB (mmol_c dm⁻³), no pasto irrigado, no ciclo fev-mar, início do verão, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, IFTM, 2010 (FUSO 23 DATUM SIRGAS2000).

Nas Figuras 10 e 16, os mapas do Ca, H+Al, MO e pH, tanto no final do verão, quanto em out-nov, na primavera, profundidade 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, no pasto irrigado, têm muitas regiões onde há coincidência entre suas subáreas de menor ou maior valor, mostrando as inter-relações das distribuições destes elementos com a distribuição do pH, MO e V%. Nota-se que o mapa do H+Al se

contrapõe aos outros, principalmente ao mapa do pH: as manchas de concentração do H+Al coincidem com as regiões onde o pH é baixo, ou seja, onde a acidez é alta.

Os mapas mostram, pela tonalidade utilizada e pela legenda, principalmente na distribuição da MO, Ca e na SB, que, na profundidade de 20 a 40 cm, o solo apresentou valores menores que os da profundidade de 0 a 20 cm. Esta situação se evidencia na distribuição do P e K (Figura 11) e não é observada na distribuição do pH (Figuras 10 e 16).

Pode-se notar, ainda, a influência do relevo (Figura 12), nas distribuições dos nutrientes. Há uma tendência de concentração obedecendo ao fluxo de escoamento de água, determinado pela declividade do terreno, que tende para o centro e para o sudeste.

Observando-se os mapas da distribuição do fósforo e do potássio (Figura 11), nas duas épocas retratadas, veem-se, na área, muitas sub-regiões onde tanto o K ($K < 3$ ou $1,5$), quanto o fósforo ($P < 20$ ou 15) têm baixos valores.

Na distribuição do P, pasto irrigado, no verão (Figura 11), percebem-se altas concentrações em regiões que equivalem a um terço do pasto, enquanto as outras regiões merecem ainda aplicações corretivas deste nutriente.

O potássio tem um foco pequeno de concentração à esquerda do mapa e, na maior parte do pasto irrigado, sua presença é deficitária, nas duas épocas analisadas. A distribuição do fósforo, na primavera (Figura 11), diminui em valor e a distribuição do potássio tem concentrações mais dispersas, aumentando as regiões com valores próximos ou maiores que $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Em profundidade é grande a área com deficiência dos dois nutrientes.

Nas regiões onde, no mapa, os círculos de linhas fechadas se sucedem em pequenas distâncias, significa que a distribuição apresenta maior variabilidade, ou seja, num raio de distância menor as variações dos valores se sucederam em distâncias mais próximas e nos lugares em que a sucessão de linhas aparece espaçada, a variabilidade do atributo é menor.

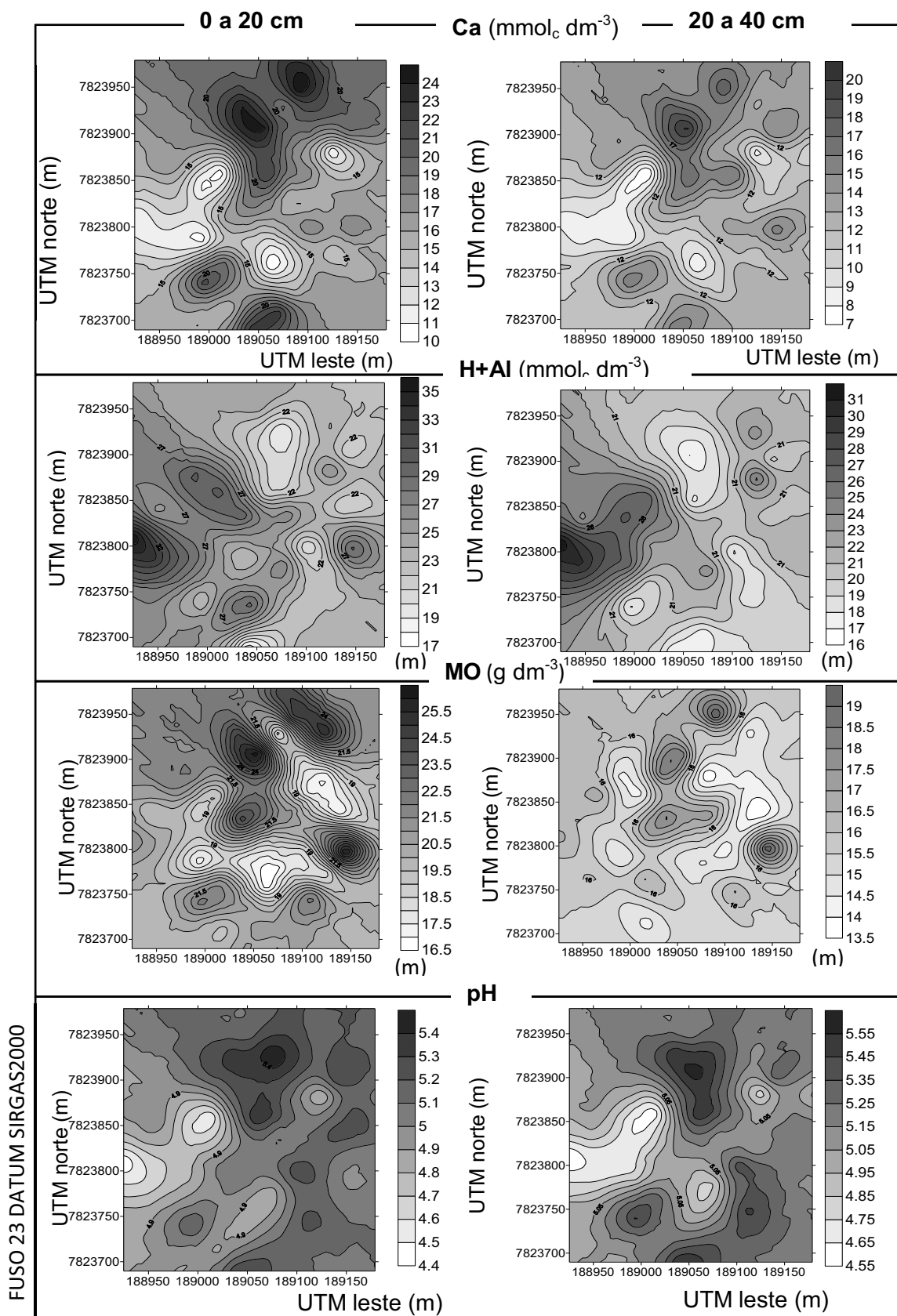


FIGURA 10. Mapas de isolinhas para a distribuição de Ca e H+Al (mmol_c dm⁻³), MO (g dm⁻³) e o pH, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, no pasto irrigado, ciclo de fev-mar, 2010. IFTM.

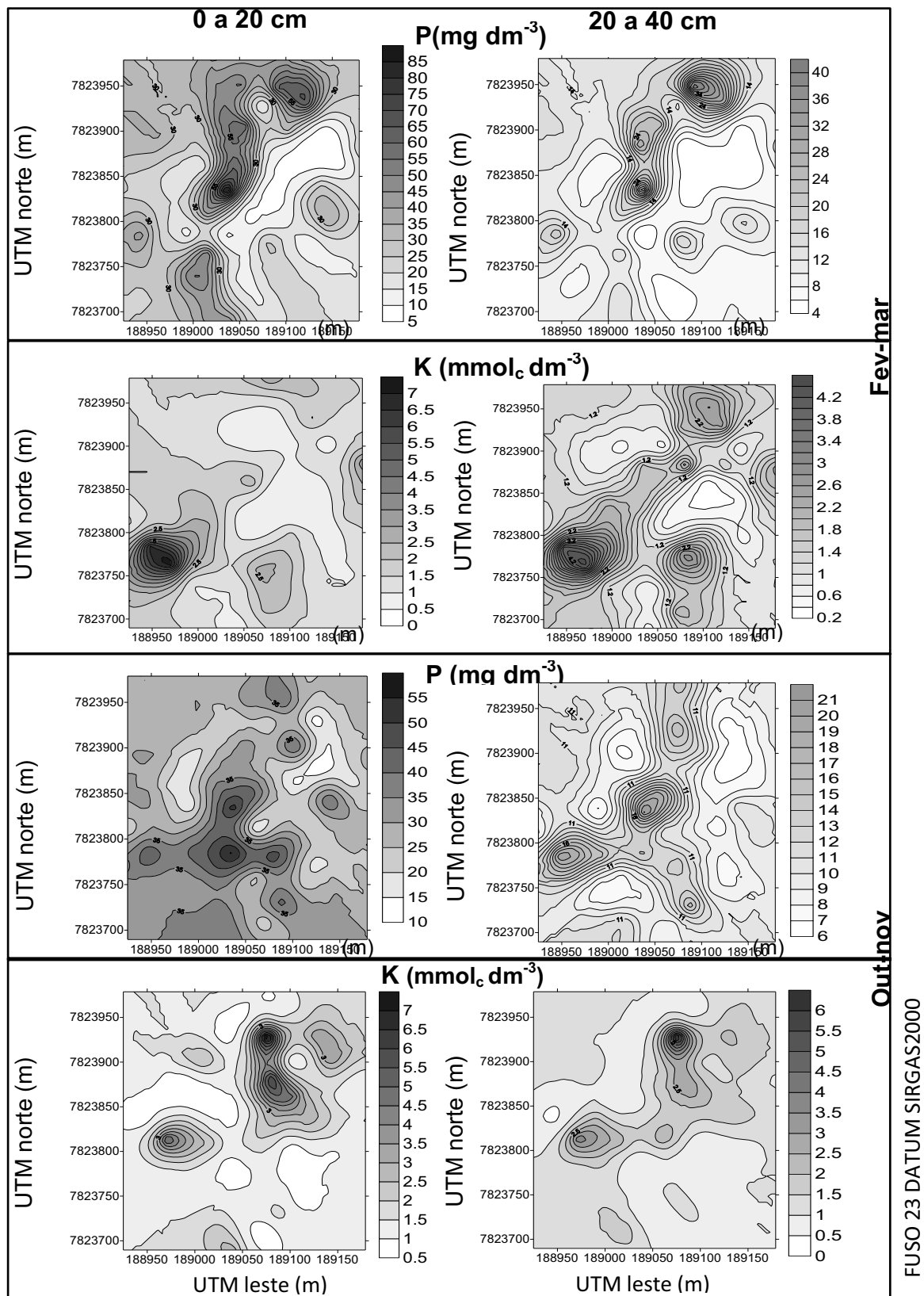


FIGURA 11. Mapas de isolinhas para a distribuição de fósforo (mg dm^{-3}) e do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), em profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, pasto Irrigado. Ciclo de fev-mar e out-nov, 2010. IFTM.

O mapa da Figura 12 mostra o declive suave da área do pasto irrigado.

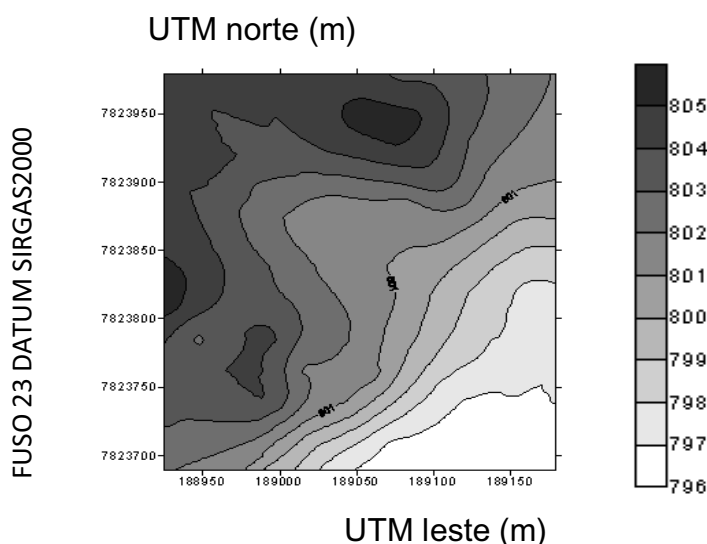


FIGURA 12. Mapa topográfico do pasto irrigado, IFTM.

Observa-se, na Figura 13, a distribuição do Mg no pasto irrigado, nos dois ciclos de coleta, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Os solos com Mg abaixo de $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são classificados como de nível baixo do nutriente (IAC). Analisando-se os mapas e suas legendas, verifica-se que a maior parte da área, em todas as situações pesquisadas, encontra-se abaixo dos $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e portanto com deficiência do nutriente. Há diferença considerável do Mg em profundidade, devido, entre outras causas, à aplicação do calcário na superfície e à calagem feita apenas em 2007, e perdas entre o verão e a primavera. O nutriente se encontrava mais agregado em pequenas regiões na profundidade de 0 a 20 cm, em fev-mar. Nas outras situações, apresenta-se com valores inferiores. A diminuição do nutriente se deu mais na profundidade de 0 a 20 cm em relação às épocas de amostragem. O magnésio é um nutriente constituinte da clorofila (RAIJ, 1991), além de ajudar no metabolismo do fósforo e na respiração da planta.

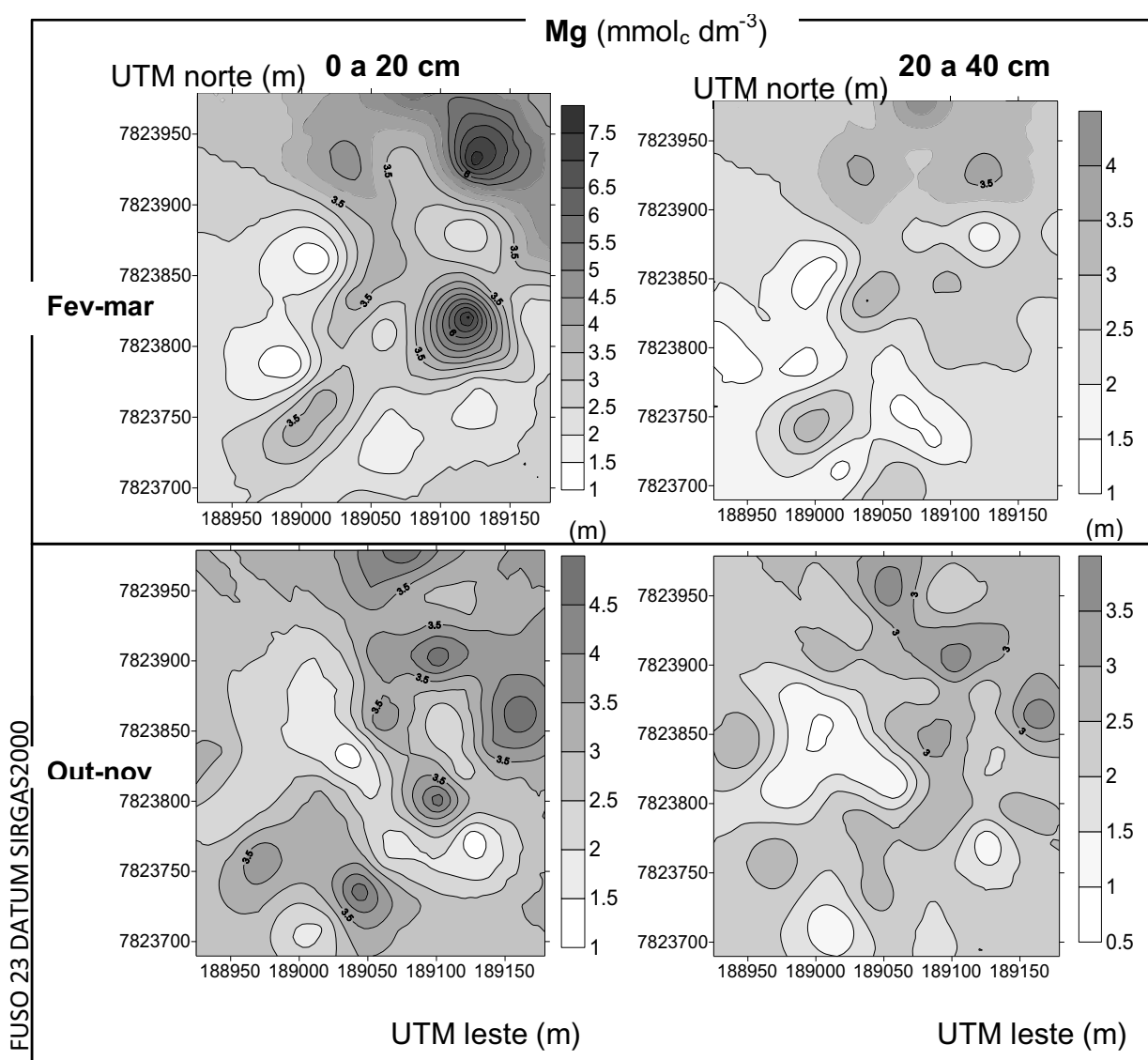


FIGURA 13. Mapas da distribuição do Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no pasto irrigado, ciclos fev-mar e out-nov, nas duas profundidades, IFTM, 2010.

Como no ciclo de coleta do verão, nota-se que, na primavera, há uma grande coincidência entre os locais de maior ou menor concentração da SB e os teores do V%, bem como diminuição dos teores em profundidade. O V% esteve, em todos os locais do pasto irrigado, nas duas épocas observadas, abaixo de 58% e na maior parte da área analisada, abaixo de 48%, o que significa que não foi alcançado o valor ideal (60%) para o cultivo do tifton 85.

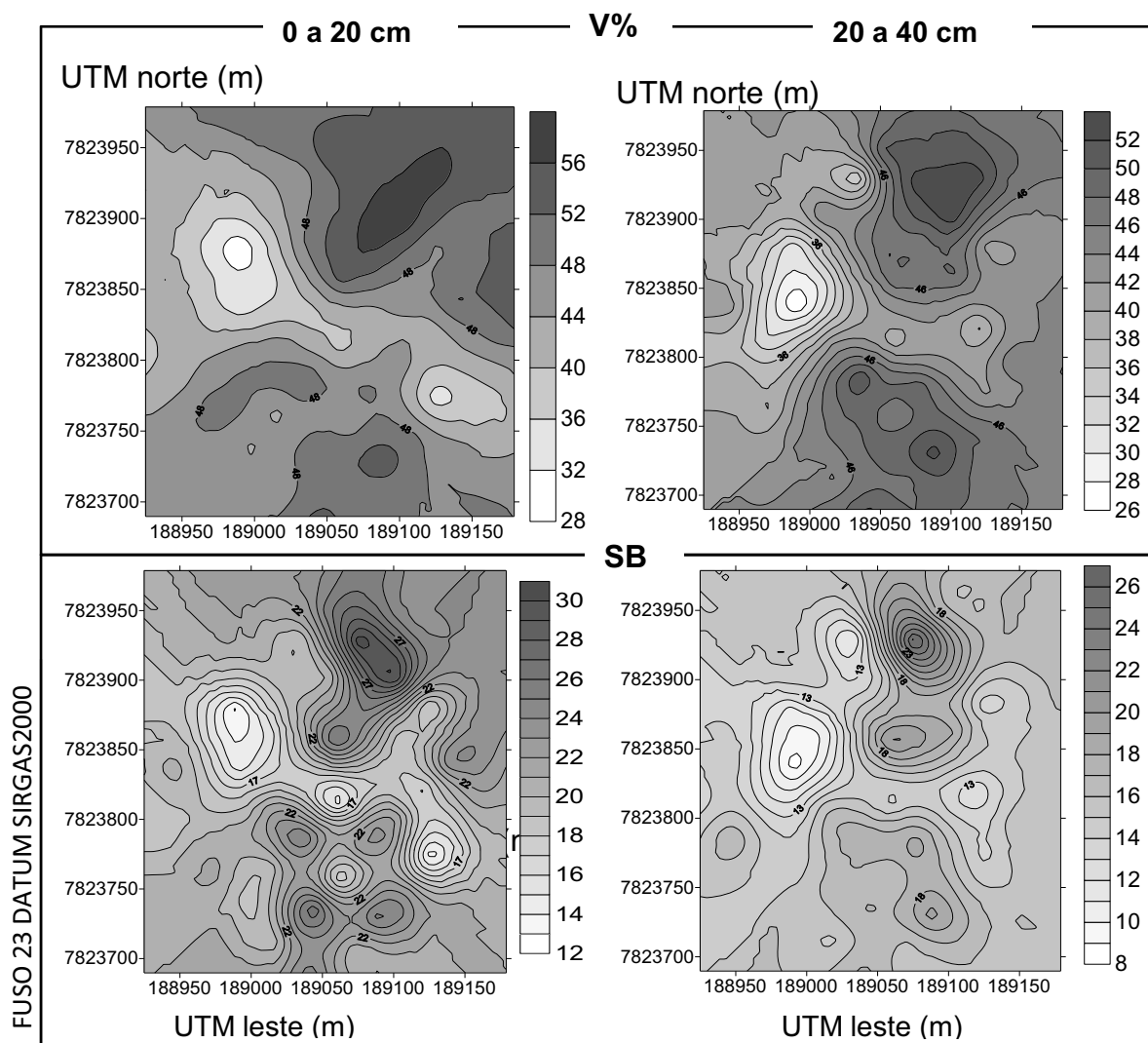


FIGURA 14. Mapas do V% e da Soma de Bases (SB), pasto irrigado, no ciclo de out-nov , 2010, profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, IFTM. (FUSO 23 DATUM SIRGAS2000).

O papel da matéria orgânica ficou evidenciado na Figura 15, onde é percebida a sua importante contribuição para a adsorção dos cátions. Nota-se a coincidência de suas áreas de agregação (manchas escuras nos mapas) com as áreas de maior CTC e, ainda, verifica-se, que onde o teor de MO é baixo, também é baixa a CTC.

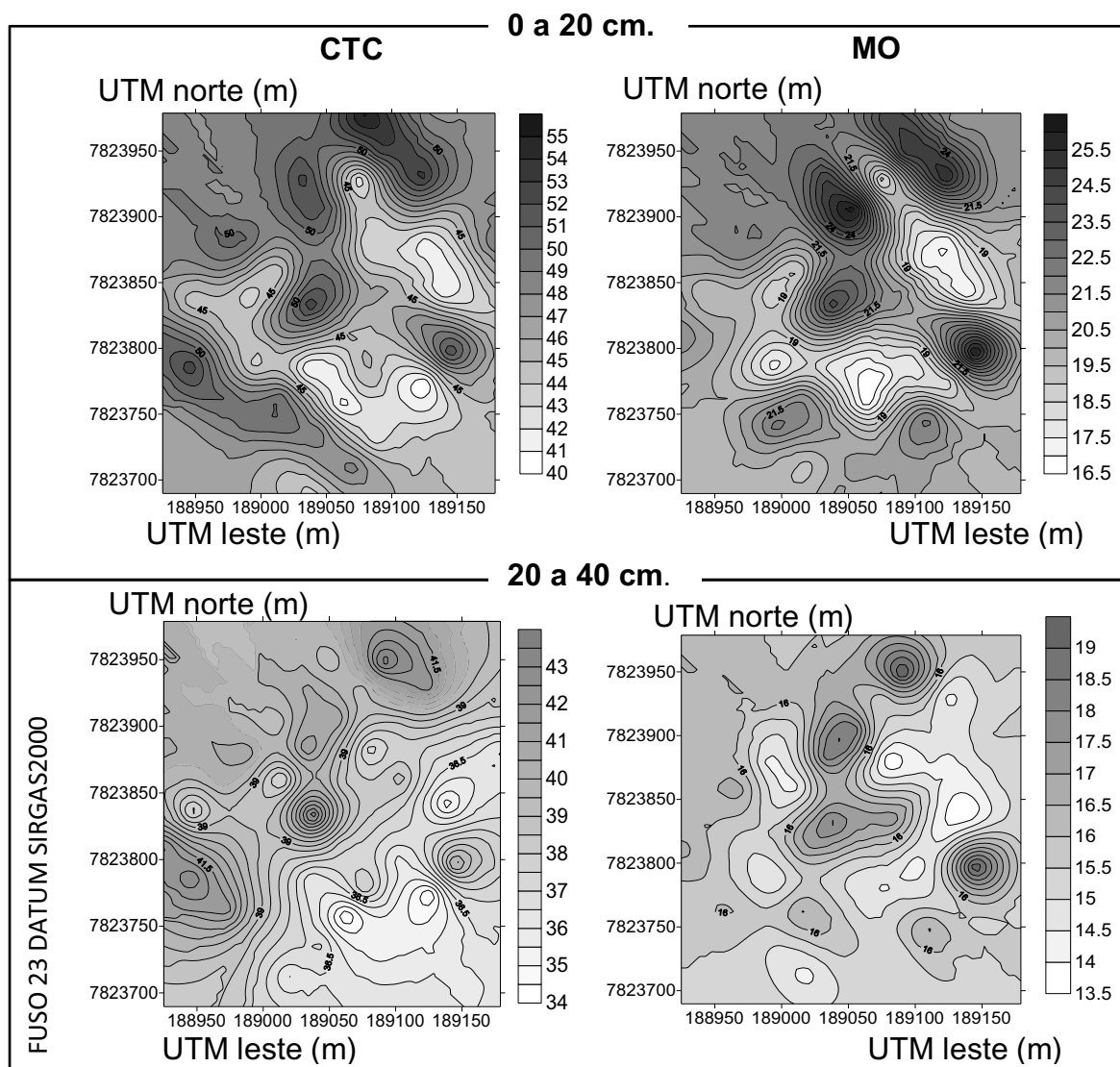


FIGURA 15. Mapas de isolinhas para a distribuição da CTC e MO (g dm⁻³), no pasto irrigado, ciclo de fev-mar. Profundidade 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010.

Na Figura 16, analisando-se as distribuições de atributos do solo na primavera, na coleta relativa ao ciclo de out-nov, observa-se que, enquanto no mapa da profundidade de 0 a 20 cm, o Ca possui regiões ao centro, onde ele se apresenta acima de 20 mmol_c dm⁻³, na profundidade de 20 a 40 cm, toda a região tem teores abaixo de 20 mmol_c dm⁻³. Vê-se, na legenda, rebaixamento do intervalo de variação. Há diminuição considerável dos teores de MO em profundidade.

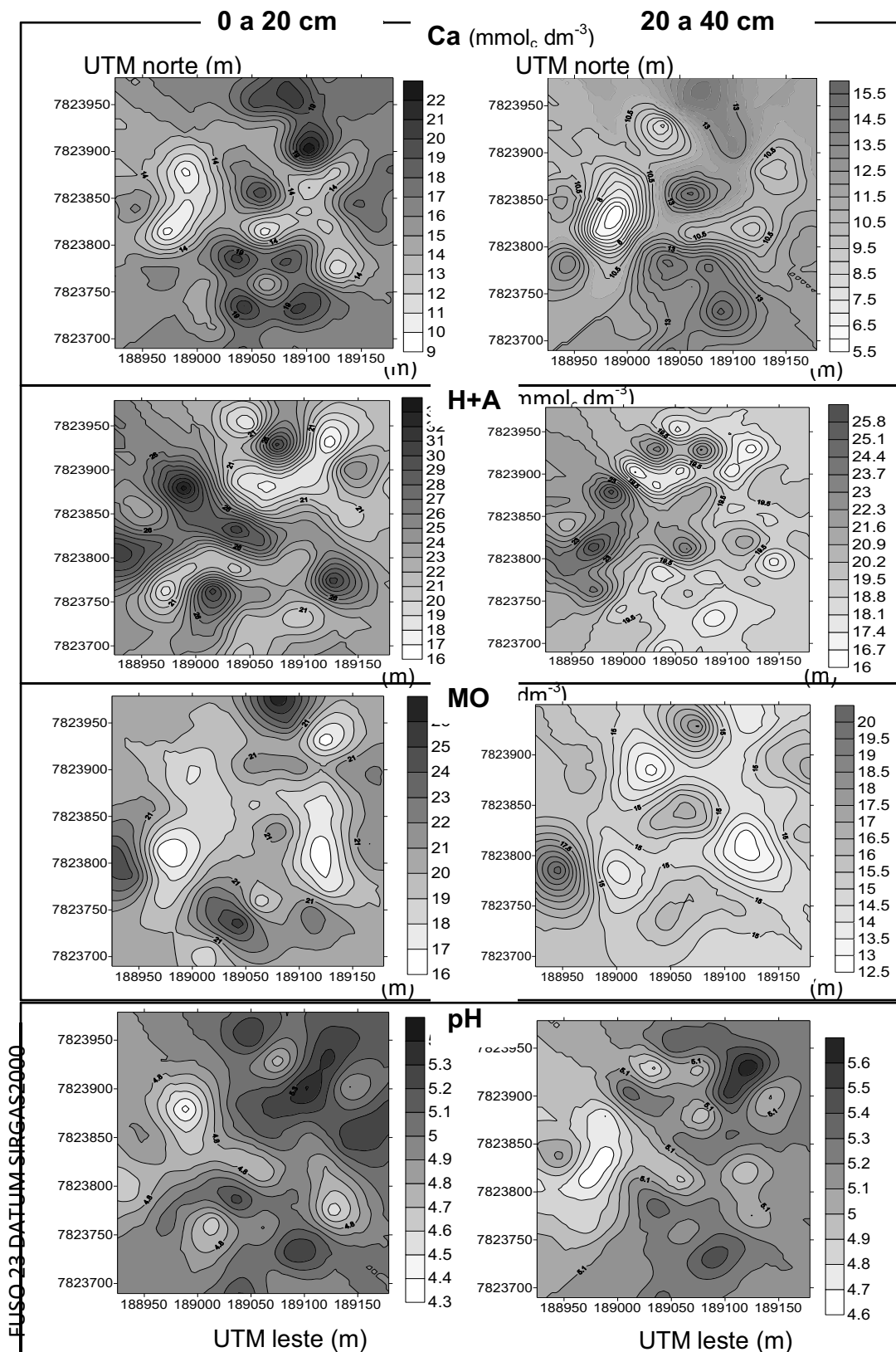


FIGURA 16. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), MO (g dm^{-3}) e pH, no ciclo de pastagem de out-nov, pasto irrigado, profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm. IFTM, 2010.

Claramente, o mapa do H+Al se contrapõe ao mapa do pH e do V%. O pH, na primavera, provavelmente pela expressiva diminuição do H+Al em profundidade, teve o seu valor aumentado (Figuras 10 e 16).

A seguir, as distribuições dos atributos analisados do pasto de sequeiro.

Nota-se declividade na parte central da área e relevo mais elevado ao norte e oeste do pasto (Figura 17).

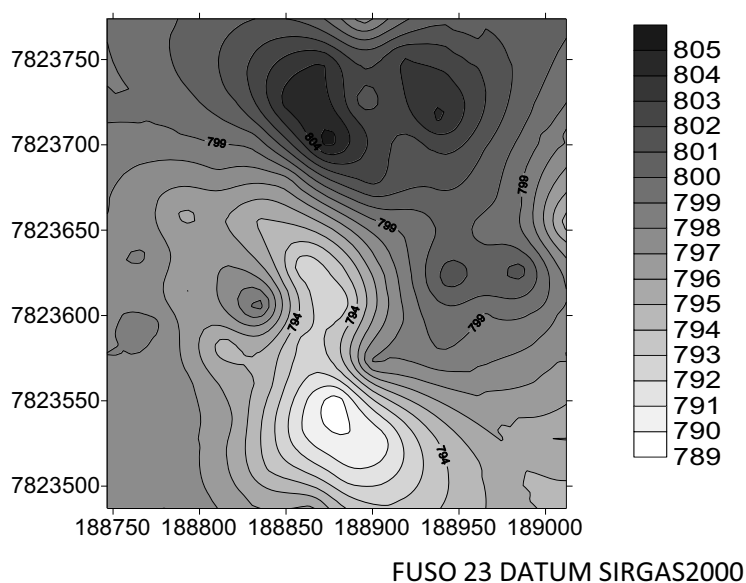


FIGURA 17. Mapa topográfico do pasto de sequeiro, IFTM, Uberaba.

As regiões onde os teores da MO se situam abaixo de 15 g dm^{-3} apontam para a classificação do solo como sendo arenoso e a adsorção dos cátions fica prejudicada, facilitando a sua lixiviação. O mapa da distribuição da MO, profundidade de 0 a 20 cm, sistema de sequeiro, no ciclo de pastagem de fev-mar (Figura 18), mostra quase metade da área com teor abaixo de 17 g dm^{-3} .

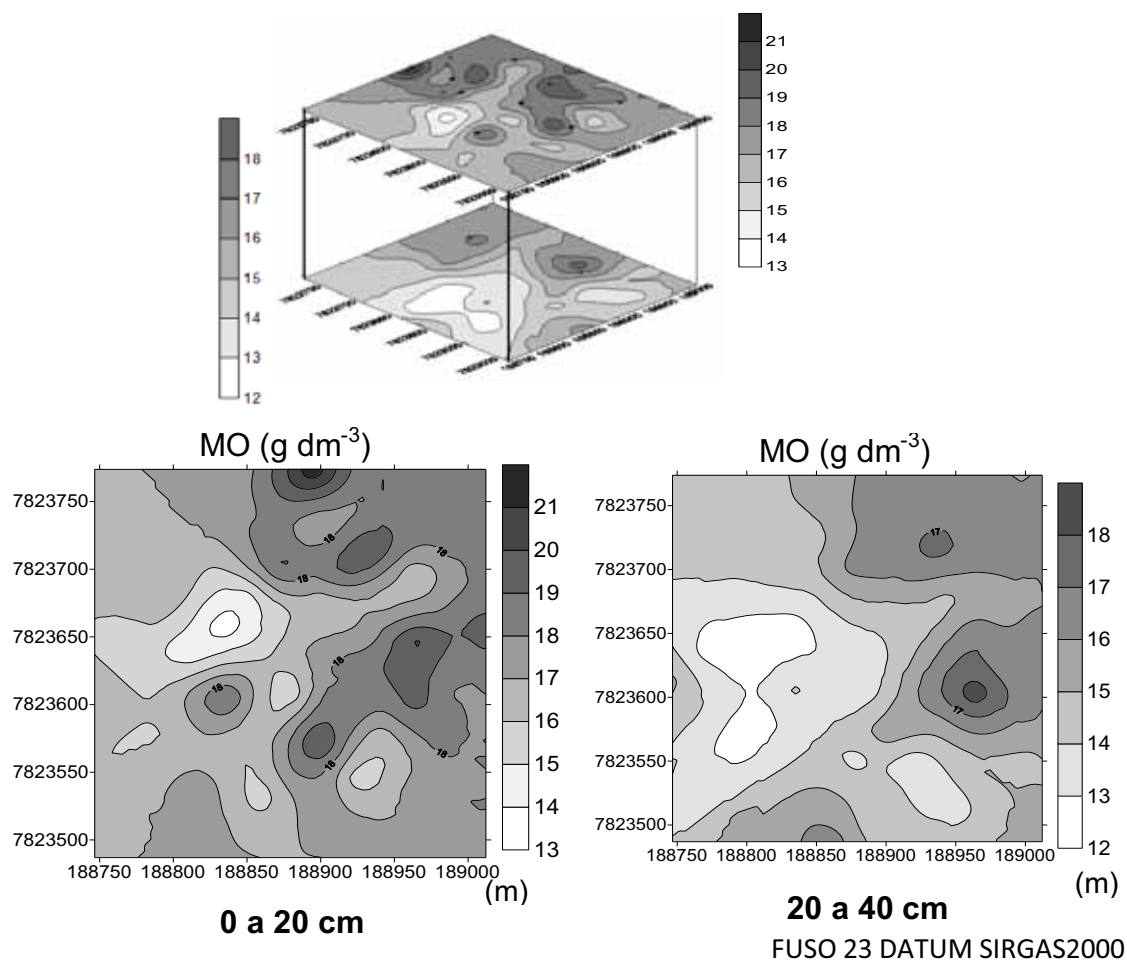


FIGURA 18. Mapas de isolinhas da distribuição da Matéria orgânica (MO) (g dm^{-3}), no sistema de sequeiro, profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm e no ciclo de pastagem de fev-mar. IFTM, 2010.

Esta situação se agrava em profundidade, pelo aumento da região com deficiência de MO e ainda com redução do teor: menor que 15 g dm^{-3} .

As modificações na distribuição da MO na primavera, ciclo de amostragem de out-nov, são expostas na Figura 19. Houve diminuição dos teores de MO entre fev-mar e out-nov, nas duas profundidades.

Na região próxima à diagonal do retângulo que representa a área do pasto de sequeiro, local de declividade mais acentuada (Figura 19), em que o teor de MO era baixo no verão (13 a 18 g dm⁻³), a distribuição de MO, na primavera, na profundidade de 0 a 20 cm, assume teores no intervalo de 13 a 16 g dm⁻³. Esta área em que os valores eram baixos se expandiu em relação ao que se via no mapa da época anterior: a região com teor menor que 15 g dm⁻³ aumentou. Na profundidade de 20 a 40 cm, nesta região, o teor de MO fica ainda menor (abaixo de 13 g dm⁻³).

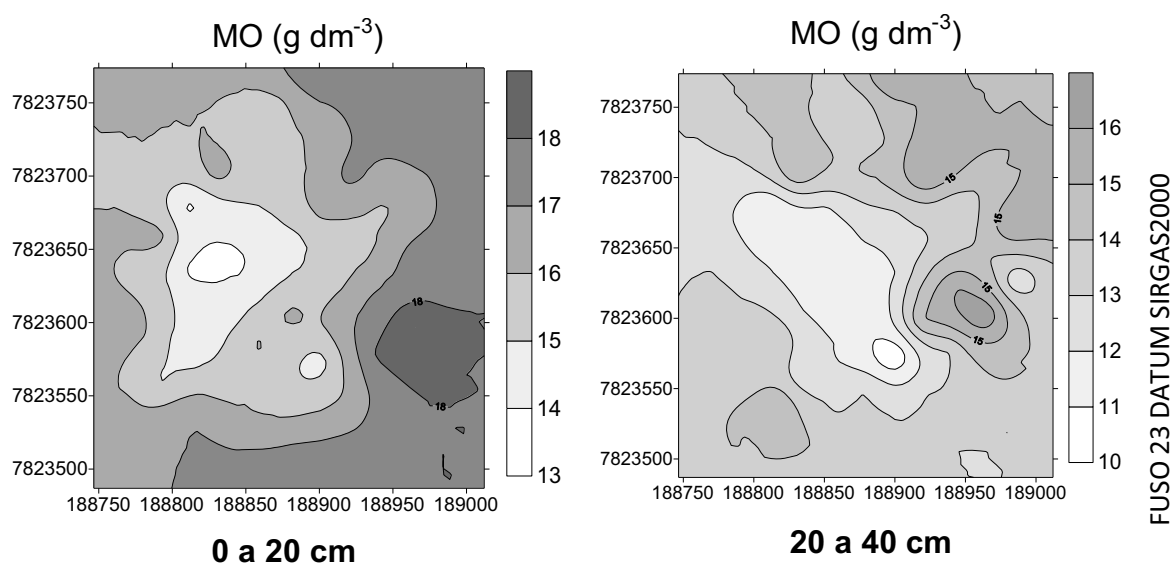


FIGURA 19. Mapa de isolinhas da distribuição da matéria orgânica (g dm⁻³), no sistema de sequeiro, ciclo de pastagem de out-nov, primavera. IFTM, 2010 (Coordenadas em UTM, norte e leste, em metros).

Na Figura 20, estão dispostos os mapas da SB e do V%, para a observação das regiões de maiores ou menores concentrações dos dois atributos e comparação das semelhanças de suas distribuições, no pasto de sistema de sequeiro, no verão (fev-mar), nas duas profundidades analisadas: 0 a 20 cm e 20 a 40 cm.

Observando-se os mapas da SB e do V% (Figura 20), vê-se a semelhança nas distribuições dos dois atributos: presença dos baixos valores, nos mesmos locais, assim como, acontece em relação aos maiores valores. O padrão de distribuição foi semelhante.

Nos mapas das Figuras 20 e 21, pode-se observar, além das semelhanças entre as distribuições da SB e do V%, a diminuição das bases (Ca + Mg + K) em profundidade e verificar, pela legenda dos mapas do V%, que as maiores diferenças deste atributo, entre as profundidades, aconteceram nos menores valores dos seus intervalos de variação. Notam-se, também, regiões com menores variabilidades do que no mapa de sua distribuição no pasto de sistema irrigado (Figuras 9 e 14).

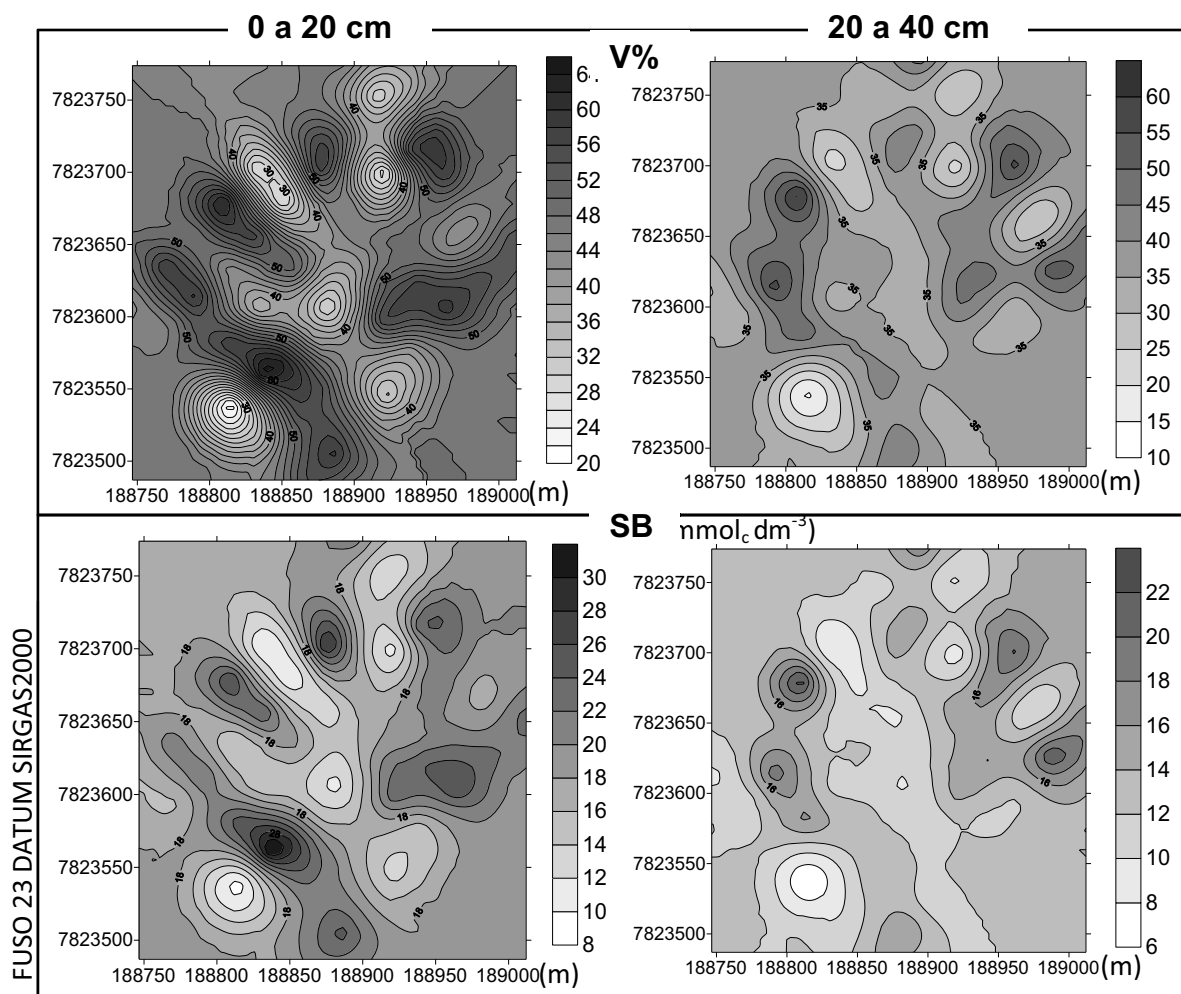


FIGURA 20. Mapas de isolinhas da distribuição do V% (saturação por bases) e SB (soma de bases em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), no pasto do sistema de sequeiro, ciclo de pastagem: fev-mar, nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM. 2010 (Coordenadas UTM, em metros).

Do ciclo de coleta de fev-mar para o de out-nov, observa-se a diminuição, das áreas de concentração do V%, bem como, a diminuição dos teores da SB. A estrutura de distribuição dos atributos é mantida (o padrão é mantido), pelo menos em grande parte, apesar da diminuição dos valores.

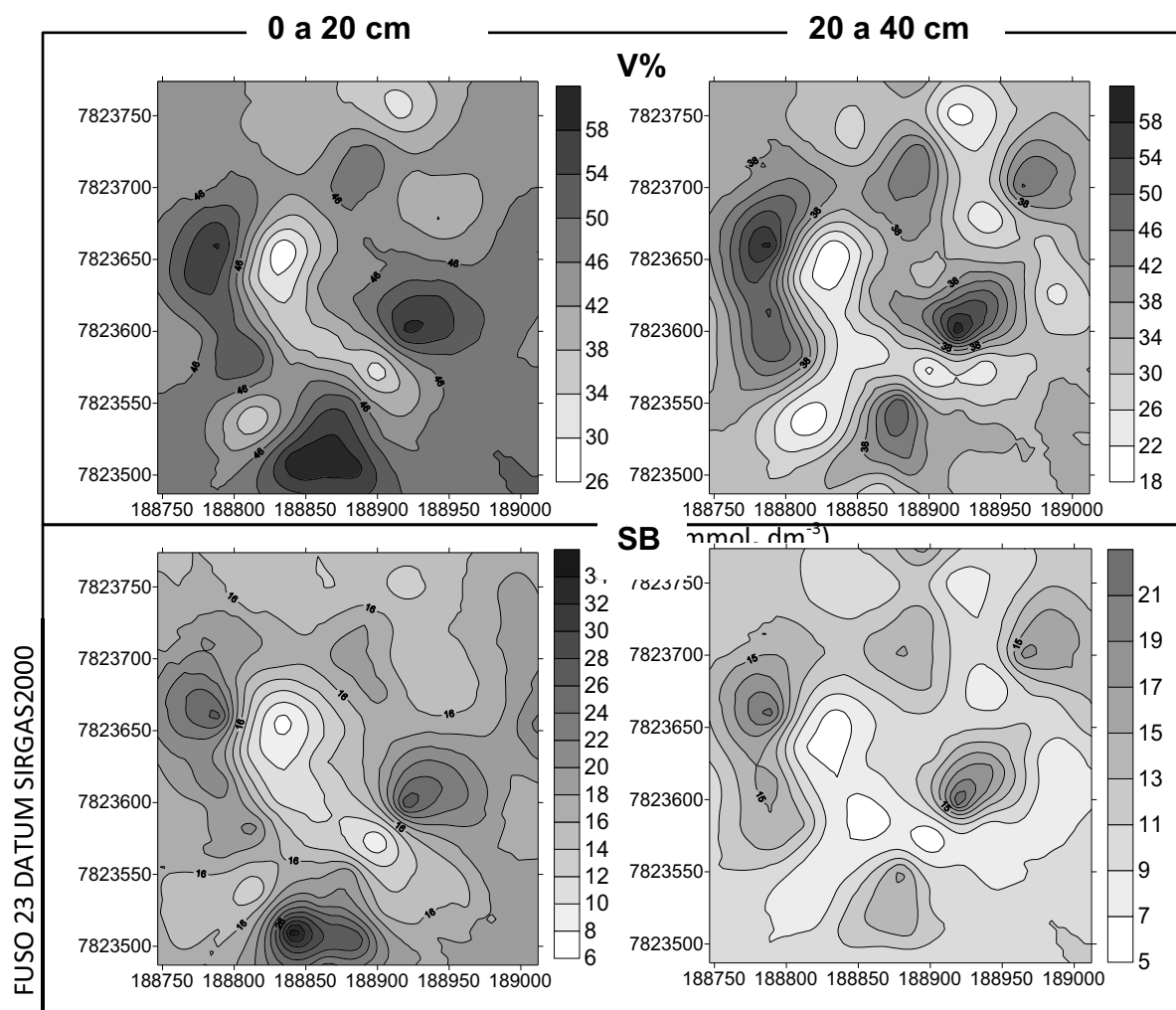


FIGURA 21. Mapas de isolinhas da distribuição do V% (saturação por bases) e SB (soma de bases), no pasto do sistema de sequeiro. Ciclo de pastagem: out-nov, nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010 (Coordenadas UTM, em metros).

Na Figura 22, a distribuição do Ca, que influencia os teores do V% (Figura 20) e do pH (Figura 22), demonstra esta correlação pela similitude de suas áreas de maiores e menores teores com as áreas de maiores e menores teores no mapa do solo do sequeiro do V% e do pH, na coleta de amostras do ciclo fev-mar.

O H+Al tem comportamento inverso ao do Ca e conseqüentemente ao do pH. Vê-se, nas Figuras 22 e 23, que o mapa do H+Al contrapõe as manchas escuras às claras dos outros dois (Ca e pH), como um negativo.

A região próxima à diagonal do pasto (Figura 22) continuou apresentando baixo teor dos atributos, inclusive do pH e, então, foi o lugar no qual a acidez potencial teve altos teores. Embora o pequeno aumento sofrido, em profundidade,

pelo H+Al, no ciclo de coleta de fev-mar (verão), o intervalo de variação do pH que na superfície oscilou de 4,4 para 5,7 passou na subsuperfície a variar de 4,3 a 5,7, com pequeno reflexo na variação da média e da mediana (média diminui de 5,16 para 5,04 e mediana de 5,2 para 5,1).

Esta situação se repete no sequeiro, na época da coleta na primavera, no ciclo de pastagem out-nov, no mesmo local, influenciada pelo relevo, onde a declividade é mais intensa, todos os nutrientes e a MO têm teores baixos e o H + Al teores altos (Figura 23).

Os mapas do pH, no verão, ciclo de pastagem de fev-mar, apresentam, na superfície (0 a 20 cm), manchas claras onde o pH assume valores inferiores a 5 e, na profundidade de 20 a 40 cm, regiões em que ele se situa abaixo de 4,9 (Figura 22).

A Figura 23 mostra situação semelhante para o Ca, com queda mais acentuada dos seus teores em profundidade, enquanto o H+Al e pH no pasto de sequeiro, na primavera (ciclo out-nov), têm diferenças pouco significativas e pouco perceptíveis nos seus teores em profundidade. O H+Al se mantém praticamente com os mesmos valores e com isto o pH também permanece variando no mesmo intervalo. Tanto no verão, quanto na primavera, as oscilações dos teores de H+Al e pH são mínimas, o que refletiu no valor de suas médias (Tabela 1), que permaneceram próximas.

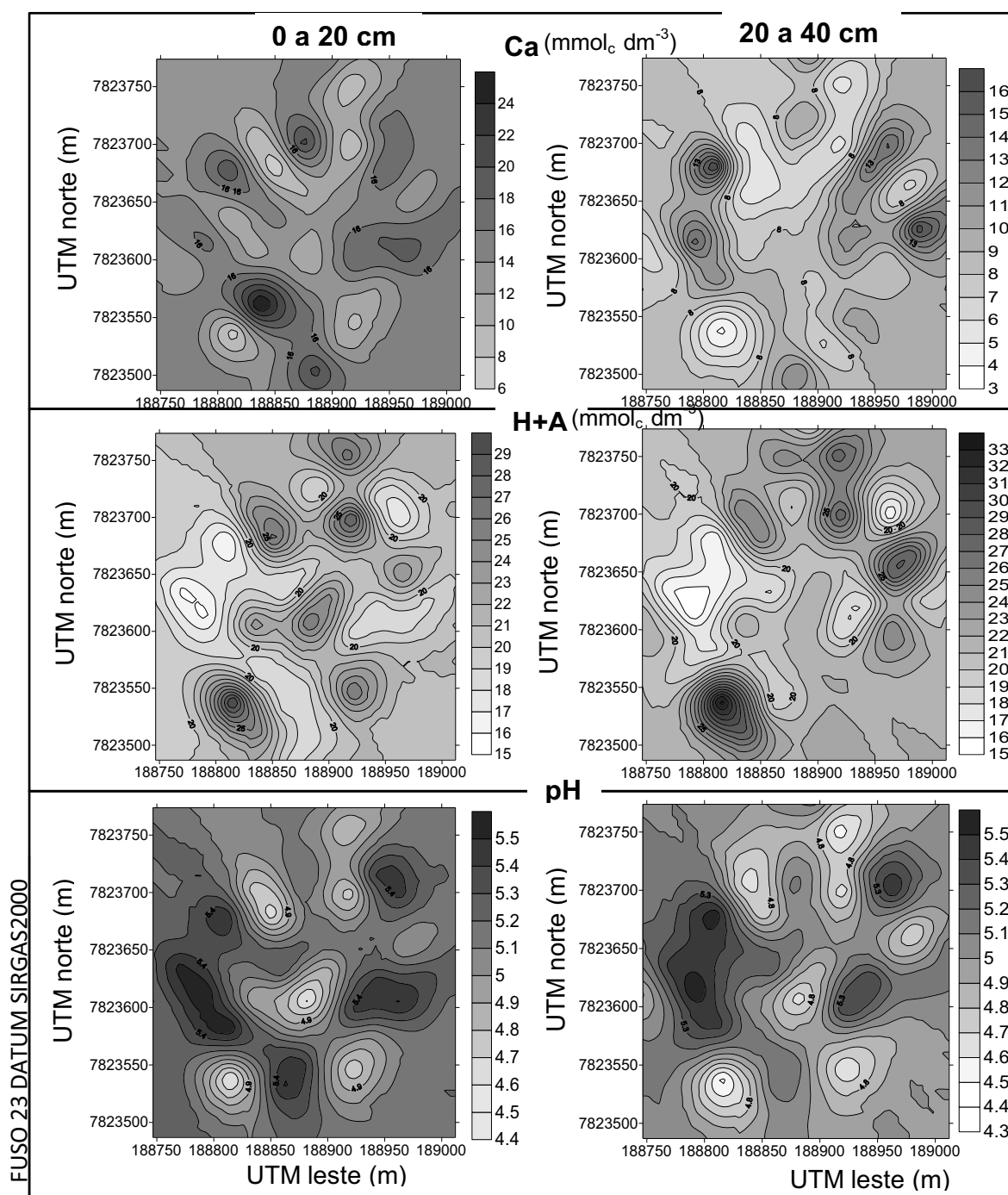


FIGURA 22. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al (mmol_c dm⁻³) e pH, no pasto seco, ciclo de pastagem fev-mar, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010.

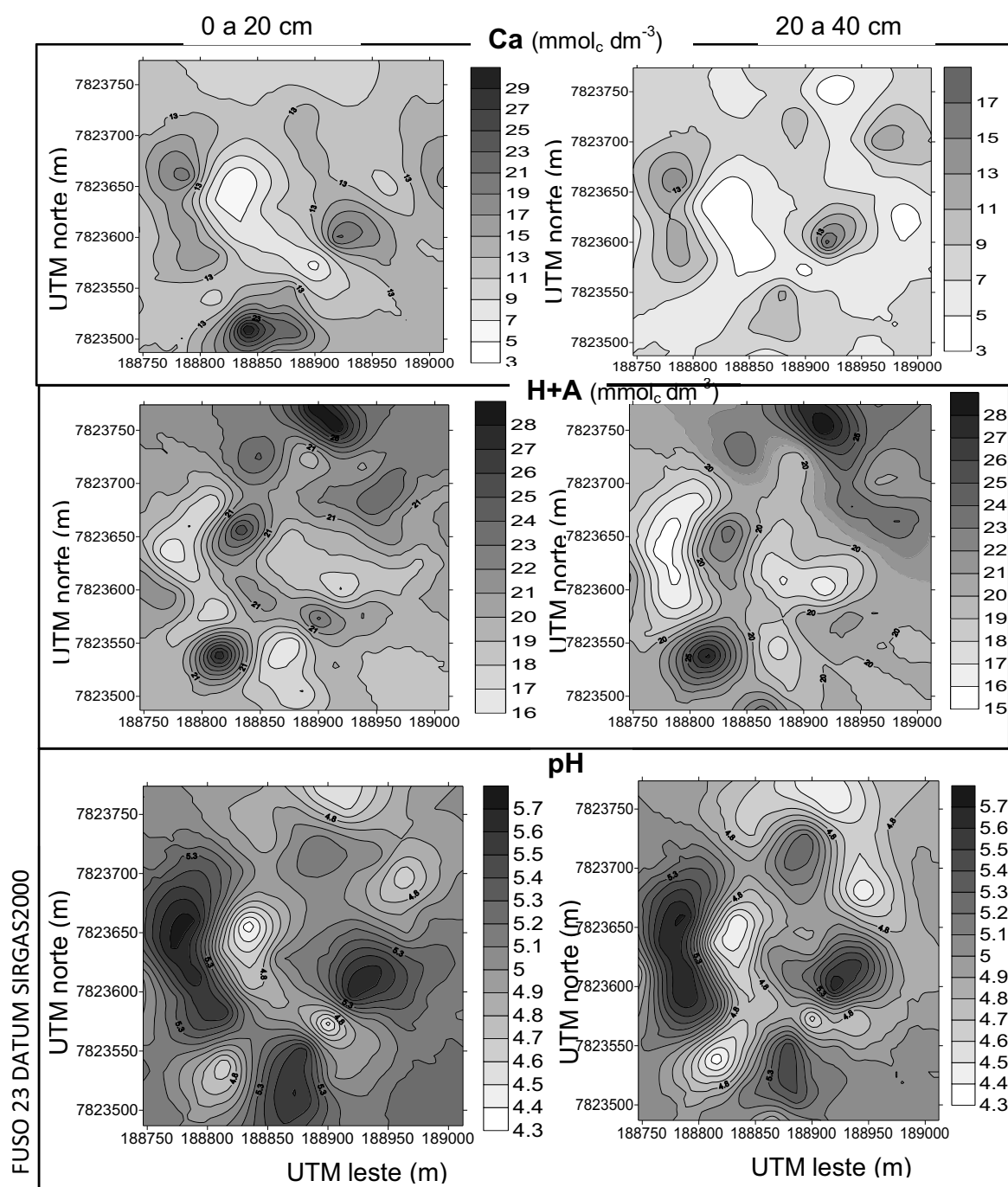


FIGURA 23. Mapas de isolinhas da distribuição do Ca e H+Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e pH, no sistema de sequeiro, ciclo de pastagem de out-nov, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010.

A Figura 24 apresenta a distribuição do fósforo no ciclo do verão e da primavera, no pasto de sequeiro, nas duas profundidades: 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Como em todos os mapas de distribuição do sequeiro, o fósforo apresenta situação

similar aos outros nutrientes e mantém um padrão semelhante na localização dos baixos teores que coincidem com os lugares de baixos teores do V% e SB (Figura 21).

Em profundidade, há uma diminuição considerável do elemento. Na sub-região em que o fósforo se apresentava com o teor 30 mg dm^{-3} , no mapa da profundidade de 0 a 20 cm, no mesmo lugar, em profundidade (20 a 40 cm), a sub-região correspondente apresentou-se com o teor 14 mg dm^{-3} (Figura 24).

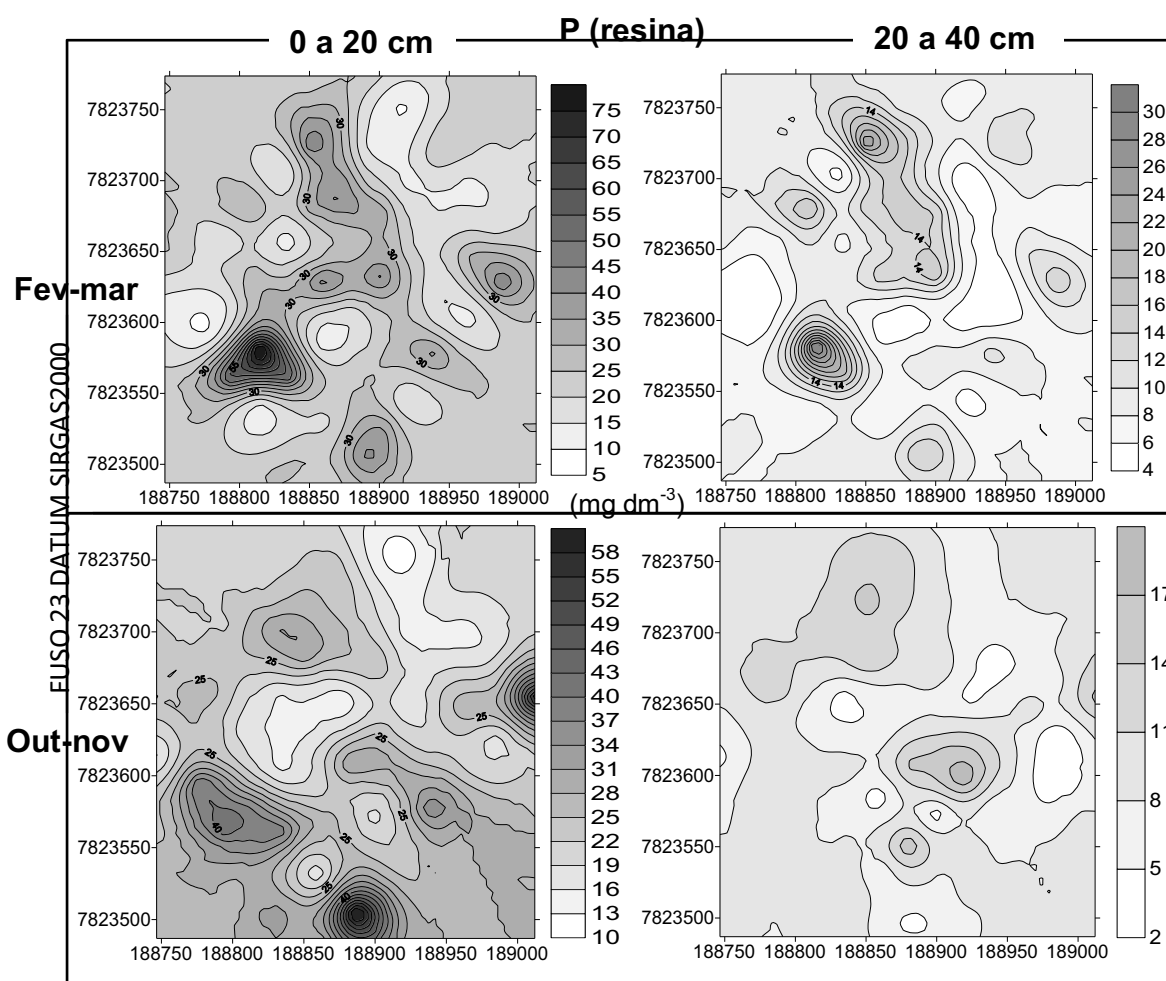


FIGURA 24. Mapas de isolinhas da distribuição do fósforo (P resina, em mg dm^{-3}), do sistema de sequeiro, verão e primavera, ciclo de pastagem de fev-mar e out-nov, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm (Coordenadas UTM, em metros).

No início do período chuvoso, a senescência foliar é acentuada em plantas forrageiras tropicais. Tem sido relatado que no período das primeiras chuvas, após períodos secos, ocorre um pulso de mineralização da matéria orgânica do solo

(DUBEUX JR. et al., 2006), o que resulta em maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. O manejo, então, da pastagem deve priorizar ações que ajudem o aumento da taxa de rebrotação, evitando-se o sobrepastejo e a redução da altura do pasto (DUBEUX JR. et al., 2006, citados por FONSECA et al., 2011).

No início da primavera, no pasto de sistema de sequeiro, não foi liberado o pastejo, preservando-se, portanto, o capim, para propiciar, pelo descanso, o aumento da taxa de rebrotação. Por isso, a análise da segunda época de coleta passou para o ciclo outubro-novembro.

No ciclo de coleta da primavera, no sistema de sequeiro, o teor máximo do fósforo diminuiu em relação à época do ciclo do verão (o valor máximo no verão era de 80 mg dm^{-3} e na primavera o valor máximo foi 61 mg dm^{-3}) e, em profundidade (80 para 32 mg dm^{-3}), há uma grande redução deste teor, provavelmente porque este nutriente é praticamente imóvel no solo, sofrendo processos de fixação que, nos solos tropicais, podem, muitas vezes, ser permanentes. Observa-se o aumento das áreas com teor de P abaixo de 19 mg dm^{-3} . A correção desta deficiência no solo é importante por ter ela consequências na limitação da produtividade da forrageira (SILVA et al., 2010).

O Potássio foi o único nutriente que teve o seu teor aumentado em relação às épocas. Aumentou o seu teor do ciclo do verão para o ciclo da primavera, na profundidade de 0 a 20 cm (Figura 25).

Apesar disto, foi grande a superfície do pasto de sequeiro onde o nutriente ficou abaixo de $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que marca o limite superior da categoria de teor médio do potássio (IAC).

Observa-se na Figura 26, a distribuição do Mg no pasto de sequeiro, no verão, ciclo de pastagem de fevereiro-março, e primavera, ciclo de outubro-novembro, na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Há diminuição de teores entre as épocas, nas duas profundidades analisadas.

Os solos com Mg abaixo de $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são classificados como de nível baixo do nutriente (IAC). Analisando-se os mapas e suas legendas, verifica-se que a maior parte da área, em todas as situações pesquisadas, encontrava-se abaixo dos $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e portanto com deficiência do nutriente. Há diminuição dos teores do nutriente em profundidade, devido, entre outras causas, à aplicação do calcário na

superfície, e perdas entre o verão e a primavera, por causa da não reposição do Mg. O nutriente se encontrava agregado em pequenas regiões, enquanto, no resto da área, apresentava-se com valores inferiores.

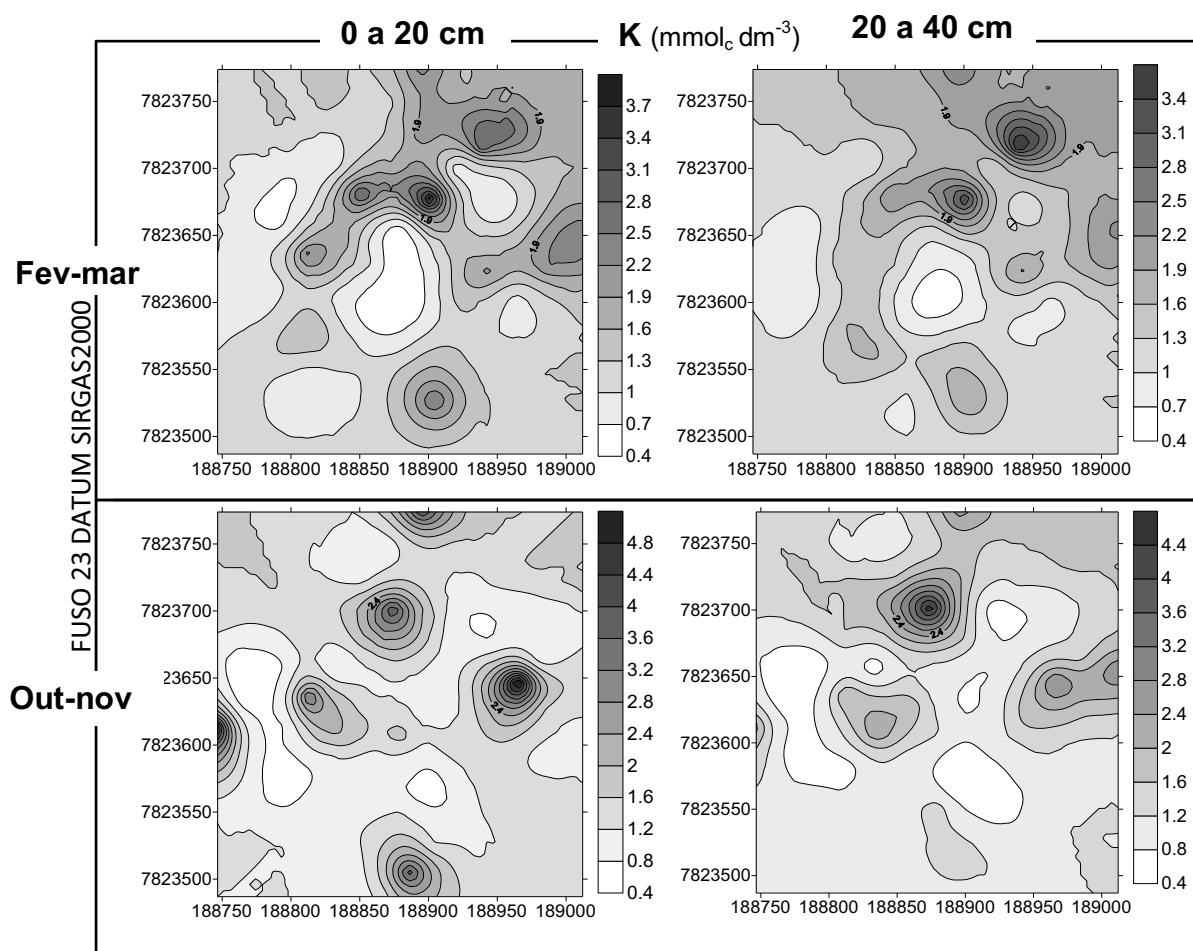


FIGURA 25. Mapa de isolinhas da distribuição do potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), ciclo de coleta do verão e da primavera, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, sistema de sequeiro. IFTM, 2010.

Segundo Zanão Júnior et al. (2010), critério também utilizado por Dalchiavon et al. (2012), é importante a construção dos mapas de isolinhas obedecendo à classificação de fertilidade dos solos proposta para a região, porque as recomendações de adubação seguem estes níveis estabelecidos. No Estado de Minas Gerais tem-se a classificação proposta por Alvarez et al. (1999), citado por Zanão et al. (2010) e utilizado em boletim da EMBRAPA.

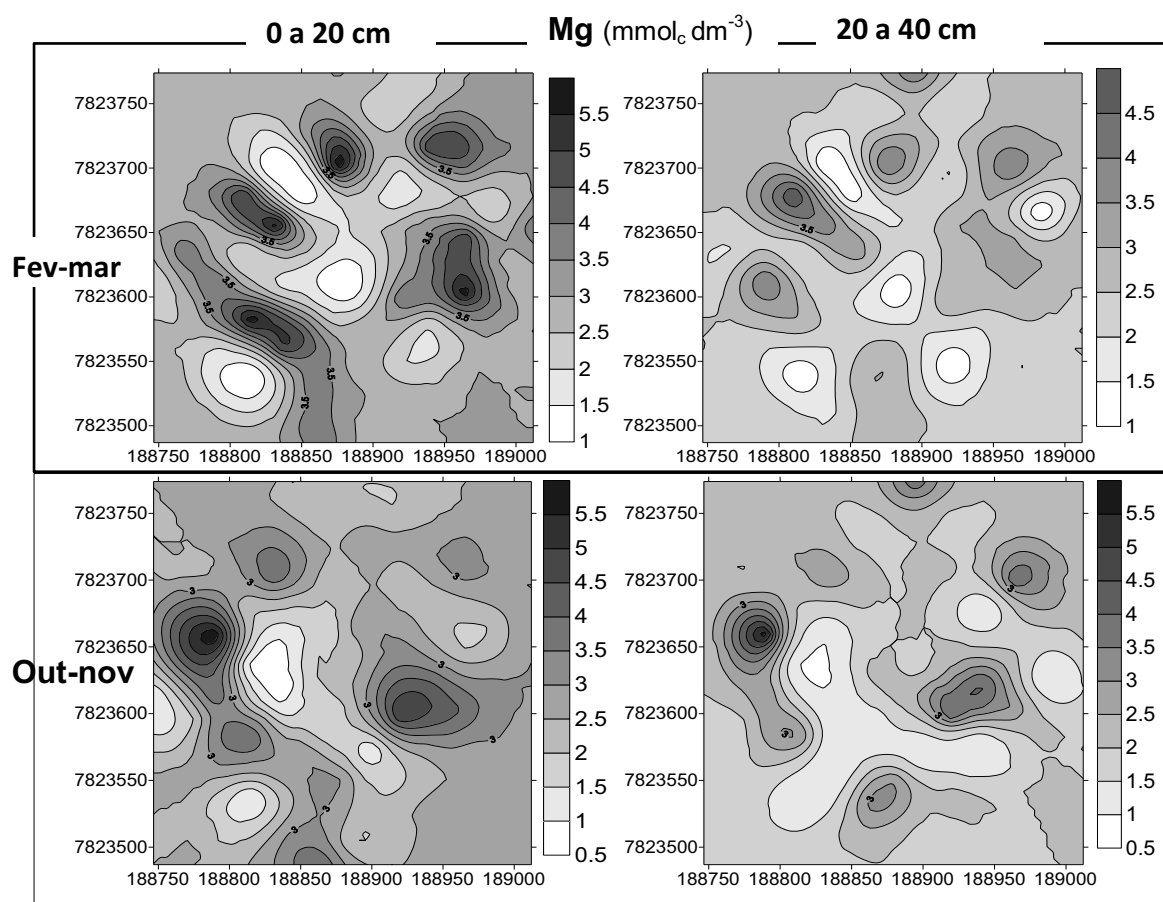


FIGURA 26. Mapas de isolinhas da distribuição do magnésio (Mg), em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, ciclo do verão e da primavera, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. IFTM, 2010 (Coordenadas UTM, em metros).

Como as análises dos atributos do solo referidas nesta pesquisa foram feitas em laboratório no Estado de São Paulo, que utiliza metodologia diferenciada para o cálculo do fósforo e do pH, por exemplo, a resina trocadora de íons para a extração do fósforo, os níveis utilizados para a marcação dos estratos de fertilidade nos mapas seguintes foram determinados por tabela publicada pelo IAC, em seu “site”, para interpretação dos resultados da análise de solo. Sendo que, para o P (culturas perenes), considera-se como de nível médio os teores do intervalo de 13 a 30 mg dm^{-3} ; de nível baixo, são os teores compreendidos entre 6 e 12 mg dm^{-3} ; e muito baixo, os teores abaixo de 6 mg dm^{-3} ; para o K, são considerados baixos, os teores do intervalo de 0,8 a $1,5 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$; nível médio, os teores situados no intervalo de 1,6 a $3,0 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e alto, de 3,1 a $6,0 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Recomenda-se a adubação de manutenção nas regiões de teor médio e adubação de correção nos lugares onde o teor é baixo. São poucos os locais de baixo teor de fósforo. A maior região com teores classificados como sendo de deficiência do nutriente (P) está localizada no pasto irrigado, no verão (Figura 27), e foi corrigida para teor médio quase completamente até a primavera (Figura 28). Predominam regiões de teor médio, tanto no irrigado, quanto no sequeiro nas duas épocas (Figuras 27 a 30).

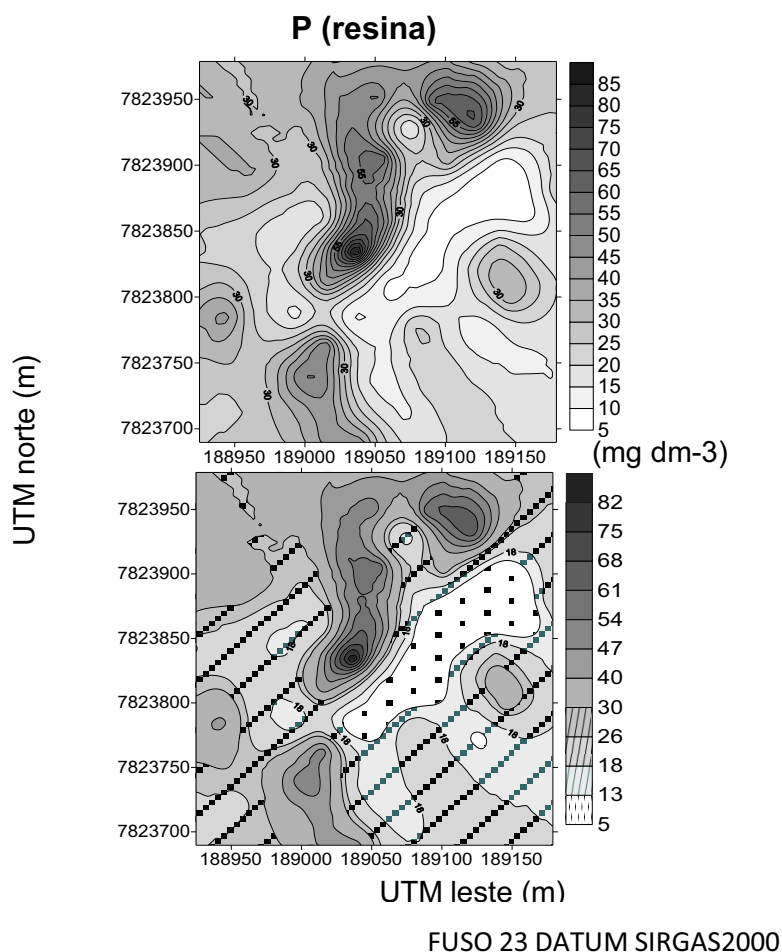


FIGURA 27. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto irrigado: áreas de teor baixo de 5 a 13 mg dm⁻³, e de teor médio do atributo, com hachuras, 13 a 30 mg dm⁻³, no ciclo de pastagem de fev-mar, verão, na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010.

Nos mapas das figuras 27 a 30, existem regiões em que o teor do nutriente é baixo e existem regiões em que o teor é médio, região que foi marcada com hachuras.

No caso do fósforo, no solo do pasto irrigado, no verão, mais da metade da área apresentou, predominantemente, teor médio, como pode ser visto pela região hachureada da Figura 27. Na primavera, a região hachureada se situou, em sua maior parte, na região superior e direita do mapa representativo da área do pasto irrigado, mas ainda apresentavam-se com teor médio o canto esquerdo superior e, o centro. Na região inferior do mapa, existe também região de teor médio, conforme a Figura 28.

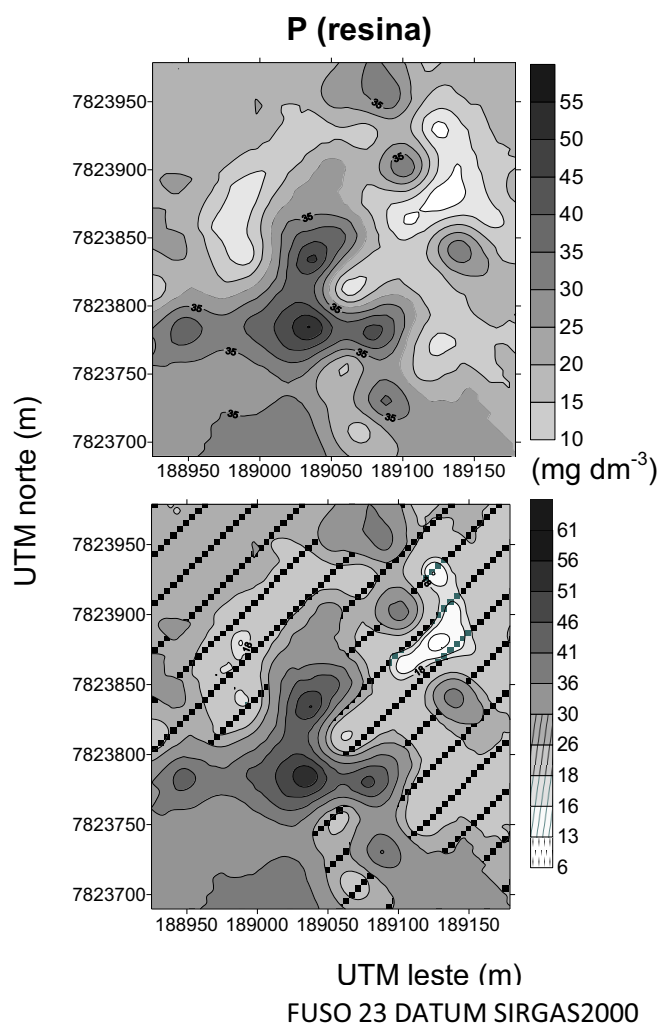


FIGURA 28. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto irrigado: áreas de teores baixo (5 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras) do atributo, em out-nov, primavera, na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010.

No ciclo de pastagem de fev-mar, a área de teor baixo de fósforo foi consideravelmente maior no pasto irrigado que no de sequeiro, como pode ser visto

nas Figuras 27 e 29. No entanto, na mesma época, a área com teor médio do nutriente foi maior no solo do sistema de sequeiro.

Esta classificação obedeceu aos critérios do IAC, mas conforme Sousa et al. (2001), a exigência do tifton 85 é de um teor de P maior que 18 mg dm^{-3} , portanto deve-se observar pela legenda pela graduação do cinza, os valores que, embora considerados como médios pelo IAC, estão abaixo do valor recomendado para essa gramínea. Este valor foi marcado no mapa e as isolinhas reorganizadas para que ele pudesse ser identificado e localizado, mostrando que não eram somente as subáreas abaixo de 13 mg dm^{-3} que estavam com deficiência. As isolinhas foram construídas, no segundo mapa, de modo a permitir a identificação dos teores 13, 18 e 30 mg dm^{-3} que marcam os limites das classificações dos teores em baixo e médio e, dentro do médio, permitir a localização do teor 18 mg dm^{-3} , considerado como nível crítico de P no solo para o tifton 85 por Franco (2003) e Sousa et al. (2001).

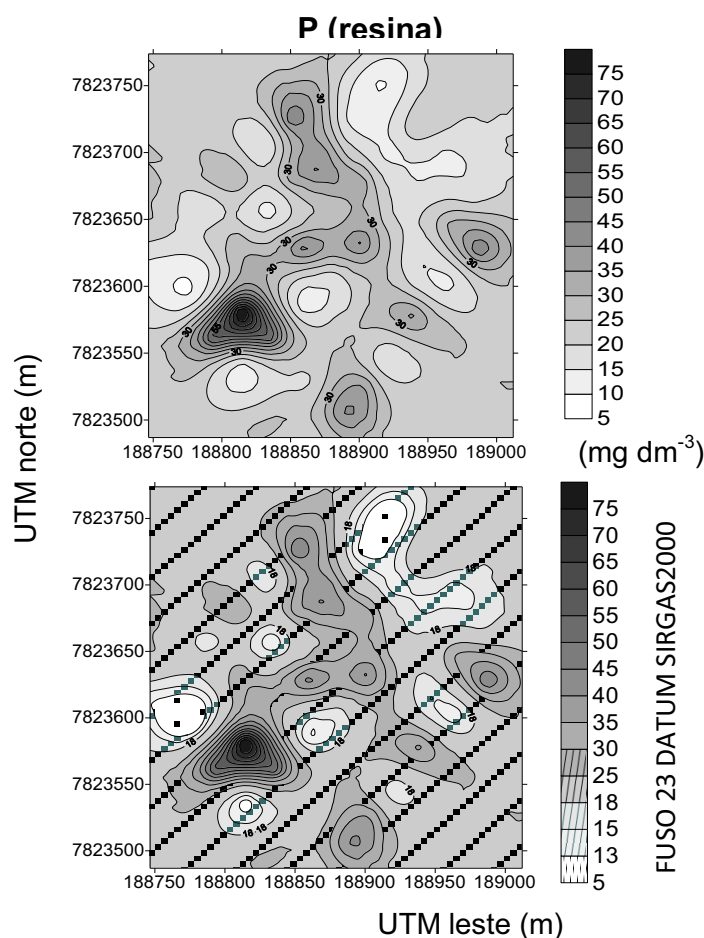


FIGURA 29. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto sequeiro: áreas de teor baixo (5 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras), no ciclo de fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm.

No sequeiro, ciclo do verão, os valores de P abaixo de 18 mg dm^{-3} , aparecem em pequenas manchas esparsas pela área e pode-se observar duas sub-regiões com teores inferiores a 13 mg dm^{-3} , considerado baixo pelo IAC.

As manchas de nível baixo do fósforo no ciclo do verão diminuem no ciclo da primavera, e as sub-regiões com teor abaixo do recomendado se agregam perto do centro e ao norte do mapa (Figura 30). Predominam as regiões de teor médio do P.

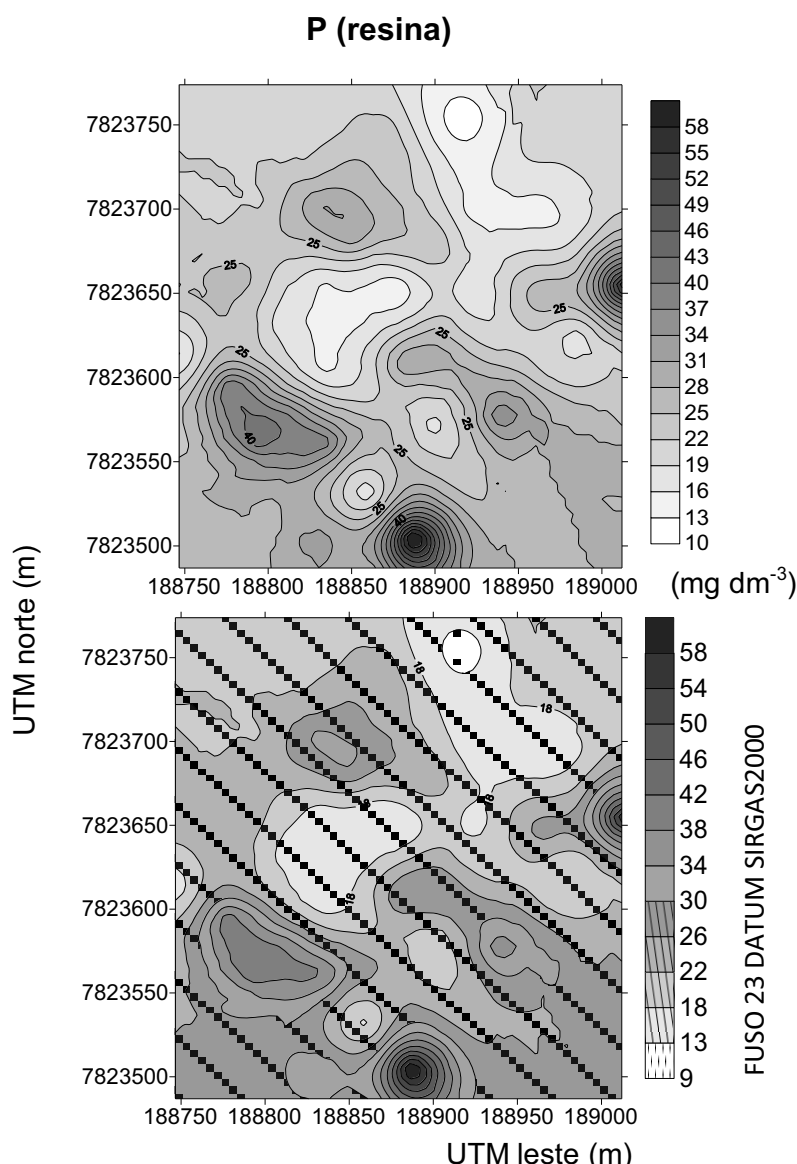


FIGURA 30. Mapa de isolinhas do fósforo, no pasto de sequeiro: áreas de teor baixo (9 a 13 mg dm^{-3}) e médio (hachuras), no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm . IFTM, 2010.

A adubação com potássio, responsável pelo metabolismo vegetal (fotossíntese, translocação de carboidratos, ativação de enzimas, assimilação do

CO₂ e fixação de nitrogênio) é muito importante. A presença do K colabora, inclusive, para a eficiência da adubação nitrogenada. Em geral, o adubo potássico deve ser aplicado parte no plantio juntamente com o fósforo, para contribuir com o crescimento inicial das plantas e parte com o nitrogênio, de modo parcelado. Houve uma aplicação de potássio entre o ciclo de fev-mar e out-nov, conforme detalhado na metodologia.

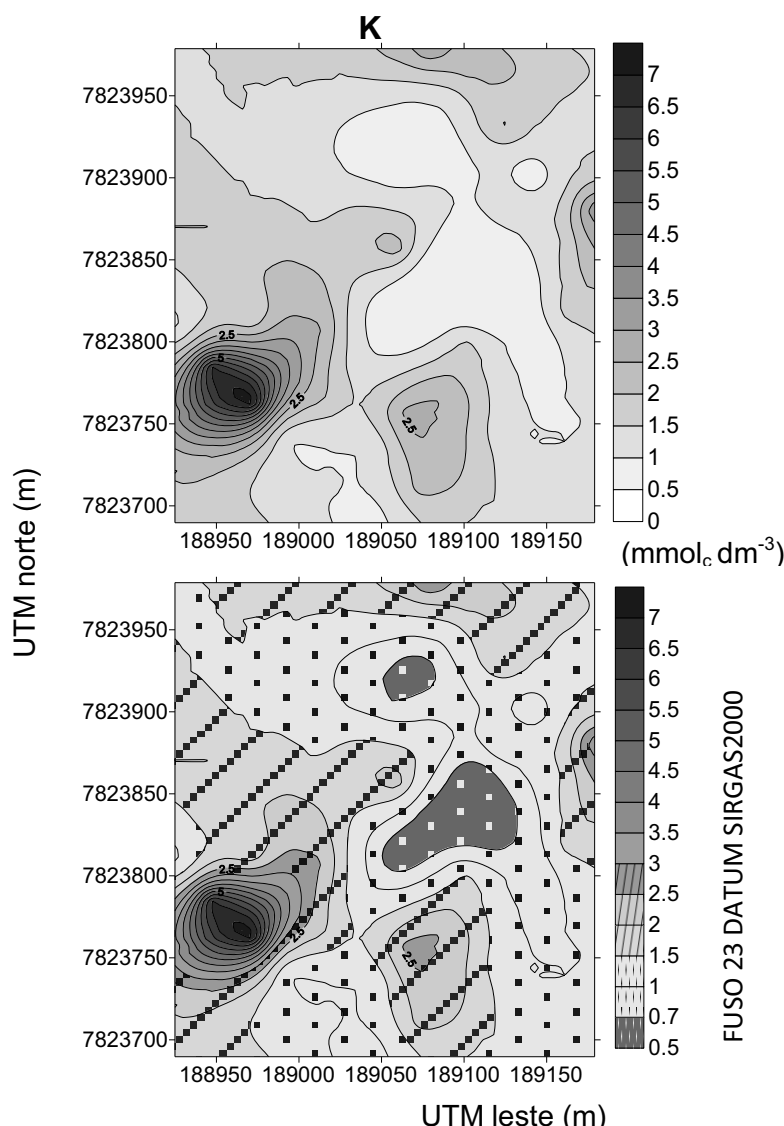


FIGURA 31. Mapa de isolinhas do potássio, no pasto irrigado: áreas de teores muito baixo ($0,5$ a $0,7 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$), baixo ($0,7$ a $1,5 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm . IFTM, 2010.

Observa-se, na área do pasto irrigado (Figuras 31 e 32), no verão e primavera, uma extensa região com o nutriente K em teor baixo. As áreas com teores $0,5$ a

0,7 mmolc dm⁻³ marcam a presença de regiões com teores muito baixo que diminuíram em número e extensão, no solo do pasto irrigado da primavera em relação à situação no verão. A área de teor baixo aumenta do verão para a primavera, diminuindo as regiões com teores médios, mas aumentam as regiões onde o teor é alto, embora sejam manchas que se concentram em três regiões de extensão relativamente pequenas, inferiores a 20% da área.

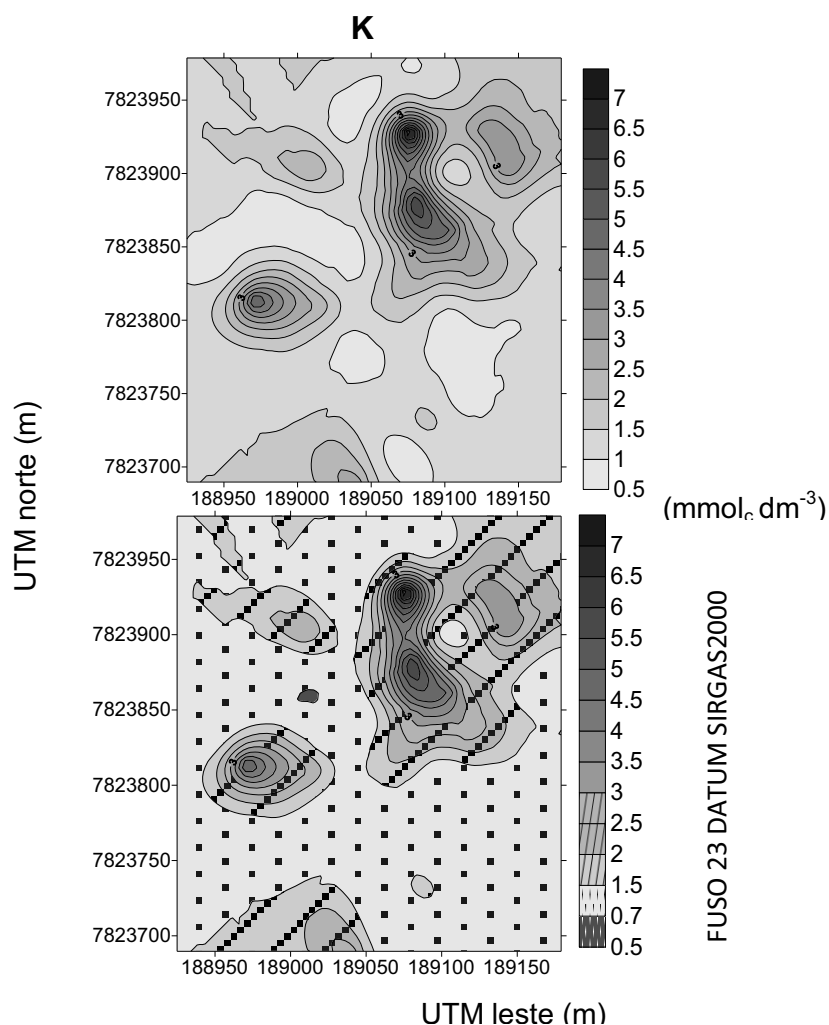


FIGURA 32. Mapa de isolinhas de potássio, no pasto irrigado: áreas de teor muito baixo (menor que 0,7 mmolc dm⁻³), baixo (de 0,7 a 1,5 mmolc dm⁻³) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm.

No mapa do solo do pasto de sequeiro (Figura 34), na primavera, comparando-se ao mapa do solo do sequeiro no verão, aparecem regiões de maiores teores de K, que se apresentam em maior número de manchas em cor

escura sobre o mapa de isolinhas (teores maiores que $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e que têm também maiores teores que as do mapa do verão. No verão há apenas uma pequena mancha sobre o centro da área com teores variando de 3 a $3,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que seria o intervalo de teores adequado (Figura 31).

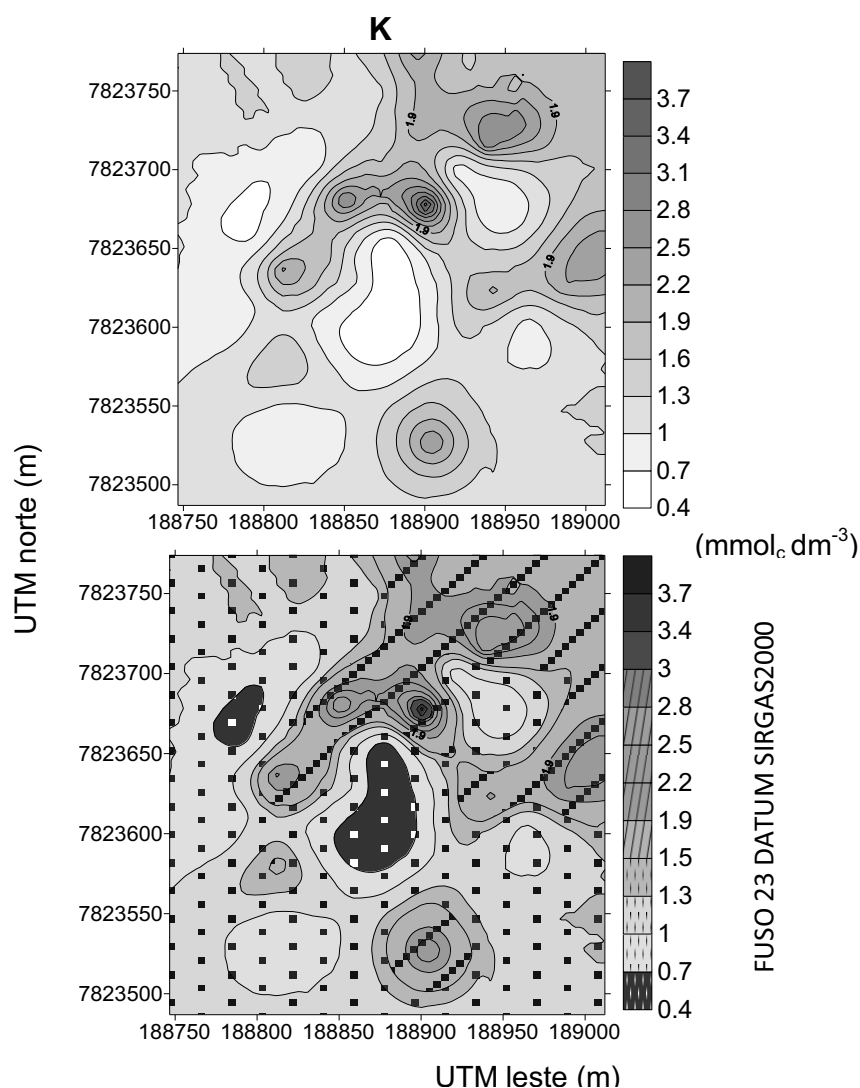


FIGURA 33. Mapa de isolinhas de potássio, pasto secoiro: áreas de teor muito baixo (menor que $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), baixo (entre $0,7$ e $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm.

No verão, no secoiro, a área abaixo da diagonal principal apresenta-se com deficiência de potássio e, na primavera, esta área se amplia em direção ao norte. Há uma diminuição da parte considerada como de teor médio que poderia ser mantida

pela adubação de manutenção (Figuras 33 e 34). As subáreas com teores abaixo de $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ desaparecem no ciclo de coleta da primavera.

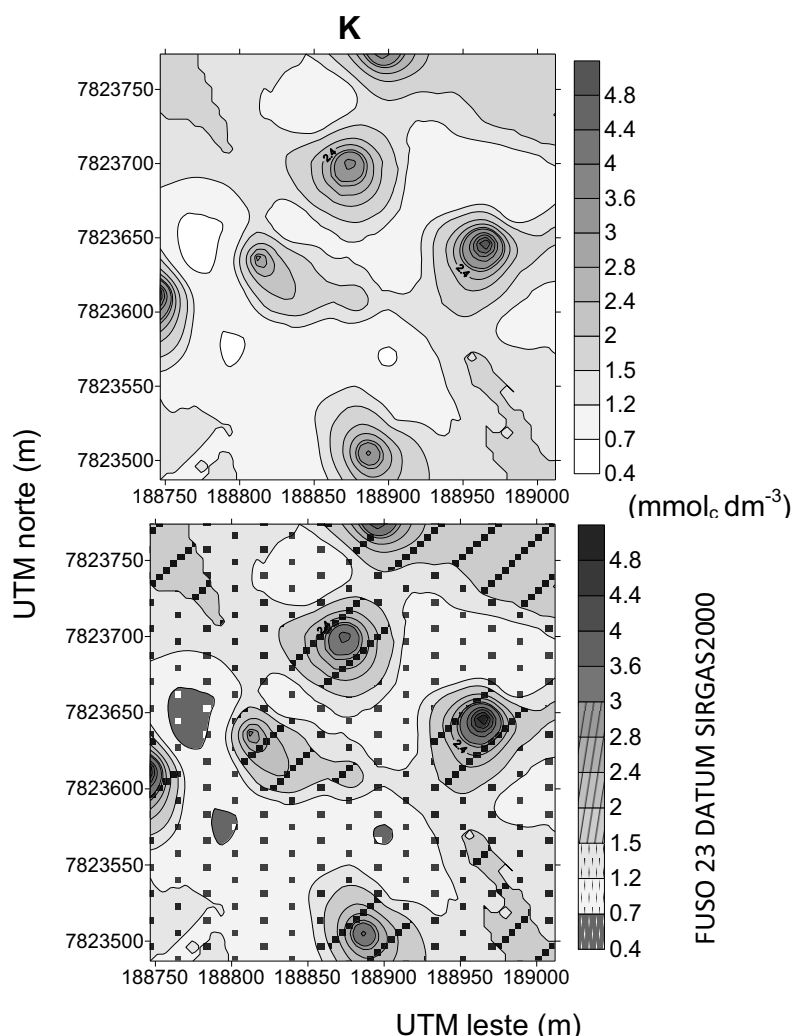


FIGURA 34. Mapa de isolinhas de potássio, no pasto sequeiro: áreas de teor muito baixo (abaixo de $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), baixo (entre $0,7$ e $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e médio (hachuras) do atributo, no ciclo de out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm.

Em relação ao potássio, a maior porção deste elemento fica retida integrada aos minerais do solo de forma semelhante ao que acontece com o P e com o nitrogênio e, ainda, em contraposição ao que acontece aos dois elementos (P e N), o potássio é perdido em grande quantidade por lixiviação, principalmente em solos mais arenosos. Considerando-se as quantidades perdidas por lixiviação e a quantidade que é removida pelas culturas, que pode ser o equivalente a 3 ou 4 vezes à quantidade de P e o possível consumo supérfluo por parte das plantas, a

adubação com o potássio deve ser planejada, tendo em vista que, menores quantidades, com maior frequência, seriam mais efetivas do que adubar com uma grande quantidade em uma única vez (BRADY, 1989). Lixiviação e consumo pelas gramíneas podem explicar o teor baixo prevalente no solo dos pastos (Figuras 30 a 33), principalmente, deve-se preocupar com a possibilidade de lixiviação, levando-se em conta a porcentagem alta de areia e o baixo teor de MO.

A adubação corretiva privilegia, normalmente, a aplicação do fósforo sob a forma de P_2O_5 , podendo, em algumas situações, ser adotada também, segundo as carências, para o potássio e outros nutrientes. Ela pode ser feita de forma imediata ou gradativa e, no caso do potássio, pelas considerações já vistas, recomenda-se fracionar a aplicação.

A adubação corretiva não elimina a necessidade de uma adequada adubação de manutenção, que visa à reposição dos nutrientes exportados pela cultura, pelo pastejo e/ou pelo corte (MAPA, ABRACAL, ABRASEM, ANDA, CNA, OCB, 2002).

A preocupação com a manutenção da disponibilidade dos cátions para a nutrição das plantas e o cálculo da adubação, leva, entre outros cuidados, à análise da capacidade de troca de cátions do solo (CTC) e do nível de saturação por bases (V%) como indicadores de fertilidade do solo. A CTC e, conseqüentemente, o V%, além de ser influenciada pela espécie e quantidade de argila presente neste solo e matéria orgânica disponível, também é fortemente alterada pelo pH do meio.

A influência do pH do meio na CTC está relacionada positivamente com as presenças de espécies de minerais de argila com dominância de cargas dependentes de pH e, ou, da presença da matéria orgânica.

O uso do calcário para elevar o pH e diminuir a acidez é também a maneira mais econômica de se fornecer Ca e Mg ao solo. Ao elevar o pH, a diminuição da acidez, influi na solubilidade e na concentração da solução do solo e, conseqüentemente, na absorção e utilização dos nutrientes pelas plantas (FAGERIA et al., 1997). Há relação entre o teor do pH e o teor da saturação por bases.

Observa-se, pelos mapas da Figura 34, que os teores do Mg, na maior parte da área do pasto irrigado, estão abaixo do nível médio, que segundo o IAC, pertencem ao intervalo de 5 a 8 mmolc dm^{-3} . Do ciclo de pastagem de fev-mar para

o ciclo de pastagem de out-nov, houve diminuição das subáreas de nível médio do Mg, sendo que, em out-nov, toda área estava com teores de nível baixo de magnésio.

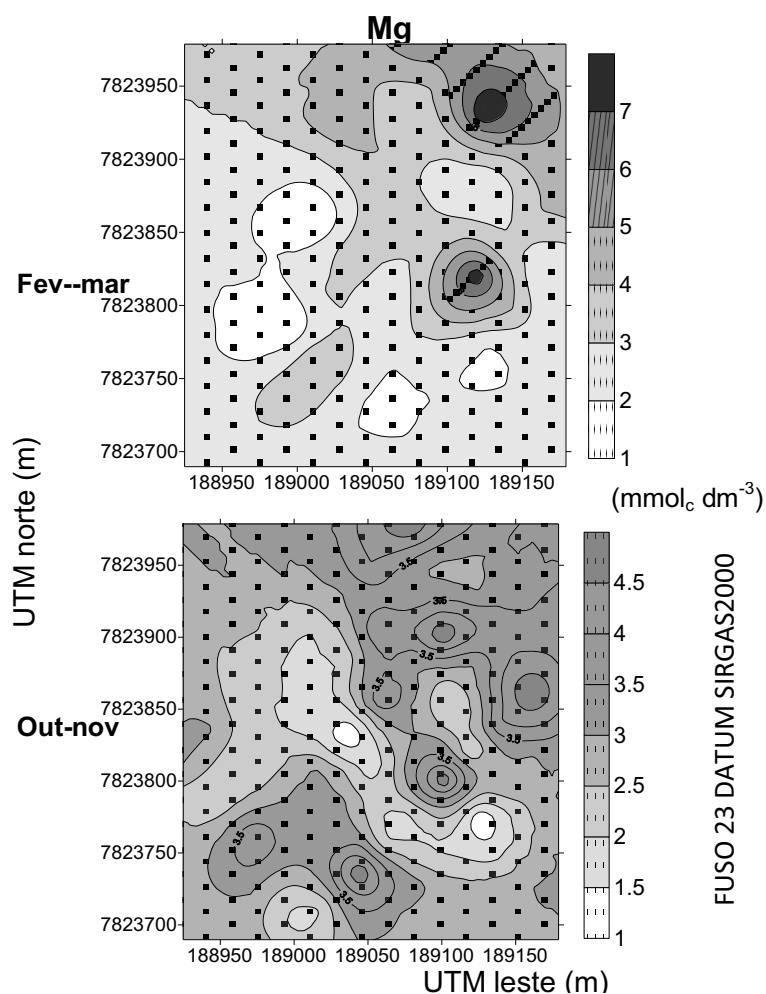


Figura 35. Mapas de isolinhas da distribuição dos teores de Mg ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), no sistema irrigado, na profundidade de 0 a 20 cm, em fev-mar e out-nov. IFTM, 2010.

Os mapas da distribuição do Mg, no sistema de sequeiro, na Figura 36, mostram que as poucas subáreas onde o Mg apresentava teores de nível médio, em fev-mar, diminuíram em número e, em out-nov, quase toda a área do sistema de sequeiro tinha deficiência de Mg. Observa-se extensa região que perpassa o mapa da distribuição do nutriente, no centro, do norte ao sul, em out-nov, em que os teores ficam abaixo de $2,5 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$.

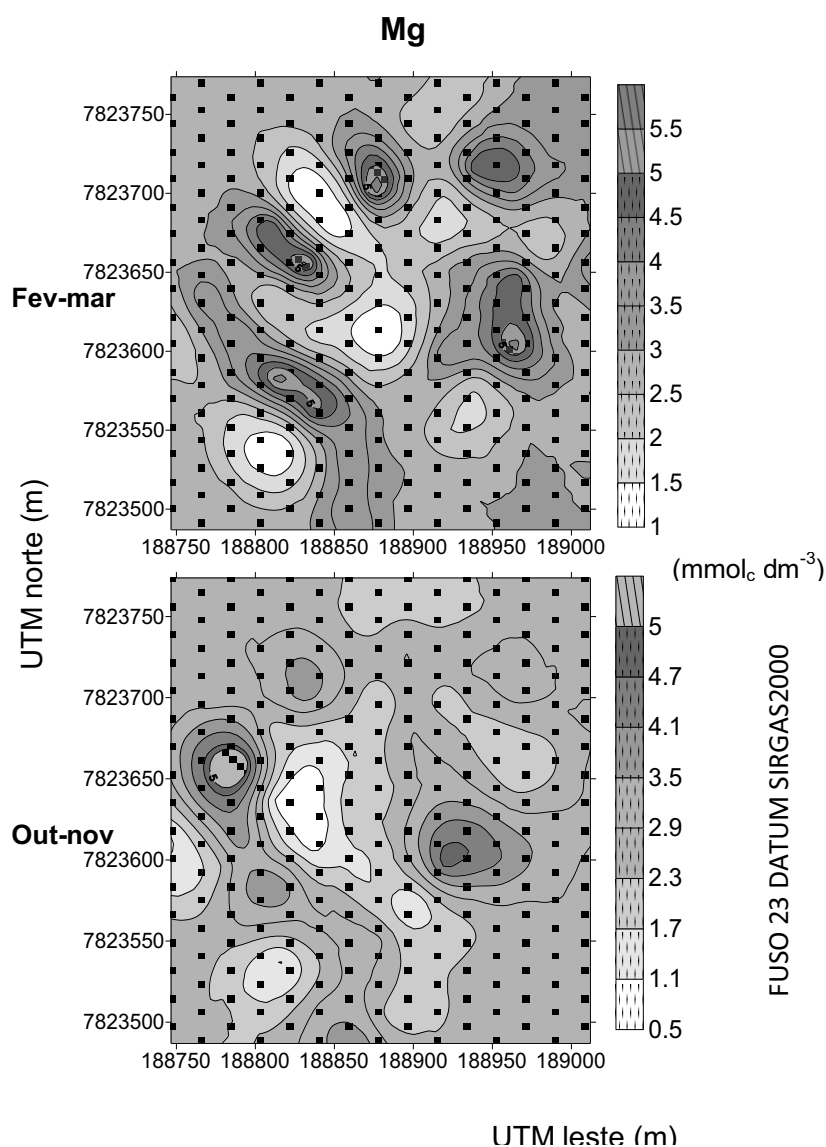


Figura 36. Mapas de isolinhas da distribuição do Mg (mmol_c dm⁻³), no sistema de sequeiro, no ciclo de fev-mar e out-nov, na profundidade de 0 a 20 cm. IFTM, 2010.

No solo do pasto irrigado (Figuras 37 e 38), nas duas épocas avaliadas, observam-se teores médios (área hachureada) e altos (teores abaixo de 5) de acidez. A acidez de nível médio exige intervenção de manutenção e a de nível alto precisa ser corrigida prioritariamente pela influência que a baixa acidez tem sobre os teores de elementos como o Ca, o Mg e, conseqüentemente, no aumento do teor do

V%, com repercussão na produtividade. Sua correção colabora também para diminuir as perdas do K por lixiviação.

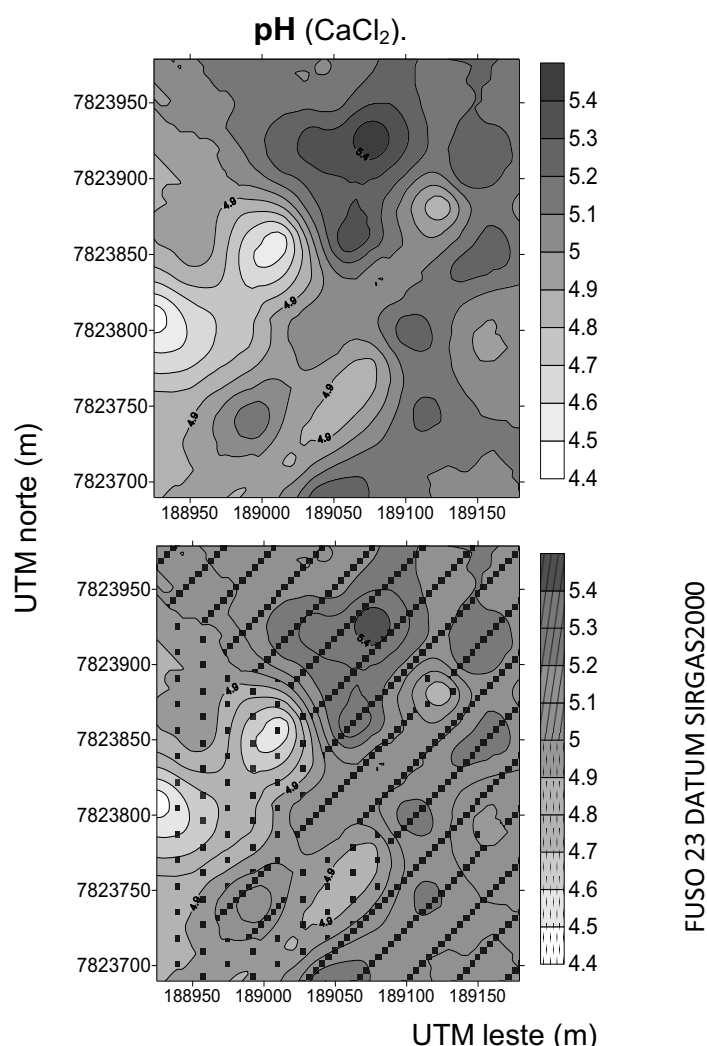


FIGURA 37. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl₂). Acidez alta (até o nível 5) e média (em hachuras), no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto irrigado. IFTM, 2010.

No solo do sistema de sequeiro, no verão, Figura 39, nota-se uma região com pH acima de 5,5, representando acidez baixa; prevaleceram as sub-regiões de acidez média.

No solo do pasto de sequeiro, do verão para a primavera houve aumento de áreas de acidez baixa e o pH aumentou, mas continuaram existindo áreas de acidez

alta, tanto no verão quanto na primavera. Em relação ao solo do pasto irrigado, no sequeiro estas áreas foram mais esparsas (Figuras 39 e 40).

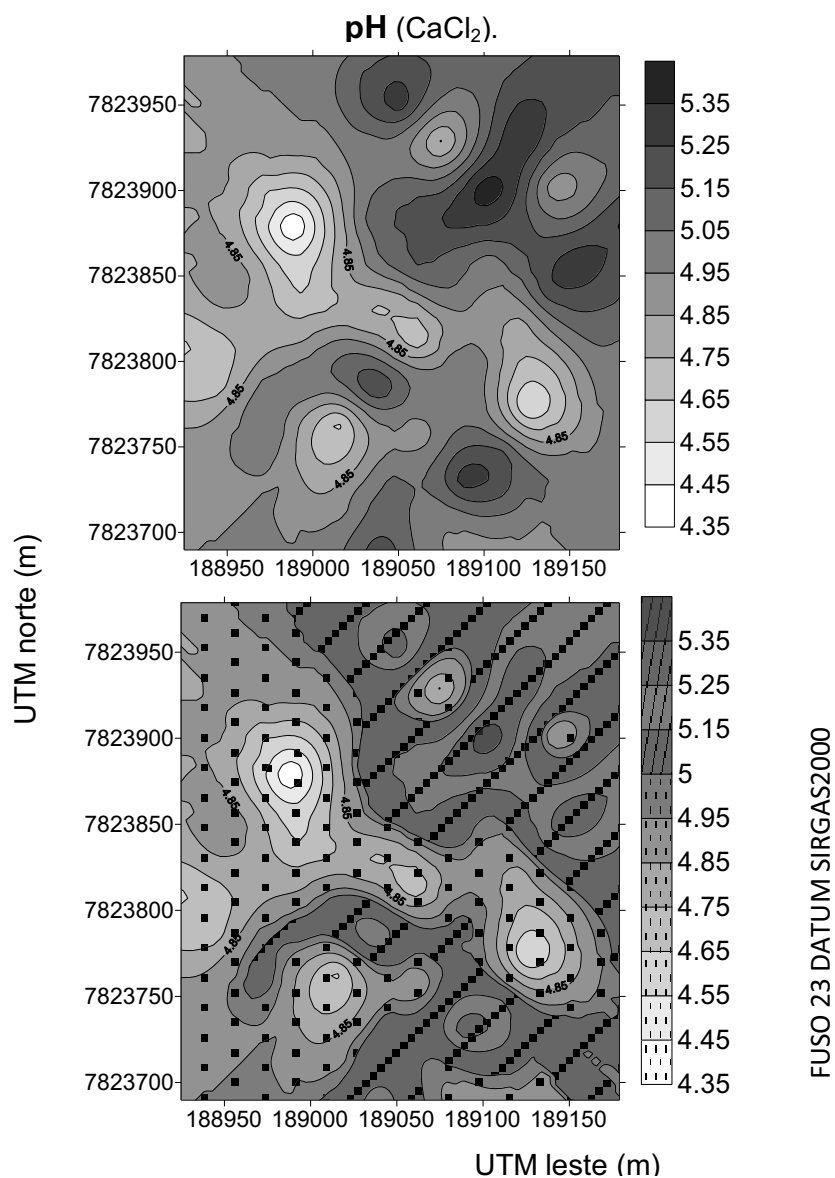


FIGURA 38. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl₂). Acidez alta (abaixo do nível 5) e média (em hachuras), no ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto irrigado. IFTM, 2010.

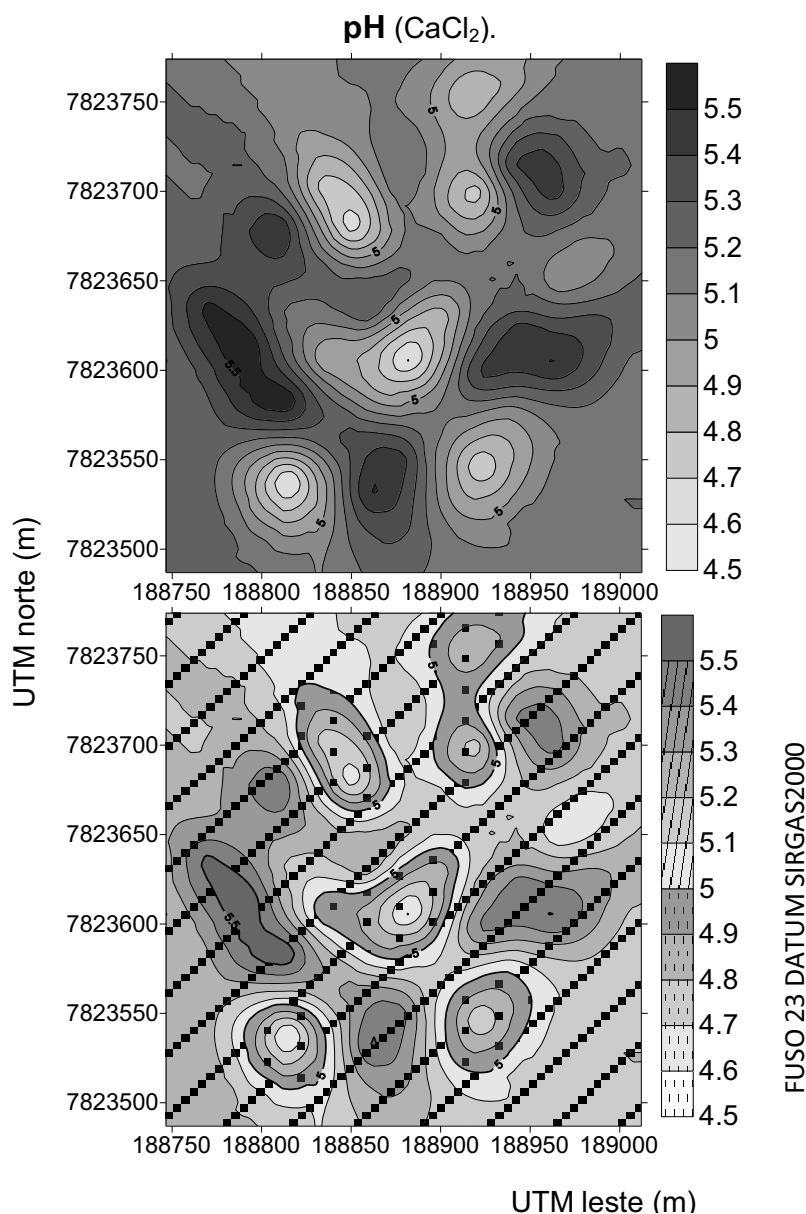


FIGURA 39. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl₂). Acidez alta (abaixo de 5) e média (em hachuras), no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto sequeiro. IFTM, 2010.

Nos mapas de isolinhas do pH, no pasto irrigado e sequeiro encontraram-se pouquíssimas regiões com pH no intervalo de 5,9 a 6,4, que seria o intervalo de valores próximos do máximo de disponibilização dos nutrientes (MALAVOLTA, 1979), o que significa que os aportes de nutrientes que foram feitos na área não foram aproveitados integralmente pela cultura, o que justifica as sub-regiões com reduzidos teores dos diferentes elementos químicos analisados.

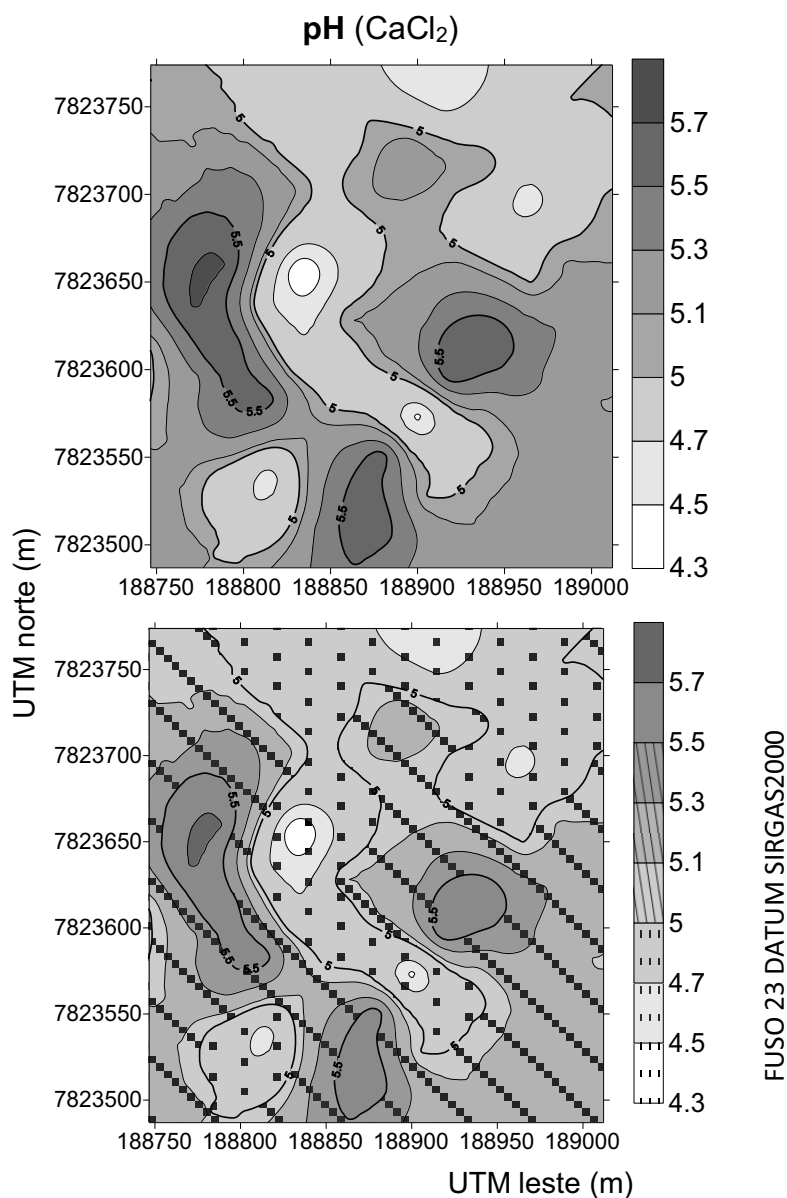


FIGURA 40. Mapa de isolinhas da distribuição do pH (CaCl₂). Acidez alta (abaixo de 5) e média (em hachuras), no ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, no solo do pasto de sequeiro. IFTM, 2010.

Como a maioria das regiões do pasto de sequeiro e irrigado, nas duas épocas, se encontrava com pH abaixo de 5,1 (Figuras 37 a 40) pode-se estimar, nestas partes, em menos de 50%, a assimilação do N dos aportes que foram feitos, em menos de 32% a assimilação do P, em menos de 35% a do K e a do Ca e Mg em menos de 40% (ALCARDE, 1984). De tal forma que é importante corrigir o pH, antes de continuar a adubação que é sistematicamente aplicada no solo das áreas.

Nas Figuras numeradas de 41 a 44, veem-se as distribuições dos valores do V% no pasto irrigado e sequeiro, nas épocas do verão (ciclo de pastagem de fev-mar) e primavera (ciclo out-nov), organizados e estratificados de modo a classificar as áreas em níveis para análise. Seguindo a classificação do Estado de São Paulo (IAC), elas foram divididas em praticamente dois estratos: nível baixo e médio. O nível baixo incluiu o intervalo de 26 a 50 % e o nível médio, 51 a 70%, (IAC). A porcentagem de saturação por bases (V%), pelos mapas de isolinhas, no solo do pasto irrigado, nos dois ciclos de coleta, se situou no intervalo de 28 a 60%, enquanto no sequeiro, o intervalo se estendeu de 20 a 64% (fev-mar) e, de 26 a 62% (out-nov).

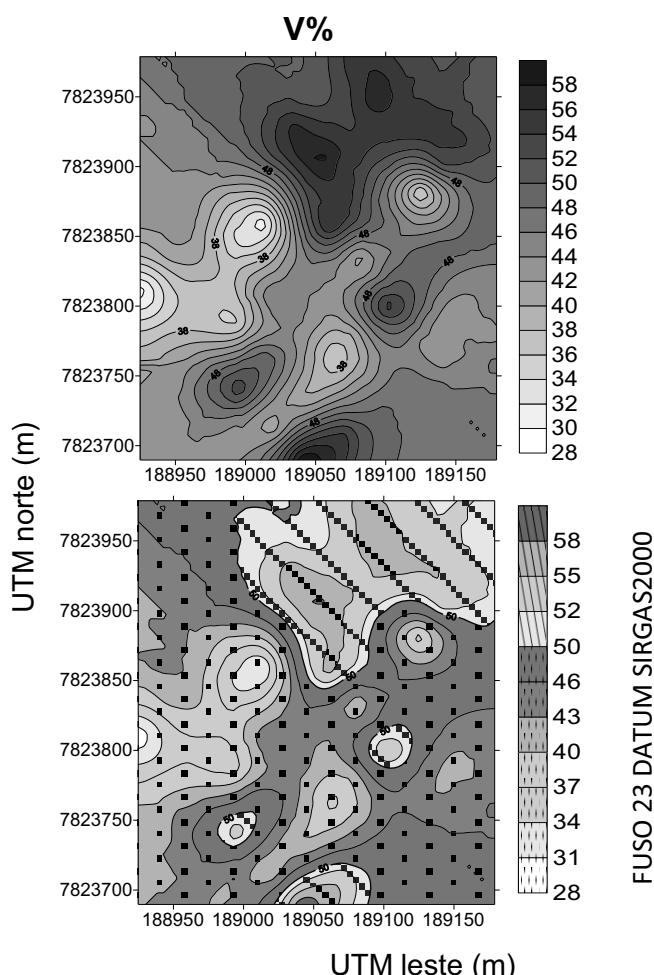


FIGURA 41. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no solo do pasto irrigado, no ciclo de pastagem de fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm, teor baixo (menor que 50%) e médio (em hachureado). IFTM, 2010.

Não obstante, é no sequeiro, no verão, que aparece uma sub-região de menor V%: ela está localizada embaixo, no canto esquerdo do mapa da Figura 43,

lugar em que há uma pequena mancha onde o V% apresentou valores entre 20 e 25%, o que é considerado como nível muito baixo (IAC).

No irrigado, na primavera (Figura 42), ciclo de pastagem out-nov, o mapa apresenta-se dividido em duas áreas contínuas: ao norte, o canto direito (leste), acima da diagonal principal, os valores do V% são maiores (teor médio) e, embaixo da diagonal principal, região sul, se estendendo de leste a oeste, apenas uma mancha, no centro-sul, quebra o predomínio do teor baixo (28 a 50%).

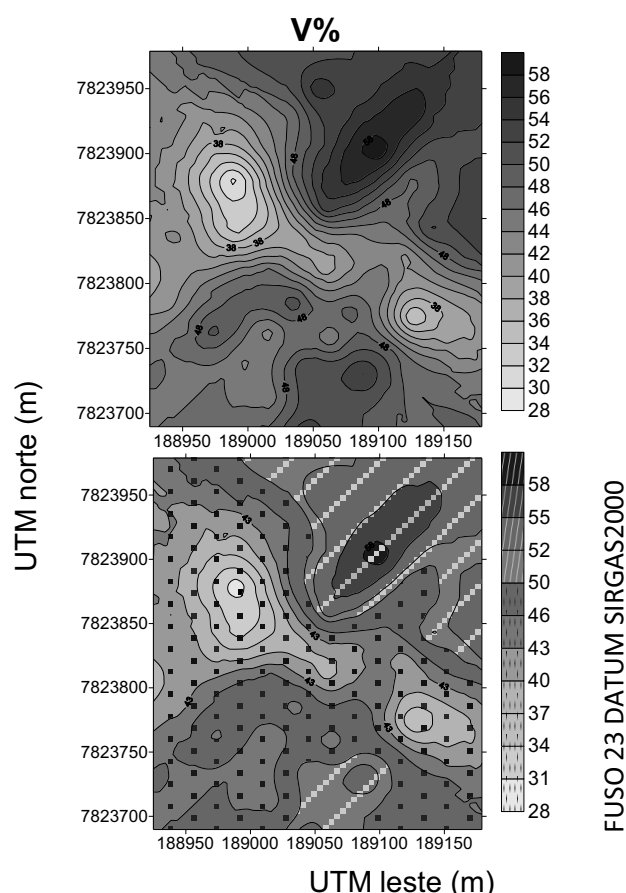


FIGURA 42. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto irrigado, no ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, teor baixo (menor que 50%) e médio (hachureado). IFTM, 2010.

Cada cultura tem uma exigência em relação ao V% e este parâmetro determina a quantidade de calcário no processo de calagem. No caso do capim tifton 85, considerado como exigente em fertilidade, é recomendado trabalhar tendo em vista 60% de saturação de bases (V%). Este teor só foi conseguido em poucas e pequenas regiões do solo do pasto de sequeiro (Figuras 43 e 44). No irrigado, nas

duas épocas, toda a área apresentou-se com nível abaixo do V% recomendado para a gramínea.

No sequeiro, embora possam ser observadas as presenças de duas pequenas regiões em que os valores do V% eram adequados à cultura do capim, o mapa continuou estratificado em nível baixo e médio e, no verão (Figura 43), aparece um estrato de menor V% (muito baixo: abaixo de 25%). No sequeiro, no verão, a distribuição é menos uniforme: as manchas de teor médio e baixo de V% se alternam. Destaque para duas pequenas regiões com teores adequados (60 a 65 %) ao tifton 85 (Figura 43).

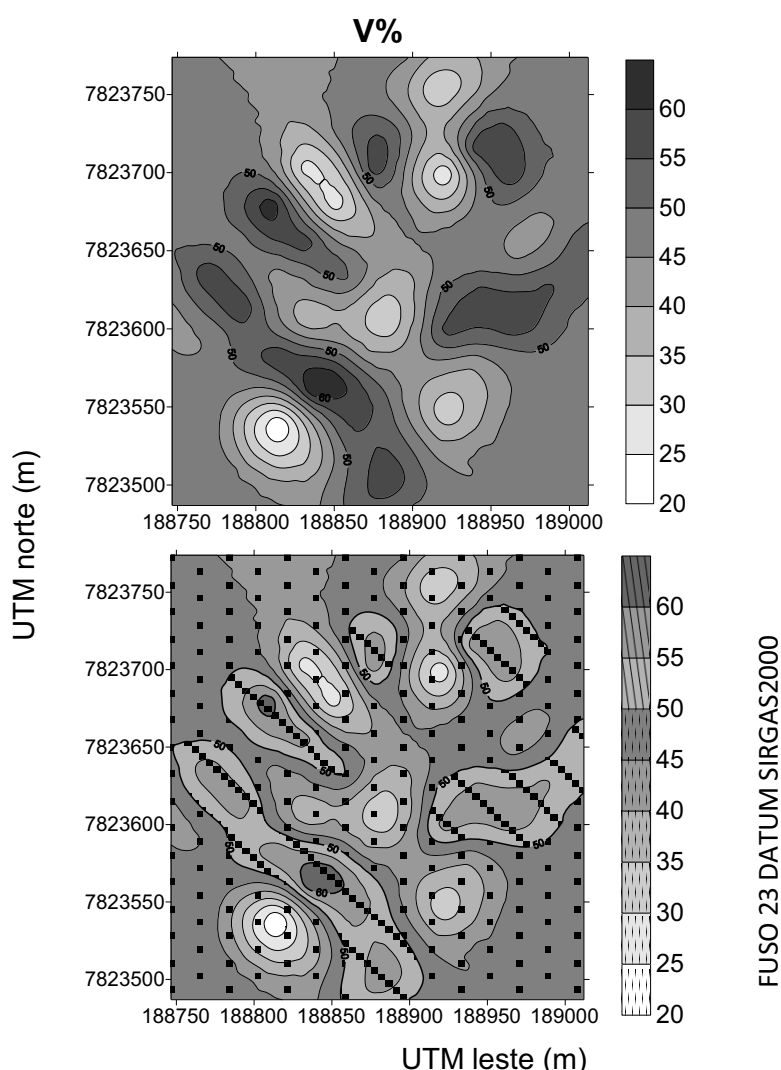


FIGURA 43. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto de sequeiro, no ciclo fev-mar (verão), na profundidade de 0 a 20 cm, teor baixo (abaixo de 50%), médio (em hachureado), muito baixo (intervalo de 20 a 25%). IFTM, 2010.

A região abaixo da diagonal principal (Figura 44), parte inferior esquerda, no mapa do solo do sequeiro, da primavera, apresentou variabilidade maior, porque, nela, aparecem regiões de menores teores de V% e regiões de teores médios em isolinhas, linhas de cota, próximas umas às outras.

Na Figura 44, encontra-se uma pequena área com saturação por bases ideal para a cultura do tifton 85 (60%).

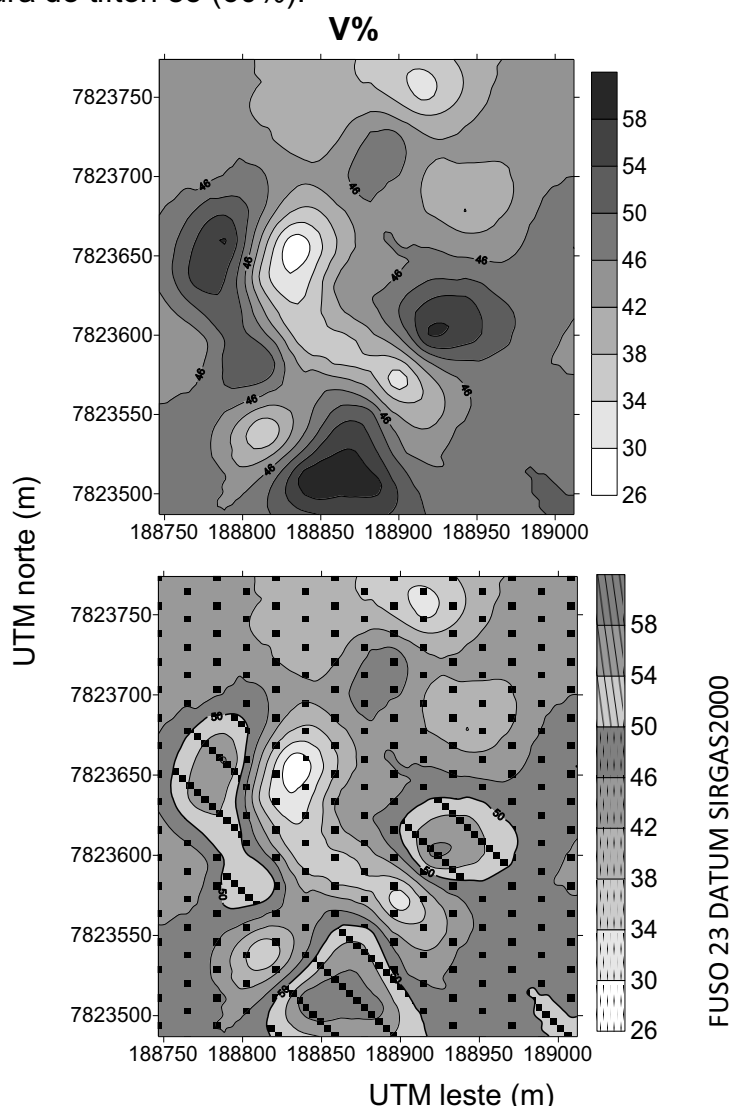


FIGURA 44. Mapa de isolinhas da distribuição do V%, no pasto de sequeiro, no ciclo out-nov (primavera), na profundidade de 0 a 20 cm, teor baixo (menor que 50%), médio (em hachureado). IFTM, 2010.

Nestas situações, o V% se correlacionou positivamente ao pH (CaCl_2) e, considerando os valores encontrados, nos pontos georreferenciados na rede amostral, foram calculadas as equações que expressam esta correlação e o

coeficiente de correlação de Pearson, na profundidade de 0 a 20 cm. No pasto irrigado, no verão, a correlação é expressa pela equação: $y = 3,7567 + 0,0278x$ ($r = 0,910$) e na primavera: $y = 3,6537 + 0,0282x$ ($r = 0,898$); no pasto sequeiro, no verão: $y = 3,6537 + 0,0282x$ ($r = 0,909$) e na primavera: $y = 3,6999 + 0,0311x$ ($r = 0,926$), em que x representa o nível do V% e o y , o pH.

Observa-se, na maioria dos mapas, não só na distribuição da SB e V%, nas diferentes situações submetidas à análise, a coincidência entre regiões que têm maiores e/ou menores valores com a disposição da distribuição da matéria orgânica (MO) no mapa, bem como a influência do pH e do V% nas distribuições avaliadas e representadas e fica evidenciado em todas as figuras que retratam os mapas das distribuições dos atributos analisados, que os valores decrescem em profundidade.

4.3. Análise da disponibilidade e qualidade do Capim Tifton 85

4.3.1. Análise pela estatística descritiva

Na Tabela 5 são apresentados os resultados estatísticos principais do tifton 85. Os Coeficientes de Variação de todas as variáveis, Tabela 5, com exceção da FDN, classificada como de nível baixo ($CV < 12\%$), conforme o critério adotado por WARRICK & NIELSEN (1980), são classificados como sendo de nível médio ($12,1\% < CV < 62\%$).

Observa-se pelas médias que, quanto mais alta a média da altura no ponto de inflexão, no verão, mais alta a média da fibra em detergente neutro (FDN) e a disponibilidades de massa verde (Disp. M.V.), nas duas épocas. Na primavera esta relação não existiu: comparando-se os dois sistemas, irrigado e sequeiro, a altura no ponto de inflexão se relacionou de modo inverso ao comportamento do valor da FDN, mas manteve a relação ao se comparar a altura com a disponibilidade de massa verde (Tabela 5).

Entre os sistemas e as épocas, quanto mais altas as médias das alturas nos pontos de inflexão do tifton 85, maiores foram os valores das médias da proteína bruta (PB) (Tabela 5).

TABELA 5. Análise descritiva de atributos do tifton 85. Pasto irrigado e sequeiro, verão (ciclo de coleta de fev-mar) e primavera (ciclo de coleta de out-nov), IFTM, Uberaba, 2010.

Variável	Pasto Irrigado							
	Média		Mediana		Desvio padrão		CV	
	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov
Altura	32,7	35,1	31,40	31,80	9,00	18,16	27,51	51,74
Disp. M. V.	18,43	26,63	16,80	25,20	10,65	12,08	57,76	45,54
FDN	78,9	74,3	77,66	74,8	5,07	3,34	6,42	4,49
PB	11,7	12,56	11,06	12,24	2,98	3,55	25,42	28,23
DIVMS	54,7		54,49		8,21		14,99	
	Pasto Sequeiro							
	Média		Mediana		Desvio padrão		CV	
	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov
Altura	25,4	18,8	25,20	15,60	5,83	7,82	22,97	41,71
Disp. M.V.	12,33	10,92	12,00	9,60	5,66	4,95	45,92	45,33
FDN	75,5	76,8	75,77	76,76	3,78	3,83	5,01	4,99
PB	10,2	7,84	9,47	7,06	2,74	2,68	26,88	34,18
DIVMS	66,2		65,75		10,71		16,19	

Valores (altura) da altura no ponto de inflexão do tifton 85, em cm, (Disp. M.V.) disponibilidade de matéria verde em mil kg ha⁻¹ (Mg ha⁻¹), (FDN) fibra em detergente neutro, (PB) proteína bruta e (DIVMS) digestibilidade *in vitro* da matéria seca em porcentagem. Coeficiente de variação (CV). Resultados em porcentagem da 2ª MS.

No sistema irrigado, a comparação e relação entre a FDN e PB, entre as épocas de coleta de amostras, confirma a validade do período de descanso utilizado na lotação rotacionada do manejo dos pastos, que foi de 21 dias em fevereiro-março e 35 em outubro-novembro: em média, a altura no ponto de inflexão aumentou, a FDN diminuiu e a PB aumentou. O período de repouso e crescimento da forrageira foi planejado para que o capim tifton 85 se recuperasse sem perder a qualidade.

No pasto de sequeiro, a comparação destes parâmetros entre as épocas, evidencia a importância da umidade do solo para a qualidade do capim, uma vez que os resultados do pasto de sequeiro, em out-nov, demonstram que a forrageira ainda estava se recuperando do longo período de seca que precedeu a coleta das

amostras (Figura 5). Portanto, no pasto de sequeiro, embora o período de chuvas já tivesse começado (Figuras 3 e 5) em setembro e início de outubro, a precipitação não foi suficiente para que a gramínea se recuperasse, mesmo porque houve intervalo longo sem precipitação pluviométrica após o início da coleta em 9 de outubro, conforme a Figura 3.

Ao se comparar o irrigado com o sequeiro, em média houve diminuição da altura no ponto de inflexão e na disponibilidade de matéria verde no pasto: quanto à altura no ponto de inflexão, no verão, houve 29% a mais no crescimento do irrigado e, na primavera, 86%%. Em relação à disponibilidade de matéria verde, cálculo que orienta a ocupação dos pastos, determinando a $UA\ h^{-1}$, os acréscimos do irrigado estiveram em 49,5% no verão e 43,9%, na primavera.

A média da altura no ponto de inflexão (cm) apresentou aumento (7%) no pasto irrigado, na primavera, ao se comparar com o período do verão (Tabela 5). A observação destes fatos precisa considerar que o intervalo de descanso do pasto no verão (21 dias) foi menor que o intervalo de descanso no início da primavera (35 dias) e que as condições climáticas foram, embora, propícias, porém diferentes nas duas épocas.

No sequeiro, comparando-se os parâmetros em relação às épocas de coleta, observa-se que, embora em out-nov a média das alturas nos pontos de inflexão tenha diminuído, a média da FDN aumentou e a média da proteína bruta diminuiu.

A relação entre a FDN e a PB foi caracterizada por um comportamento inverso, isto é, quanto maior a média da FDN, menor a média da PB, com exceção da comparação entre os sistemas, no verão, época de chuva, no qual, apesar da média da FDN ter decrescido (de 78,9 para 75,5%), do irrigado para o sequeiro, a média da PB decresceu (11,7 para 10,2%).

Para Van Soest (1994), a importância da análise dos teores de FDN está no fato de que quanto menor for o teor da fibra, melhor será o consumo e a digestibilidade da forrageira.

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi medida apenas no verão. A média (54,7%) e a variabilidade (CV) no sistema irrigado foram menores que a média (66,2%) e o CV do sequeiro. A menor digestibilidade no sistema irrigado pode ter

acontecido pela aceleração do desenvolvimento provocada pela irrigação (SANTOS, 2006), aumentando a altura no ponto de inflexão e antecipando a maturidade.

A DIVMS da forrageira foi calculada com intervalos de 21 dias de rebrota. As amostras, colhidas na rede de 48 pontos sobre a área irrigada, tiveram seus valores variando de 38,64% a 75%, com média de 54% e CV igual a 15%. Na área de sequeiro, a variação foi de 25 a 91%, média de 66% com CV de 16%. Foi observado que, à média de FDN maior, se relacionou a DIVMS menor. Velásquez et al. (2010) encontraram, no período de jan-mar, média de DIVMS de $47,80 \pm 6,65$ (%), em corte com idade de rebrota de 28 dias.

Destacam-se, pois, a influência da irrigação, que acelera o desenvolvimento da planta, promovendo a lignificação que, como consequência, promove a elevação dos teores de FDN (LOPES et al., 2005), o que, por sua vez, determina menor teor de DIVMS.

Hill et al. (1993) relataram a digestibilidade do tifton 85, adubados com 200kg ha^{-1} por ano, com idade de rebrota de 28 dias, no primeiro ensaio em 60,3% e no segundo ensaio em 57,3%.

Nota-se, que a irrigação influiu de modo considerável no desempenho da forragem na época da primavera, quando por um descanso maior a forrageira teve o seu maior ponto de inflexão e, embora possuindo a maior altura no ponto de inflexão, a qualidade da forrageira foi melhor que nos outros períodos. Produziu mais e manteve a FDN baixa - a média mais baixa das observações; enquanto a média de proteína da forrageira foi a mais alta entre as analisadas (Tabela 5). Para confirmar o bom desempenho, a média da FDA, neste período, foi calculada em 31,7%.

Estas observações mostram a eficiência da irrigação no final da seca, começo da primavera, quando a luminosidade já é alta, o fotoperíodo e a temperatura suficientes e apenas a precipitação pluviométrica ainda não se restabeleceu.

Pode-se observar que a relação entre o crescimento da forrageira e o valor da FDN foi contraditória, entre os sistemas e épocas. No início da primavera, a proporção de FDN foi maior no sequeiro do que no outro sistema, no mesmo ciclo (primavera), e maior que a média no mesmo sistema, no verão, embora a altura no

ponto de inflexão tenha sido menor. Entre os sistemas, no verão, quanto maior foi a média dos pontos de inflexão, maiores a média da FDN.

Influências na maturidade provocadas pela irrigação, temperatura e outros fatores são determinantes da lignificação da parede celular e colaboram para o aumento da FDN.

Na Tabela 6, são apresentados os valores de mínimo e máximo e os coeficientes de simetria e curtose das variáveis analisadas do tifton 85. Nela, nota-se, em relação à variável ponto de inflexão e as extremidades de seus intervalos de valores de mínimo e máximo a diminuição dos valores entre o irrigado e o sequeiro, no verão e na primavera. Ao se comparar os valores do irrigado com o sequeiro, observa-se a diminuição dos pontos de mínimo em todas as variáveis, com exceção da FDN. Entre as épocas, também diminuem os pontos de mínimo da disponibilidade de matéria verde e proteína bruta. Em relação aos pontos de máximo, no verão, comparando-se o irrigado com o sequeiro, diminuem os máximos do ponto de inflexão e da FDN e aumentam os máximos da PB e do DIVMS.

Na primavera, diminuem os mínimos da altura no ponto de inflexão e da PB e aumenta a FDN no sistema de sequeiro. Entre as épocas, no irrigado, diminui o ponto máximo da FDN e, no sequeiro, aumenta o ponto máximo da altura no ponto de inflexão.

Assim como aconteceu no pasto irrigado, no verão, Carnevalli et al (2001) observaram que a FDN tende a aumentar durante o verão. Van Soest (1994) concluiu que altas temperaturas, próprias do verão em regiões tropicais, “promovem rápida lignificação da parede celular” o que leva a forrageira a, rapidamente, transformar os “produtos fotossintéticos em componentes da parede celular” (FDN). Esta relação não foi notada no sequeiro, onde uma pequena diferença (1,7%) fez a FDN na primavera ser maior que a do verão. Foi pequena a diferença de temperatura média na área durante o período de coleta das amostras do capim (1,49 °C).

No verão, a diminuição da altura média no ponto de inflexão, entre os sistemas, coincidiu com a diminuição da FDN e Carnevalli et al (2001) relataram que valores de FDN mais baixos aconteceram para altura mais baixa da forrageira (5 e 10 cm), observa-se, no caso, que a análise, considerando-se estas alturas, supõe

idades de rebrota pequenas e pouca maturação. Na primavera, esta relação direta de crescimento não se confirmou, embora a altura no ponto de inflexão fosse consideravelmente menor (35,1 e 18,8 cm), a FDN aumentou (Tabela 5). Este aumento coincide com um intervalo de clima seco entre as duas coletas (Figura 5) e a qualidade da forrageira, apesar do clima já ter se tornado favorável, ainda sofria sua influência. Alvim et al (1996) encontraram valores maiores de FDN para coastcross na época da seca.

Analisando-se o crescimento da FDN em relação aos dias de rebrota (ciclo de pastagem) tem-se: foram encontrados 78,9% (21 dias de rebrota) e 74,3% (35 dias de rebrota) de FDN no sistema irrigado e 75,5% (21 dias) e 76,8% (35 dias), no sistema de sequeiro (Tabela 5). No irrigado o aumento da idade de rebrota não provocou o aumento da FDN, enquanto, no início da primavera houve aumento do teor da FDN. PIZZANI (2008) relatou 72% de FDN em 28 dias de rebrota.

No verão, com 21 dias de rebrota, no sistema irrigado, com média de 78,9% de FDN, a digestibilidade (DIVMS) foi calculada em 54,7% (altura 32,7 cm) e, no sistema de sequeiro, com média de 75,5% de FDN, a DIVMS foi calculada em 66,2%, com altura média no ponto de inflexão de 25,4 cm (Tabela 5). Ribeiro et al. (1998) determinaram valores médios de DIVMS de 62,2; 57,1 e 55,9 % nos intervalos de 28, 42 e 56 dias para corte. Velásquez et al. (2010), no período de janeiro, conseguiram média de FDN de 68,33 e 69,59 para um intervalo de 28 dias e de 35 dias de rebrota.

Os intervalos de variação da Proteína Bruta (PB), no verão, época de chuva, no pasto irrigado e no sequeiro, foram, respectivamente, de 6,89 a 20,08 % (média de 11,7) e de 6,64 a 22,6%, com média de 10,2 (Tabela 6), com a altura variando de 17,4 a 51,2 cm e 14,4 a 36,4 cm, respectivamente (Tabela 6). Carnevalli et al. (2001) encontraram valores de PB dependentes da altura do tifton 85, revelando maior concentração de PB nas plantas de altura média em 5 cm, sem dependência de épocas (20%); média no intervalo de 10 a 20 cm de altura, 15%.

Na primavera, ainda sob a influência da seca, início do período de chuvas, no irrigado e no sequeiro, os intervalos de valores da PB foram, nesta ordem, de 6,25 a 23,55 % (média de 12,56) e 4,57 a 17,84 % (média de 7,84), com alturas 12,8 a 71 cm e 10 a 37,4 cm, respectivamente (Tabela 6). Velásquez et al. (2010), no

período de jan-mar, relataram média de 11,58% para 28 dias e 11,69% para um intervalo de 35 dias de rebrota. Na época das chuvas, Alvim et al. (1999) relataram que os teores de proteína bruta variaram de 7,2 a 21% com intervalos de 2 a 6 semanas, enquanto na época da seca variaram de 4,6 a 22,4%, com intervalos de 4 a 8 semanas, em experimento com adubação com dose anual de 600 kg ha⁻¹ de N.

Observou-se influência da altura, que, no irrigado e na época das chuvas bem estabelecidas, tiveram resultado que indicam que, quanto mais baixa a altura, maior o teor de PB, mas, na primavera, quando as chuvas ainda estavam se reestabelecendo, depois de um intervalo de seca prolongado (Figura 5), a falta da umidade afetou a altura das plantas e o teor de PB, rebaixando-os.

TABELA 6. Análise descritiva: máximos e mínimos; coeficiente de simetria e curtose dos atributos do tifton 85, no pasto irrigado e de sequeiro, no ciclo de pastagem de fevereiro-março e outubro-novembro. IFTM, 2010.

Variável	Pasto Irrigado							
	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov
	Mínimo		Máximo		Simetria*		Curtose**	
Altura	17,40	12,80	51,20	71,00	0,29	0,61	-1,00	-1,05
Disp. M.V.	4,80	8,92	61,60	56,00	1,70	0,68	4,13	-0,22
FDN	66,9	65,35	89,44	80,44	0,09	-0,57	-0,82	0,05
PB	6,89	6,25	20,08	23,55	0,93	0,60	0,47	0,41
DIVMS	38,64		75,18		0,42		-0,24	
	Pasto Sequeiro							
	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov	Fev-mar	Out-nov
	Mínimo		Máximo		Simetria*		Curtose**	
Altura	14,40	10,00	36,40	37,40	-0,21	1,00	-0,82	-0,34
Disp. M.V.	4,00	4,00	29,60	29,80	0,91	1,42	0,40	2,80
FDN	63,68	68,15	87,35	86,64	0,28	0,07	2,51	-0,34
PB	6,64	4,57	22,60	17,84	2,13	1,29	7,03	0,48
DIVMS	25,12		91,18		-0,66		3,26	

Valores (altura) da altura no ponto de inflexão do tifton 85, em cm, (Disp. M.V.) disponibilidade de matéria verde em mil kg ha⁻¹ (Mg ha⁻¹), (FDN) fibra em detergente neutro, (PB) proteína bruta e (DIVMS) digestibilidade *in vitro* da matéria seca em porcentagem. *Erro de 0,34 à esquerda ou direita. **Erro de 0,64 à direita ou esquerda. Resultados em porcentagem da 2ª MS.

O valor máximo do teor de PB no verão, no sistema de sequeiro, maior (12,5 %) que o do irrigado, tem uma explicação em Santos (2006) quando ele afirma que “a irrigação promove a aceleração do desenvolvimento da planta, acarretando a queda dos teores de proteína bruta”; outra explicação está na altura mínima da gramínea que no sequeiro foi de 14,4 cm contra 17,2 cm no irrigado já que, na época, a chuva colaborava com a manutenção da umidade (Tabela 6). Oliveira et al. (2000) trabalhando valor nutritivo do capim-tifton 85 em várias idades de rebrota, com uso de 75 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, encontraram teores de PB de 15,6 e 4,5% com 14 e 70 dias de crescimento, respectivamente. Os teores de FDN aumentaram com o avanço da idade de rebrota, até os 51 dias, época em que alcançou o valor máximo de 79,24% de FDN, observando-se que aos 21 dias estes valores já superavam 65%.

São relatados por Hill et al. (1993) e por Pedreira (1995), em suas pesquisas, 15% e 13% de PB, em 28 dias de rebrota, respectivamente. Alvim et al. (1996) encontraram teores de PB maiores para a época das chuvas (primavera e verão) variando entre 13 e 19%, em relação à época seca (outono e inverno) que apresentou variação entre 11 e 16% (CARNEVALLI, 2001).

As distribuições da PB no verão e no pasto de sequeiro da primavera foram transformadas pela função lognormal porque os valores dos coeficientes de simetria e curtose se situaram perto, e/ou acima de 1, para normalizar seus dados e submetê-los ao tratamento geoestatístico. Os valores negativos presentes na simetria acusam uma assimetria à esquerda. Os valores negativos na curtose indicam uma curva platicúrtica.

4.3.2. Análise geoestatística dos parâmetros do tifton 85

Na Tabela 7 observam-se os principais parâmetros da análise geoestatística das variáveis: altura no ponto de inflexão do tifton 85, fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB), analisadas no verão e na primavera, no sistema irrigado e no de sequeiro, e a digestibilidade in vitro (DIVMS), analisada no verão, nos dois sistemas, descritoras da produtividade e qualidade do capim tifton 85.

O alcance da dependência espacial (A_0 ou a) - raio de influência a partir do qual a variação acontece de modo aleatório - no verão, no pasto irrigado, pertenceu ao intervalo de 51,7 m (DIVMS) a 131,5 m (altura no ponto de inflexão). Na mesma época, no pasto não irrigado, a variação do alcance da dependência espacial se situou no intervalo de 49,8 m (FDN) a 75 m (PB). Na primavera, no pasto irrigado, o intervalo teve como valor mínimo 61,3 m (PB) e como máximo 164,8 m (ponto de Inflexão). No sequeiro, nesta época, a variação situou-se no intervalo de 44,1 m (ponto de inflexão) a 219 m (FDN). Estes intervalos validam as distâncias entre os pontos amostrais da rede utilizada no presente trabalho.

TABELA 7. Parâmetros do semivariograma, modelo esférico, de atributos do capim tifton 85. Pasto irrigado e sequeiro. Ciclo de pastagem fevereiro-março (E1) e outubro-novembro (E2). IFTM, 2010.

Variável	Pasto Irrigado									
	Alcance		C_0		$C_0/(C_0+C_1)$		R^2		RSS	
	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂
Altura	131,5	164,8	0,10	0,038	0,001	0,129	0,993	0,999	23,300	1,293
Disp. MV	114,5	87,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,852	0,980	6,360	4,215
FDN	62,0	85,3	0,01	4,410	0,001	0,164	0,800	0,936	12,800	0,762
PB	68,3	61,3	0,00	2,870	0,002	0,213	0,955	0,957	2,666	0,619
DIVMS	51,7		0,10		0,001		0,774		129,000	
	Pasto de Sequeiro									
	Alcance		C_0		$C_0/(C_0+C_1)$		R^2		RSS	
	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂	E ₁	E ₂
Altura	68,4	44,1	6,45	0,025	0,205	0,228	0,942	0,772	3,800	9,632
Disp. MV	53,7	51,1	0,01	0,000	0,000	0,001	0,740	0,909	37,500	3,630
FDN	49,8	219,0	3,03	3,04	0,236	0,142	0,975	0,989	0,075	1,260
PB	75,0	168,8	-	0,032	0,002	0,285	0,840	0,904	1,591	1,416
DIVMS	52,2		8,40		0,088		0,869		133,000	

Valores do (a) Alcance em m, (C_0) efeito pepita, ($C_0/(C_0+C_1)$) relação entre o efeito pepita e o patamar, (R^2) coeficiente de ajuste do modelo e (RSS) soma dos quadrados dos resíduos; (altura) altura no ponto de inflexão do tifton 85, (disp. MV) disponibilidade de matéria verde, (FDN) fibra em detergente neutro, p(PB) roteína bruta e (DIVMS) digestibilidade in vitro da matéria seca.

A relação $C_0/(C_0+C_1)$, que indica o grau de dependência espacial em todos os quesitos, épocas e sistema de manejo, foi, com exceção da dependência da PB, no

ciclo da primavera, no sistema de sequeiro, sempre menor que 0,25 (25%), denotando forte dependência espacial. A relação de dependência da PB, no sequeiro, primavera, foi classificada como moderada (0,285).

O R^2 que mostra a adequação ao modelo do semivariograma experimental esteve situado no intervalo de 0,740 a 0,999. Os semivariogramas serviram de base para a krigagem e o mapeamento destas características.

Nos mapas, Figura 45 e subsequentes, veem-se os resultados da variabilidade, no pasto irrigado e sequeiro, no verão e primavera, nos quais observam-se localmente as distribuições das variáveis analisadas, facilitando a localização dos lugares de maior ou menor concentração dos seus teores. Observa-se que, embora cada mapa represente a situação do pasto num único instante, na realidade, ele está representando as condições que o gado leiteiro encontrou em cada piquete em épocas sequenciais.

No verão a coleta dos dados foi feita de 3 em 3 dias e a ocupação e consequente coleta, que começou no quinto piquete, se estendeu por 21 dias. A mesma sequência, na primavera, teve a duração de 35 dias. Portanto, os mapas expressam as propriedades do pasto, como se o pastejo se desse num único dia, representando, como uma montagem ou mosaico, as condições que o gado encontrou para pastejo, em cada piquete, na lotação rotacionada, durante um ciclo de pastagem.

Na Figura 45 são apresentados os mapas da distribuição da PB (%), da altura no ponto de inflexão (cm), da FDN (%) e da disponibilidade da matéria verde (mil kg ha⁻¹) do pasto irrigado de tifton 85. A linha de cota com espessura maior dos mapas destaca as situações de menores valores da PB, da altura no ponto de inflexão, da disponibilidade de M.V. e, no mapa da FDN, destaca a região de maiores valores no sistema irrigado, ciclo de pastagem fev-mar. Assim, no mapa da PB (média igual a 11,7%), foi marcada a linha de valor 11 para destacar as regiões que se apresentaram com valores menores e maiores, que este teor; no mapa da altura no ponto de inflexão (média igual a 32,7 cm), a linha mais espessa separa a região com valores menores daquelas com valores maiores que 33 cm de altura; no mapa da disponibilidade de M.V. (média 18,43 mil kg ha⁻¹), com espessura maior, foi marcada a linha que separa a região com valores menores dos com valores maiores

que 19 mil kg ha⁻¹. No caso da FDN (média igual 78,9%), os valores maiores são relacionados à baixa qualidade da gramínea, por isto a linha com espessura maior separa a região cujos valores estão acima de 81% da M.S, daqueles que estão abaixo deste valor.

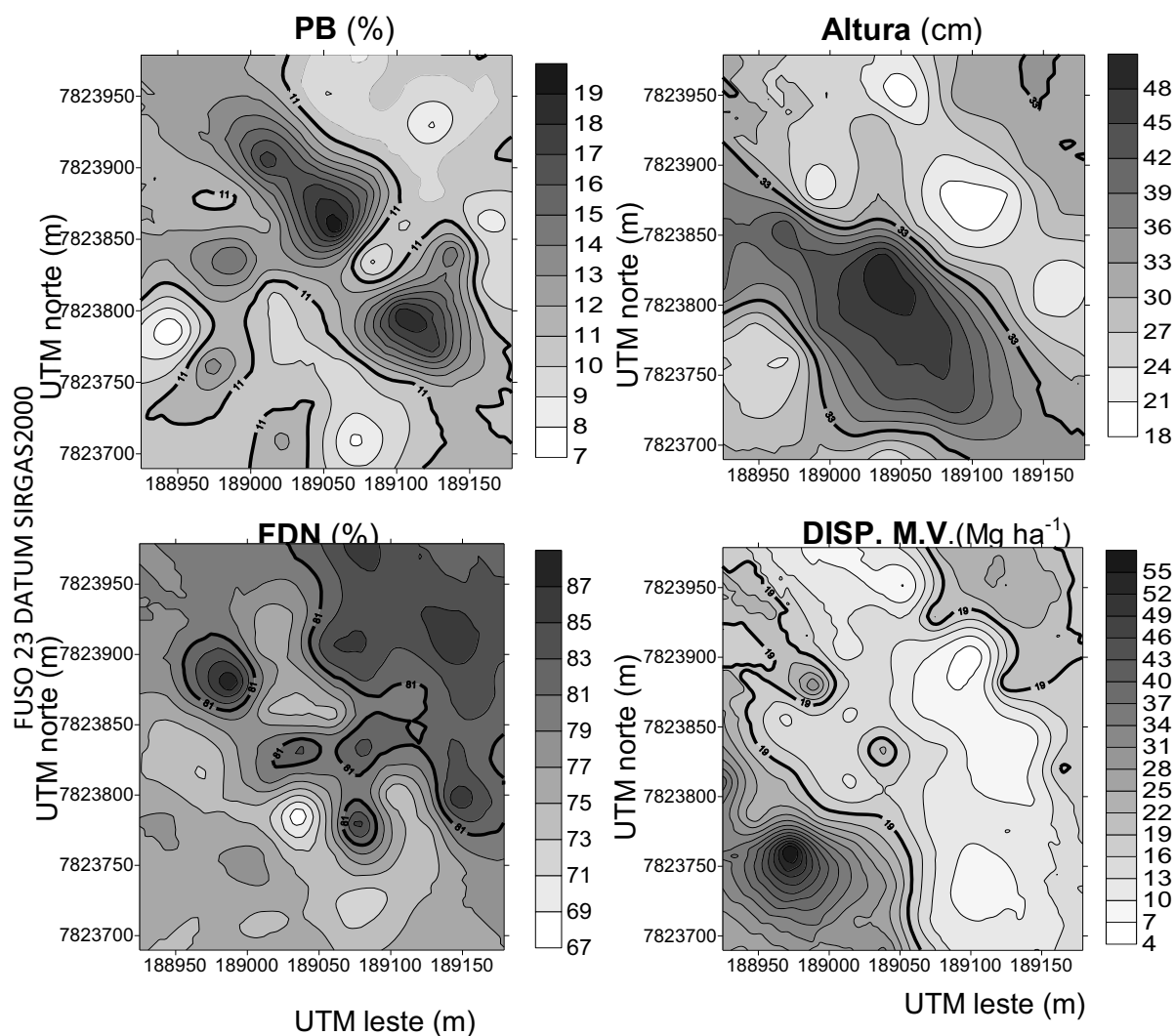


FIGURA 45. Mapas de isolinhas das variáveis: PB (%), altura no ponto de inflexão (cm), FDN (%) e disponibilidade de matéria verde (Disp .M.V.) do pasto irrigado (mil kg ha⁻¹), no ciclo de pastagem de fevereiro-março, 2010.

Nota-se que em região que a altura do capim no ponto de inflexão foi menor que 28 cm, a disponibilidade de M.V foi menor que 19 mil kg ha⁻¹. Em região em que a PB apresentou valores inferiores a 11 %, a FDN apresentava-se com valores superiores a 81%.

Nas sub-regiões do mapa em que o fósforo (Figura 46) encontrava-se com valores abaixo de 12 mg dm^{-3} , a altura no ponto de inflexão esteve com valores abaixo de 24 cm e 15 mil kg ha^{-1} , na altura no ponto de inflexão e disponibilidade de M.V., respectivamente. Nesta região, há uma sub-região em que o V% tem valores abaixo de 34% e o pH está abaixo de 4,8, nela a altura no ponto de inflexão tem valores inferiores a 24 cm e a disponibilidade de M.V. apresenta-se com valores inferiores a 13 mil kg ha^{-1} .

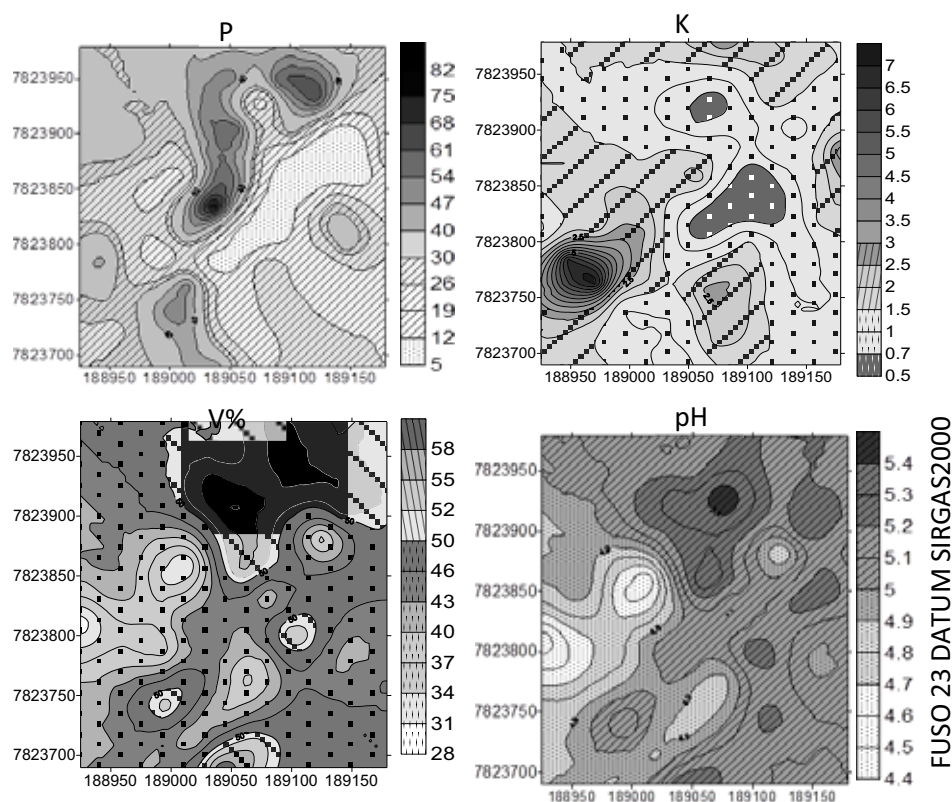


FIGURA 46. Mapas do fósforo (P) em mg dm^{-3} , do potássio (K) em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, da saturação por bases (V%) e do pH, no pasto irrigado, no ciclo de fevereiro-março, profundidade de 0 a 20 cm. Níveis de fertilidade: área com nível muito baixo (K), baixo, e em nível médio (hachuras). Valores dos eixos em UTM (norte e leste) em metros.

Na região na qual o mapa do K apresentou valores menores que $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, a altura no ponto de inflexão esteve abaixo de 34 cm e os valores da disponibilidade de M.V. se situaram abaixo de 25 mil kg ha^{-1} , com predominância de 15 mil kg dm^{-3} . Na região de maior disponibilidade de potássio, próximo a $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, a disponibilidade de M.V. apresentou os seus maiores valores (37 a

55 mil kg ha⁻¹) e os valores da FDN variaram no intervalo de 75 a 77%, ficando a PB no intervalo de 10 a 13% (Figuras 45 e 46).

No mapa da matéria orgânica, no pasto irrigado, no ciclo de coleta de fev-mar, Figura 47, há coincidência da região com valores menores que 20 g dm⁻³ e os menores valores da disponibilidade da M.V. (abaixo de 25 mil kg dm⁻³) e menores valores de DIVMS (valores menores que 50%).

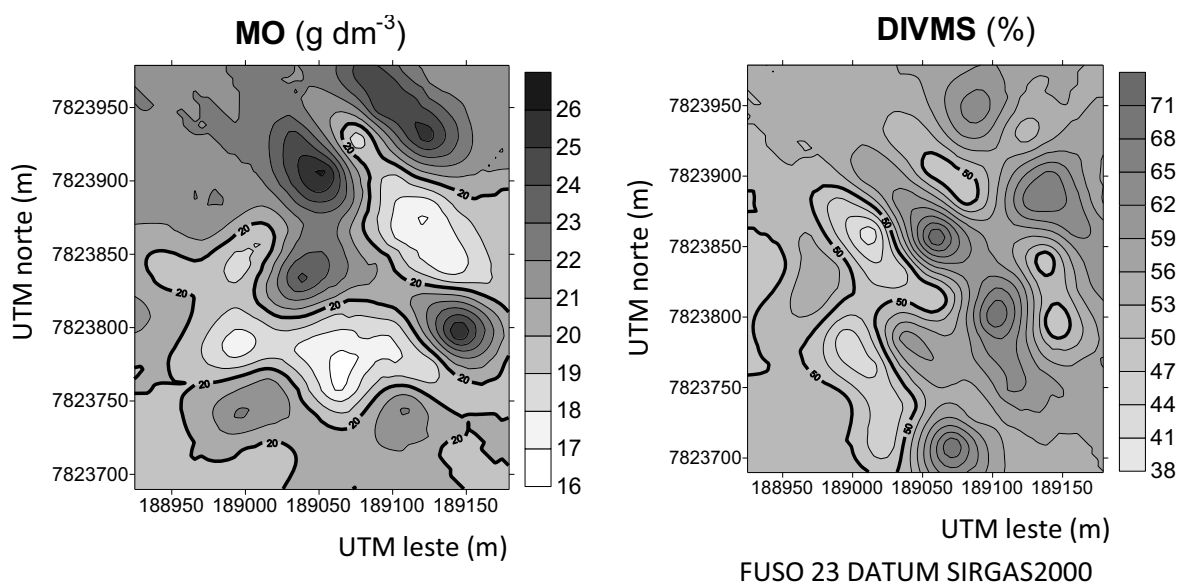


FIGURA 47. Mapas de isolinhas da matéria orgânica (g dm⁻³) e digestibilidade in vitro da M.S. (%), no pasto irrigado de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, 2010. IFTM, 2010.

Na Figura 48 são apresentados os mapas da distribuição da PB (%), da altura no ponto de inflexão (cm), da FDN (%) e da disponibilidade da matéria verde (mil kg ha⁻¹) do pasto de sequeiro de tifton 85. A linha de cota mais espessa dos mapas destaca as situações de menores e maiores valores da PB, da altura no ponto de inflexão, da disponibilidade de M.V. e no mapa da FDN, destaca a região de maiores valores no sistema sequeiro, ciclo de pastagem fev-mar. Assim, no mapa da PB (média igual a 10,2%) foi marcada a linha de valor 9 para destacar as regiões que se apresentaram com valores menores que 9%, no mapa da altura no ponto de inflexão (média igual a 25,4 cm), a linha mais espessa separa a região com valores menores que 23 cm de altura, no mapa da disponibilidade de M. V. (média 12,33 mil kg ha⁻¹), em espessura maior, foi marcada a linha que separa a região com valores menores que 13 mil kg ha⁻¹.

No caso da FDN (média igual 75,5 %), os valores maiores são relacionados à baixa qualidade da gramínea, por isto a linha de espessura maior separa a região cujos valores estão acima de 76% da M.S.

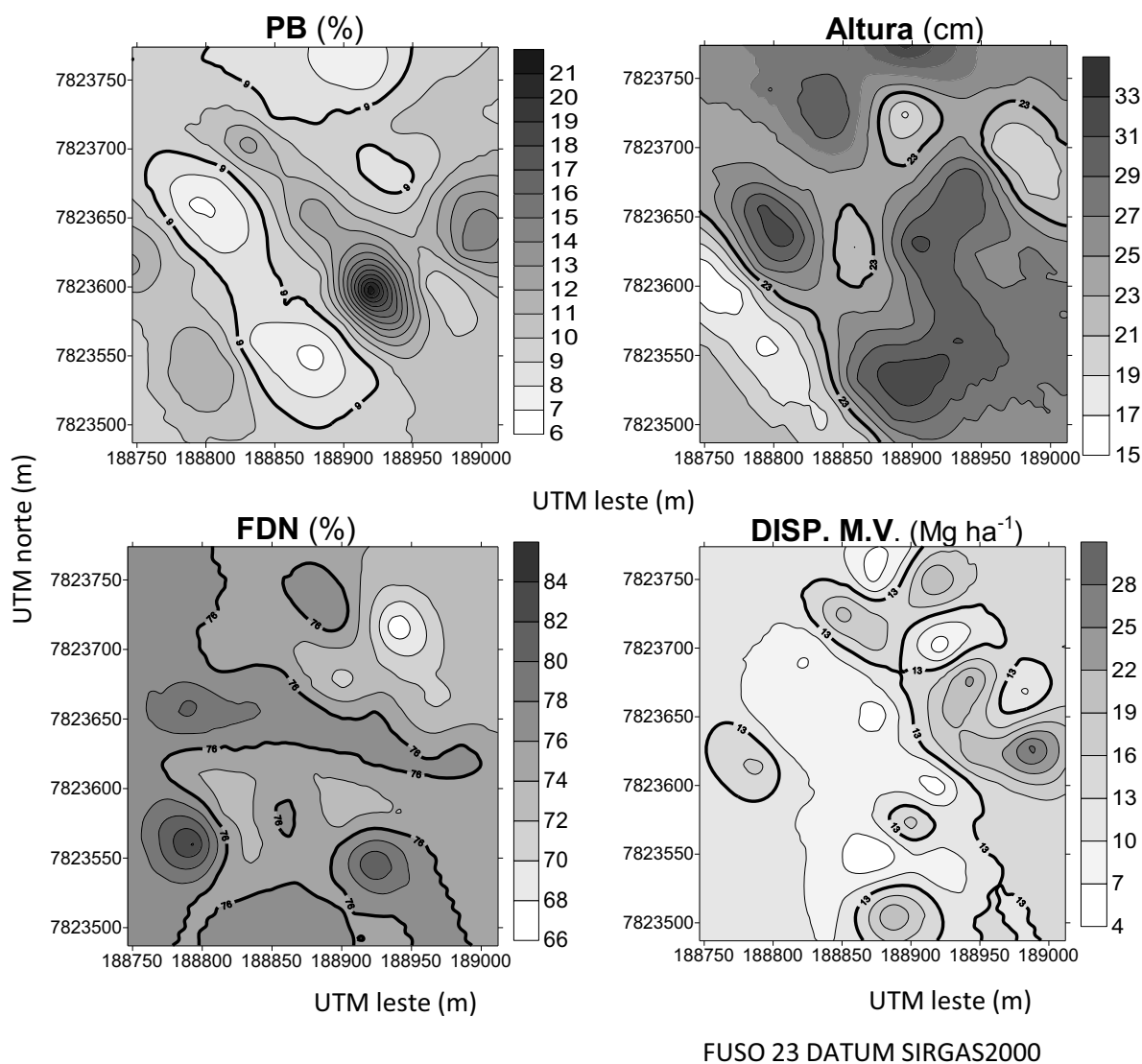


FIGURA 48. Mapas da PB (%), altura no ponto de inflexão (cm), FDN (%) e disponibilidade de matéria verde (M.V.) do pasto seco em mil kg ha⁻¹, ciclo de pastagem de fevereiro-março, 2010.

Nota-se que em região que a altura do capim no ponto de inflexão foi menor que 23 cm, a disponibilidade de M.V foi menor que 13 mil kg ha⁻¹. Em região em que a PB apresentou valores inferiores a 9 %, a disponibilidade da M.V. apresentava-se

com valores inferiores a 13 mil kg ha⁻¹ e em locais em que a PB apresentou os maiores teores (maior que 12%), os valores da FDN se situaram abaixo de 76%.

No mapa do fósforo (Figura 49), as regiões nas quais os teores de P são maiores que 30, coincidem com regiões em que a PB se apresentou no intervalo de 10 a 11% e, nas regiões nas quais o P apresentou os menores teores, menores que 12 mg dm⁻³, a PB ora esteve abaixo de 9%, ora abaixo de 11%, a altura no ponto de inflexão que no sequeiro esteve bem abaixo do que as alturas no irrigado, na mesma época, se apresentou menor que 21 cm e, em outras regiões, menor que 17 cm, enquanto a disponibilidade de M. V. apresentou valores inferiores a 16 mil kg ha⁻¹ (Figura 48).

O potássio apresentou-se sempre abaixo de 4 mmol_c dm⁻³. Nas regiões em que o K apresentou teores maiores, próximos de 4 (Figura 49), a altura no ponto de inflexão variou no intervalo de 23 a 25 cm, a disponibilidade de matéria verde apresentou valores de 13 a 16 mil kg ha⁻¹, a FDN apresentou valores inferiores a 72% e a PB variou no intervalo de 10 a 12%. Nos locais em que o potássio foi considerado como deficiente na distribuição, os níveis abaixo de 1,5 mmol_c dm⁻³, a disponibilidade de M.V. apresentou valores abaixo de 13 mil kg ha⁻¹, a altura no ponto de inflexão variou de 23 a 27 cm, a FDN, 74 a 76% e a PB de 11 a 13%.

Nas duas pequenas regiões em que o V% esteve adequado à cultura do tifton 85, em uma delas, o K estava deficiente e na outra em nível médio, no entanto, os parâmetros da gramínea não se diferenciaram, com exceção da FDN, que na região com deficiência de potássio variou no intervalo de 76 a 78%, enquanto que na outra região apresentou o teor de 74 a 76%. Os outros parâmetros assim se apresentaram: os teores de PB, de 8 a 9 %, a altura no ponto de inflexão, de 23 a 25 cm, a disponibilidade de M.V., de 7 a 13 mil kg ha⁻¹.

Na região em que o pH esteve mais adequado, 5,5 a 5,6, o que coincidiu com o V% médio, a proteína bruta variou no intervalo de 10 a 12%, o ponto de inflexão esteve abaixo de 19 cm, a FDN se situou no intervalo de 76 a 78 (%) e a disponibilidade da M.V. de 13 a 19 mil kg ha⁻¹. A análise da influência do V% e a do pH são semelhantes, pois existe uma relação entre os dois atributos e seus mapas apresentam as mesmas características.

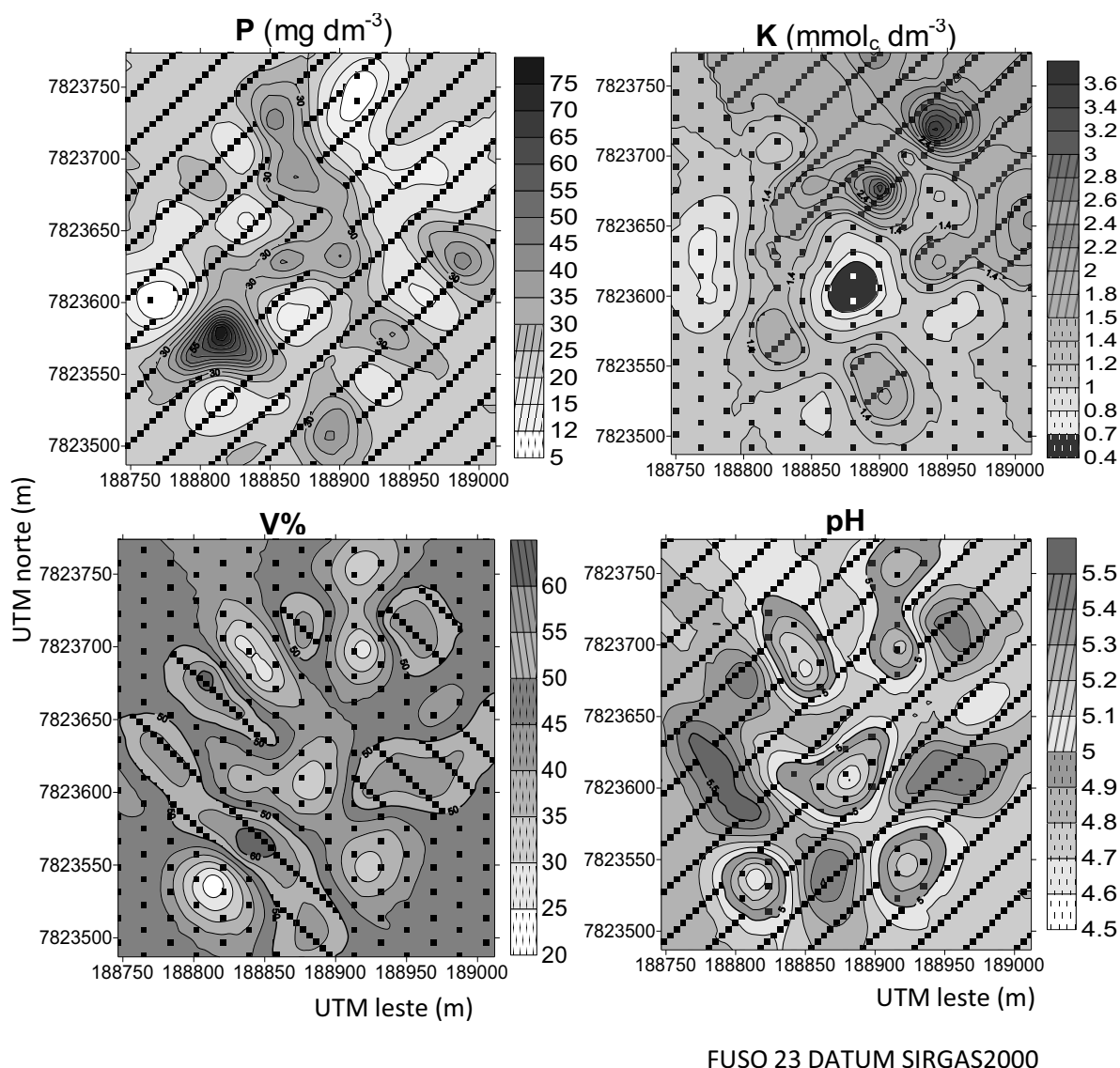


FIGURA 49. Mapas de isolinhas das distribuições do fósforo (P) em mg dm^{-3} , do potássio (K) em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, da saturação por bases (V%) e do pH, no pasto seco, no ciclo de fevereiro-março, na profundidade de 0 a 20 cm. Níveis de fertilidade: muito baixo (no K), baixo e em hachuras (nível médio). Valores dos eixos em UTM em metros. IFTM, 2010.

Na região com teores de MO acima de 18 g dm^{-3} , estiveram os maiores teores de PB, os menores de FDN e os maiores valores da altura no ponto de inflexão e de disponibilidade de M.V. (Figura 50).

No mapa das porcentagens de DIVMS, os maiores valores coincidem com as áreas em que os valores do V%, do pH, do K e do P estão em nível médio ou bom. Área em que os teores do P são menores que 12 mg dm^{-3} , corresponde, no mapa da

DIVMS, aos menores valores (Figura 50). Região em que o K apresenta teores menores que 1, a DIVMS apresenta valores inferiores a 50%.

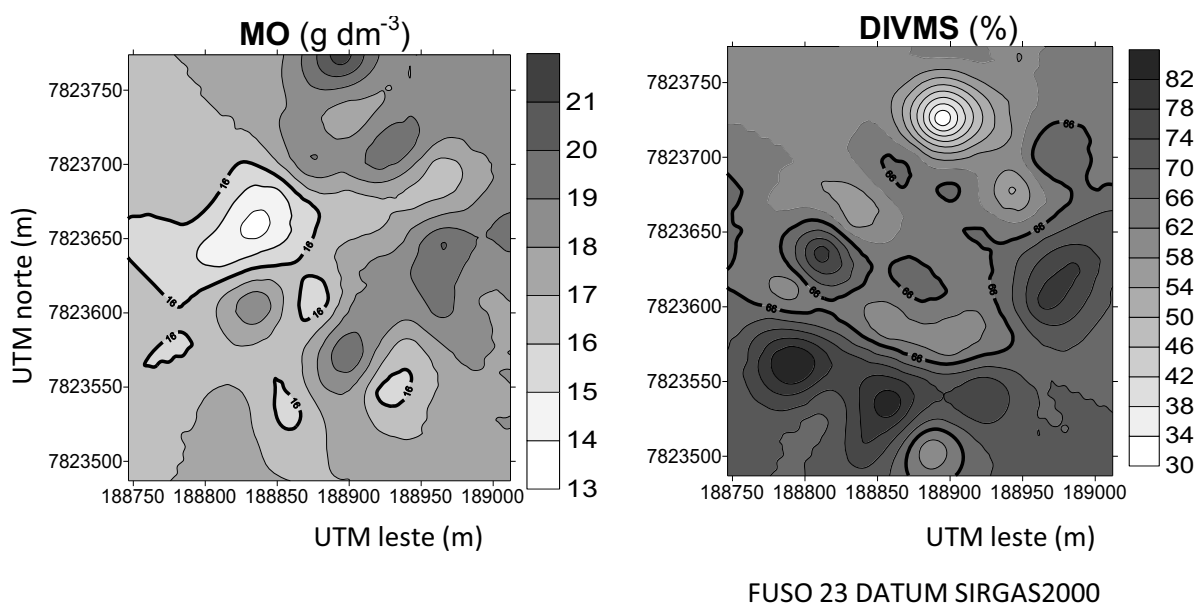


FIGURA 50. Matéria orgânica (g dm^{-3}) e digestibilidade *in vitro* da M.S.(%), no pasto sequeiro de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, 2010. IFTM, 2010.

Na Figura 51 são apresentados os mapas da distribuição da PB (%), da altura no ponto de inflexão (cm), da FDN (%) e da disponibilidade da matéria verde (mil kg ha^{-1}) do pasto de irrigado de tifton 85. A linha de cota em negrito dos mapas destaca as situações de menores valores da PB, da altura no ponto de inflexão, da disponibilidade de M.V. e da FDN, ciclo de pastagem out-nov. Assim, no mapa da PB (média igual a 12,56%) foi marcada a linha de valor 12 (%), no mapa da altura no ponto de inflexão (média igual a 35,1 cm), a linha destacada separa a região com valores menores que 30 cm de altura, no mapa da disponibilidade de M. V. (média 26,63 mil kg ha^{-1}), foi marcada em negrito, a linha que separa a região com valores menores que 25 mil kg ha^{-1} . No caso da FDN (média igual 74,3 %), a linha mais espessa separa a região cujos valores estão abaixo de 74% da M.S.

Observa-se na Figura 51 a contraposição dos mapas da PB e FDN. Na região em que a FDN apresentou teores menores que 74%, a PB apresentou teores maiores que 14%. Os teores de PB abaixo de 12% se situaram em regiões de FDN acima de 75%.

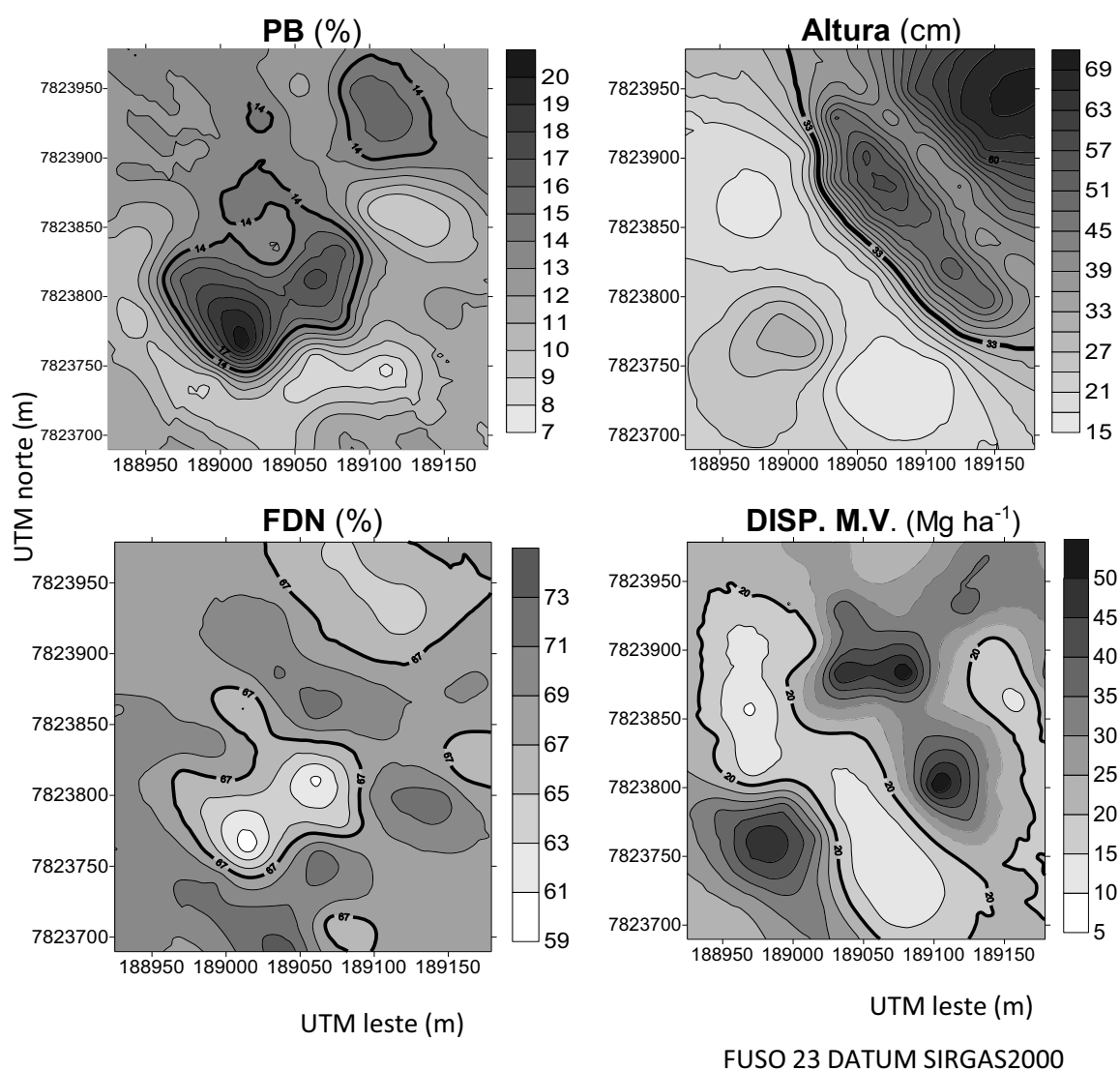


FIGURA 51. Mapas de isolinhas da distribuição da altura no ponto de inflexão (cm), proteína bruta (%), disponibilidade de matéria verde (mil kg ha⁻¹) e FDN da forrageira (%), no pasto irrigado de tifton 85, ciclo de pastagem de outubro -novembro, 2010.

Nas regiões em que a altura no ponto de inflexão apresentou-se com valores abaixo de 21 cm, a matéria verde disponível apresentou-se com valores menores que 20 mil kg ha⁻¹, enquanto nas regiões em que as alturas apresentaram valores superiores a 25 cm, a disponibilidade de M.V. apresentou-se com valores acima de 25 mil kg ha⁻¹.

Região em que a altura no ponto de inflexão variou no intervalo de 15 a 21 cm, a PB apresentou com teores maiores que 15% e a FDN com teores menores que 72%. Região em que a altura no ponto de inflexão apresentou valores maiores que 45 cm, a disponibilidade de M.V. apresentou valores maiores que 35 mil kg ha⁻¹. A região com alturas no ponto de inflexão maiores que 30 cm apresentou a disponibilidade de M.V. com valores acima de 25 mil kg ha⁻¹ e FDN acima de 75% (Figura 51).

Região de maior pH (5,3 a 5,5), maior V% (55 a 61%) e maiores teores do potássio (5,5 a 7,5 mmol_c dm⁻³), mapas da Figura 52, determinou região de maior disponibilidade de matéria verde (maior que 40 mil kg ha⁻¹) e maior altura no ponto de inflexão da forrageira (valores maiores que 45 cm), conforme Figura 51.

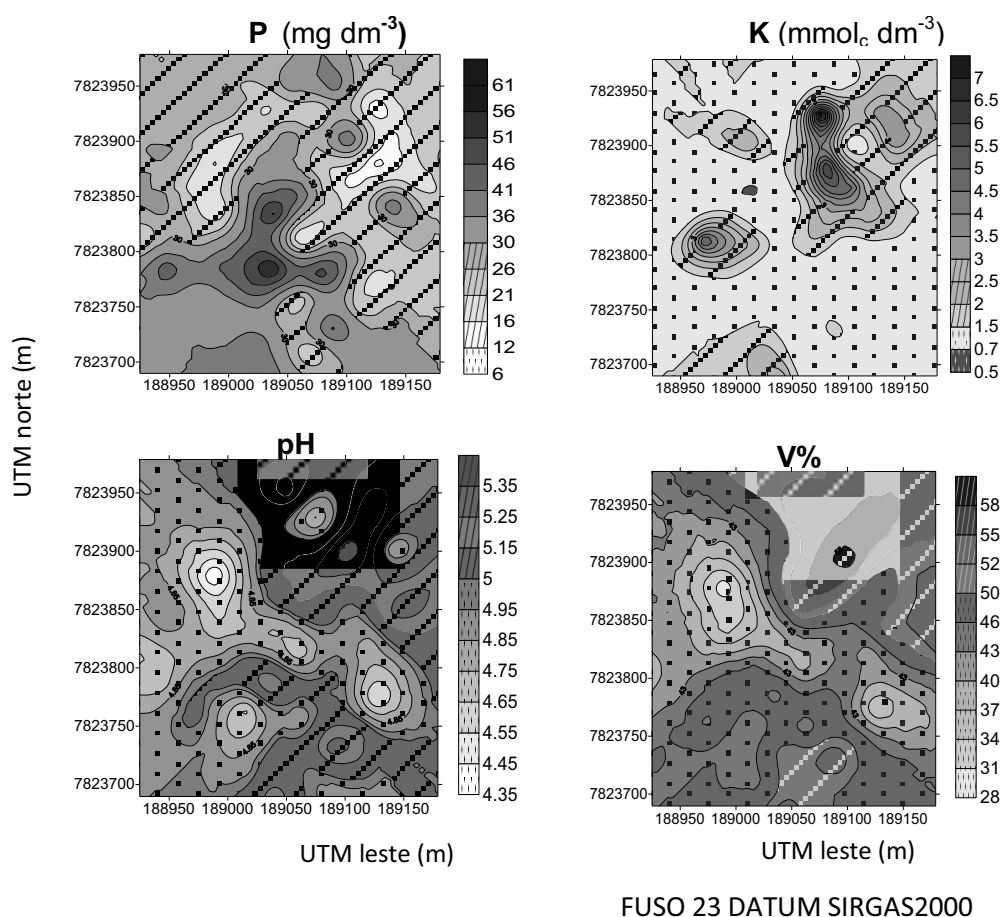


FIGURA 52. Mapas de isolinhas das distribuições do fósforo (P) em mg dm⁻³, do potássio (K) em mmol_c dm⁻³, do pH e da saturação por bases (V%), no pasto irrigado, no ciclo de outubro-novembro, IFTM, 2010.

Nas regiões em que o pH é baixo (menor que 4,7) e o V% (abaixo de 46%), a altura no ponto de inflexão apresentou valores abaixo de 21 cm e a disponibilidade da M.V. apresentou valores abaixo de 15 mil kg ha⁻¹.

Na Figura 53, em quatro regiões, a MO apresentou-se com seus teores abaixo de 18 g dm⁻³. Nestas regiões, não foi possível encontrar um resultado que, pela semelhança, pudesse embasar parecer sobre sua influência no pasto sobre a forrageira. Nas regiões em que a MO apresentou-se com teores maiores que 21 g dm⁻³, predominaram alturas no ponto de inflexão no intervalo de 15 a 30 cm, numa situação em que o intervalo de variação, no sistema e na época, variou de 12,8 a 71,0 cm, com média de 35,1 cm e mediana de 31,8 cm.

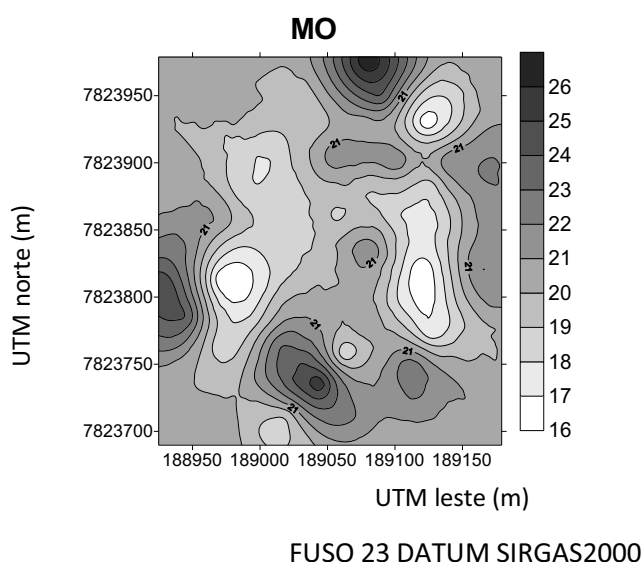


FIGURA 53. Mapa de isolinhas da distribuição da matéria orgânica (g dm⁻³), no pasto irrigado de tifton 85, no ciclo de pastagem, fev-mar, IFTM, 2010.

Na Figura 54, estão os mapas dos parâmetros analisados da forrageira tifton 85, no pasto de sistema de sequeiro, no ciclo outubro-novembro: FDN, PB, altura no ponto de inflexão e disponibilidade da forragem em matéria verde e em seguida, na Figura 56, os mapas do P, K, V% e pH com níveis de fertilidade, nos quais o nível de fertilidade médio está sendo marcado por hachuras.

No mapa da PB (média igual a 7,8), a cota de espessura com destaque marca a região com teores menores que 6%; no mapa da altura no ponto de inflexão (média igual a 18,8), a cota mais espessa delimita a região em que a altura era de

14 cm; no mapa da FDN (média igual a 76,8%), a cota que marca 76% está diferenciada e no mapa da disponibilidade de M.V. (média de 10,9 mil kg ha⁻¹), com espessura maior, está marcada a cota 10 mil kg ha⁻¹ (Figura 54).

Observa-se que o mapa da FDN e o mapa da PB se contrapõem. Na região em que a FDN está acima de 76%, a PB está abaixo de 7%. Em região na qual a FDN fica abaixo de 72% tem-se a região em que os teores de PB são os mais altos (maiores que 9%). Em região de teor de FDN abaixo de 73%, os teores de PB ficam no intervalo de 9 a 12% (Figura 54).

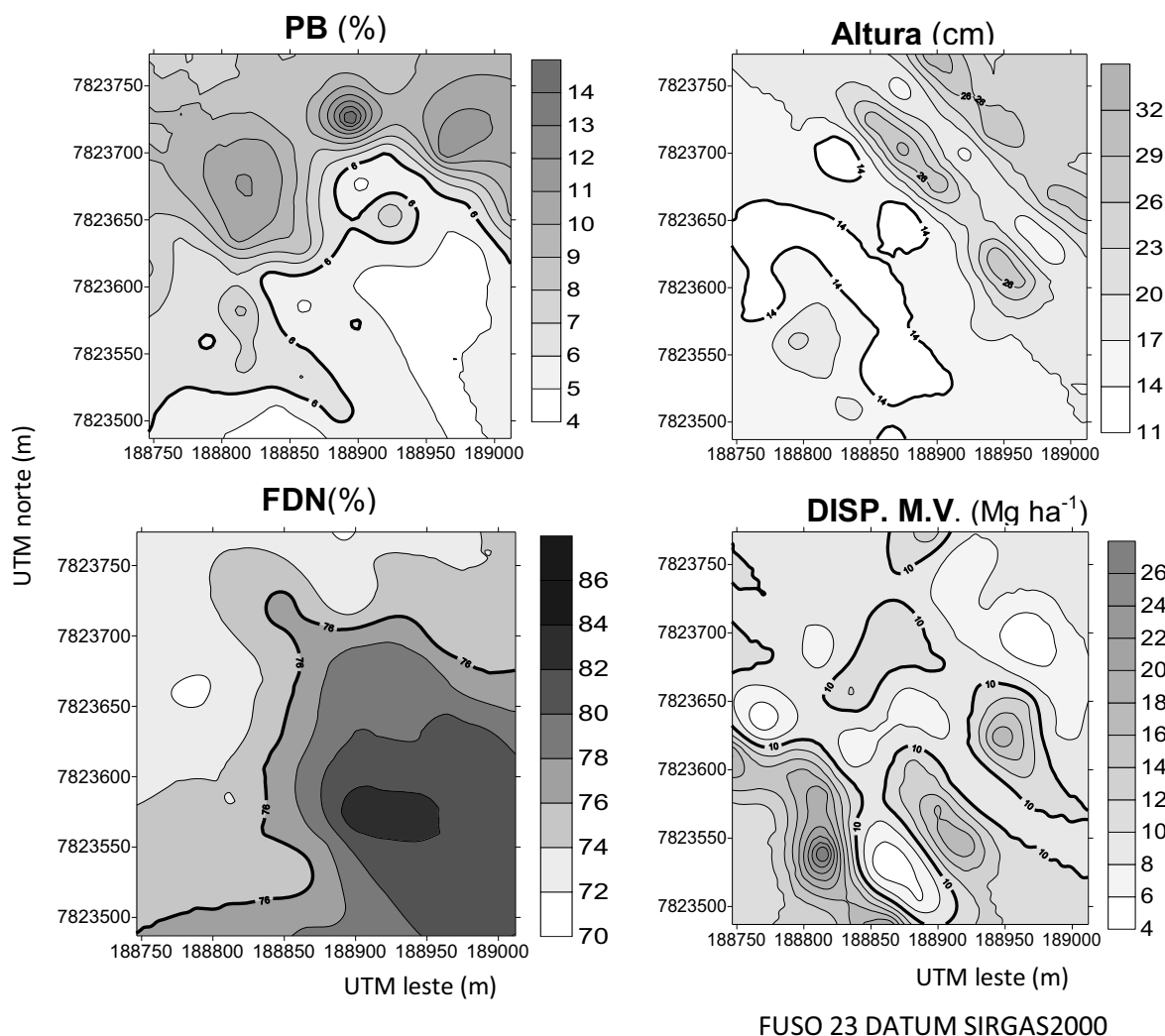


FIGURA 54. Mapas de isolinhas das distribuições da altura no ponto de inflexão (cm), proteína bruta (%), disponibilidade de matéria verde (mil kg ha⁻¹) e FDN da forrageira (%), no pasto de sequeiro de tifton 85, no ciclo de pastagem de outubro-novembro, IFTM, 2010.

Em região em que a altura no ponto de inflexão ficou abaixo de 14 cm, a disponibilidade de M.V. apresentou intervalos de 4 a 10 mil kg ha⁻¹. Observam-se coincidências entre as áreas de cotas mais altas de relevo do terreno na área de sequeiro com a distribuição de menores teores da FDN e maiores da proteína bruta (Figuras 54 e 55). Há similaridades entre os mapas dos teores da PB e a altitude do irrigado, como se vê na Figura 56: teores baixos da PB, para altitudes menores e o contrário acontece em relação à FDN.

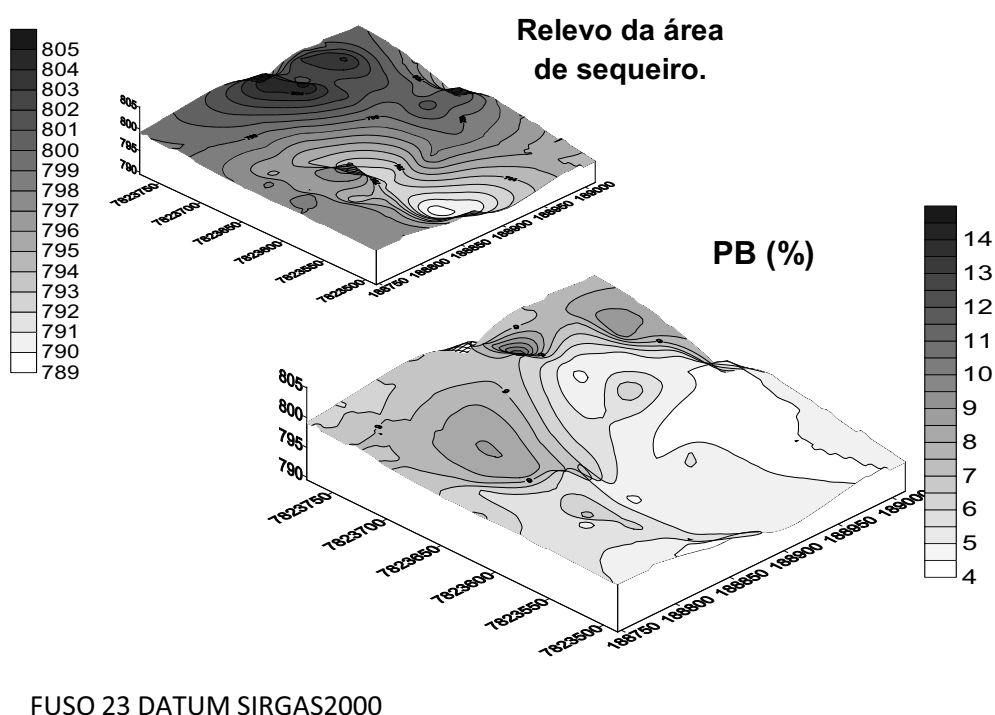


FIGURA 55. Mapa topográfico da área do pasto de tifton 85, sistema de sequeiro e sobreposto ao relevo, o mapa da proteína bruta (PB) em outubro-novembro, 2010. Mapas com eixos em coordenadas UTM em metros.

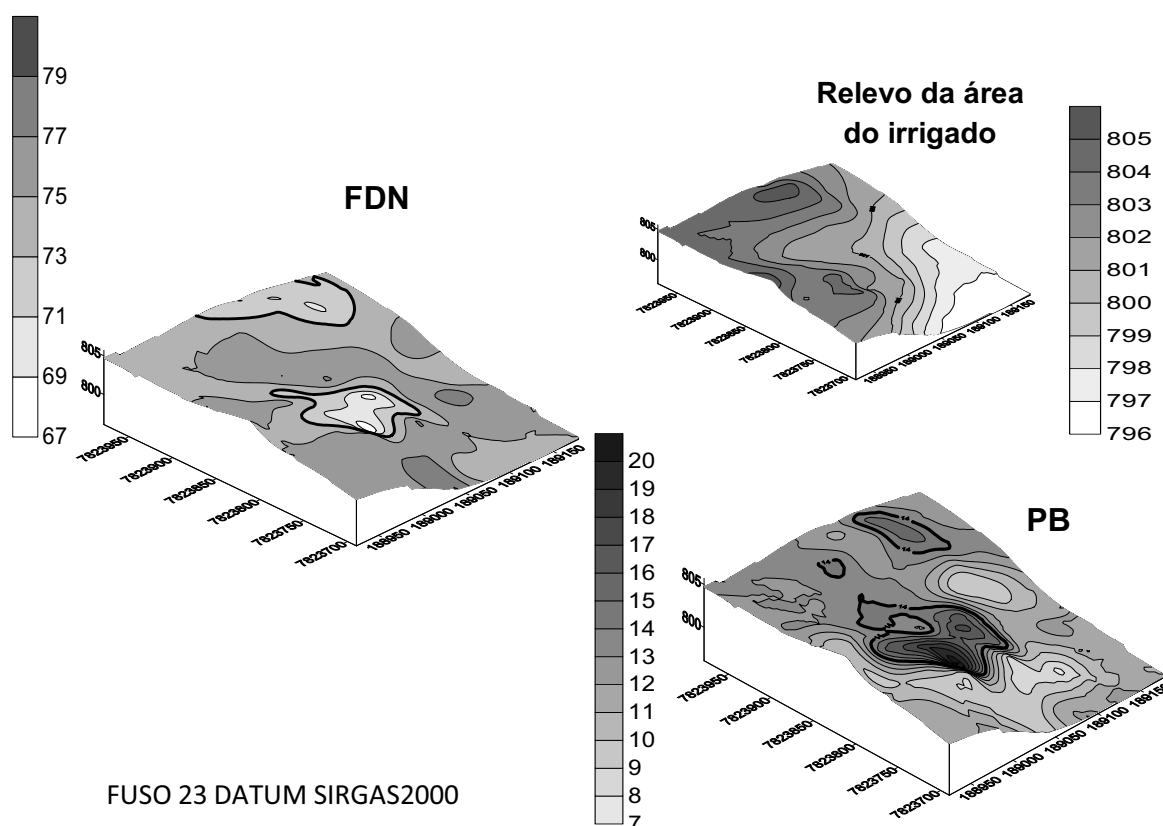


FIGURA 56. Mapa topográfico da área do pasto irrigado de tifton 85 e, sobreposto ao relevo, o mapa da FDN e o da proteína bruta, em outubro-novembro, 2010. Eixos em coordenados UTM em metros.

A baixa altura no ponto de inflexão (menor que 20 cm), no pasto de sequeiro, no ciclo de outubro-novembro, coincidiu com a região em que o V% estava com valores abaixo de 42%, a MO com teores inferiores a 16 g dm^{-3} e o pH abaixo de 4,8. Na região em que o P apresentou teores abaixo de 16 mg dm^{-3} , a altura no ponto de inflexão teve valores menores que 17 cm e em regiões em que o potássio teve teores menores que $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, a altura ficou abaixo de 14 cm ou abaixo de 17 cm.

Existe relação entre o mapa da altura no ponto de inflexão e o de matéria verde disponível, com exceção de uma sub-região no canto direito superior do mapa, em que a altura apresentou variação de 23 a 35 cm (as maiores do pasto, na época) e a disponibilidade de matéria verde se apresentou com teores baixos, os

menores teores, em relação à época e local (4 a 10 mil kg ha⁻¹). Esta situação pode ser explicada pelos valores baixos da saturação de bases no local e a alta acidez, conforme a Figura 57. Pode-se notar, também, relação entre a disponibilidade de M.V. e a FDN: na maioria das sub-regiões, determinadas pelos maiores ou menores valores da distribuição do atributo, nos locais em que a disponibilidade de M.V. foi alta, os teores de FDN também o foram.

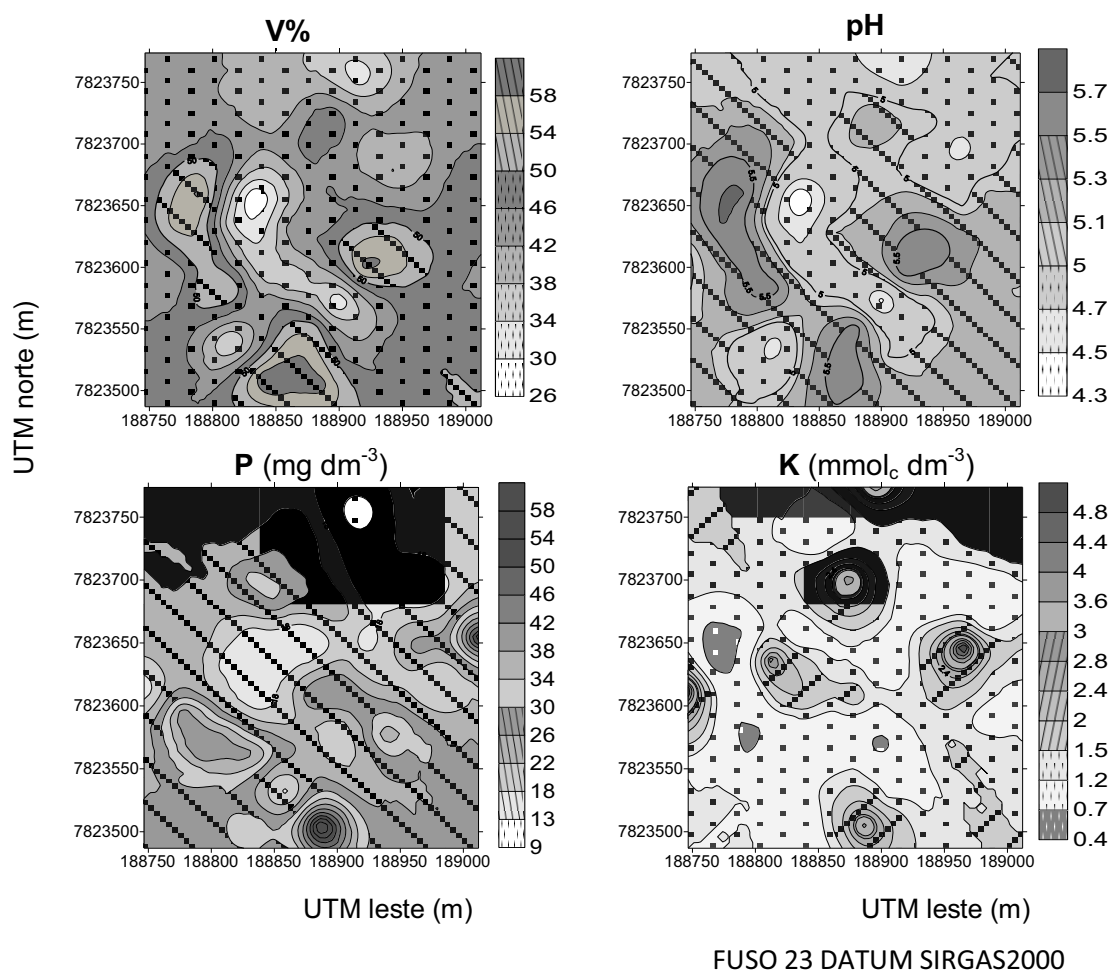


FIGURA 57. Mapas de isolinhas das distribuições do V%, do pH, do P e do K, solo do pasto de sequeiro, em outubro-novembro, IFTM, 2010.

No entanto, o padrão dos mapas não é evidente: as regiões com teores medianos oscilam entre maiores ou menores teores correspondentes, o que dificulta a análise e dificultam a localização ou identificação de padrões nas relações entre os nutrientes e mesmo entre os parâmetros analisados do capim tifton 85,

principalmente nos locais em que não foram atendidas as necessidades mínimas da forrageira.

4. 3.2.1 Considerações sobre os padrões encontrados

Em algumas situações, como nas relações positivas encontradas entre o pH e o V%, não só no sequeiro, no ciclo de outubro-novembro, mas em todas as situações analisadas, os mapas apresentaram padrão semelhante o que evidenciou a correspondência entre ambos, e que foi traduzido nas formas semelhantes das subáreas que marcaram as diferentes concentrações dos atributos, como na Figura 58.

A semelhança não deixa dúvidas quanto à relação existente entre os dois elementos.

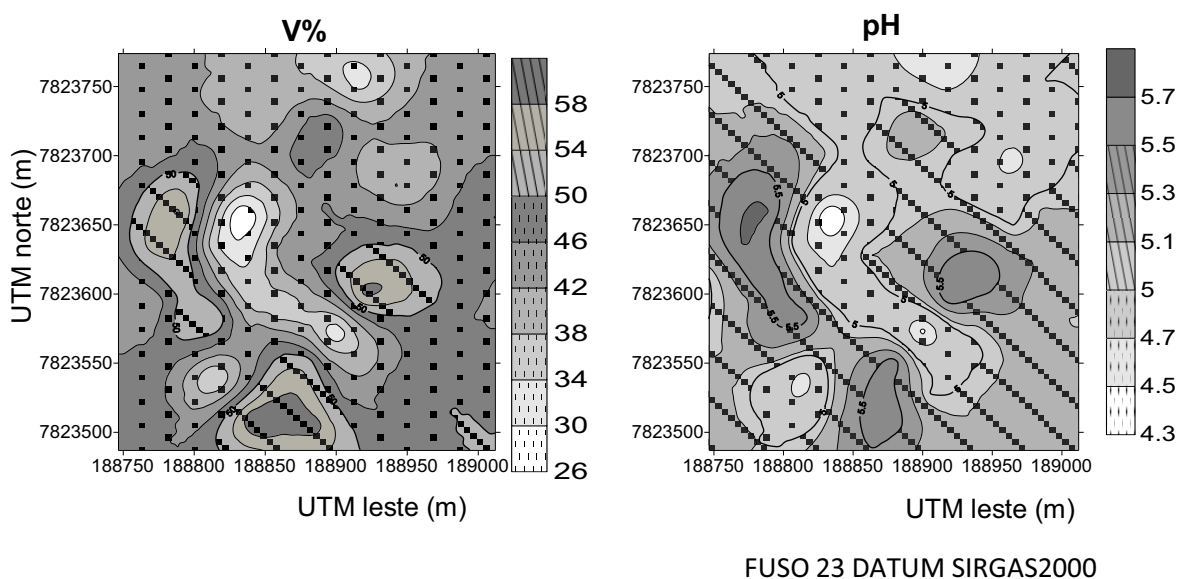


FIGURA 58. Padrão de distribuição do pH e V% com evidente correspondência entre os dois mapas de isolinhas, no pasto de sequeiro, no ciclo de coleta em outubro-novembro, 2010.

Em outras situações, como no caso da relação entre a altura no ponto de inflexão e a disponibilidade da matéria verde (Figura 59), como aconteceu no pasto irrigado, ciclo outubro-novembro, as semelhanças entre os padrões de organização das sub-regiões ficaram evidentes em partes do mapa.

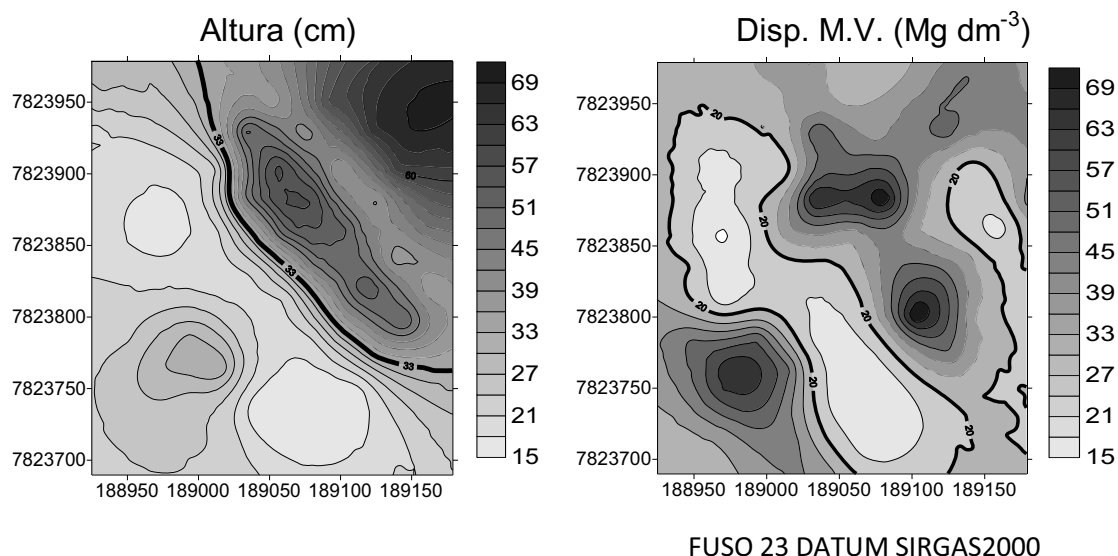


FIGURA 59. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da altura no ponto de inflexão e da disponibilidade de matéria verde, no pasto irrigado, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010. Eixos em UTM em metros.

Na Figura 60, a relação entre os mapas é negativa. Às subáreas de cor escura se contrapõem, no outro mapa, subáreas de cores claras, mas o padrão fica bem nítido em algumas sub-regiões e, em outras, mais disperso. Isto se dá principalmente em sub-regiões de teores que não são extremos, isto é, não são os maiores, nem os menores teores da variável.

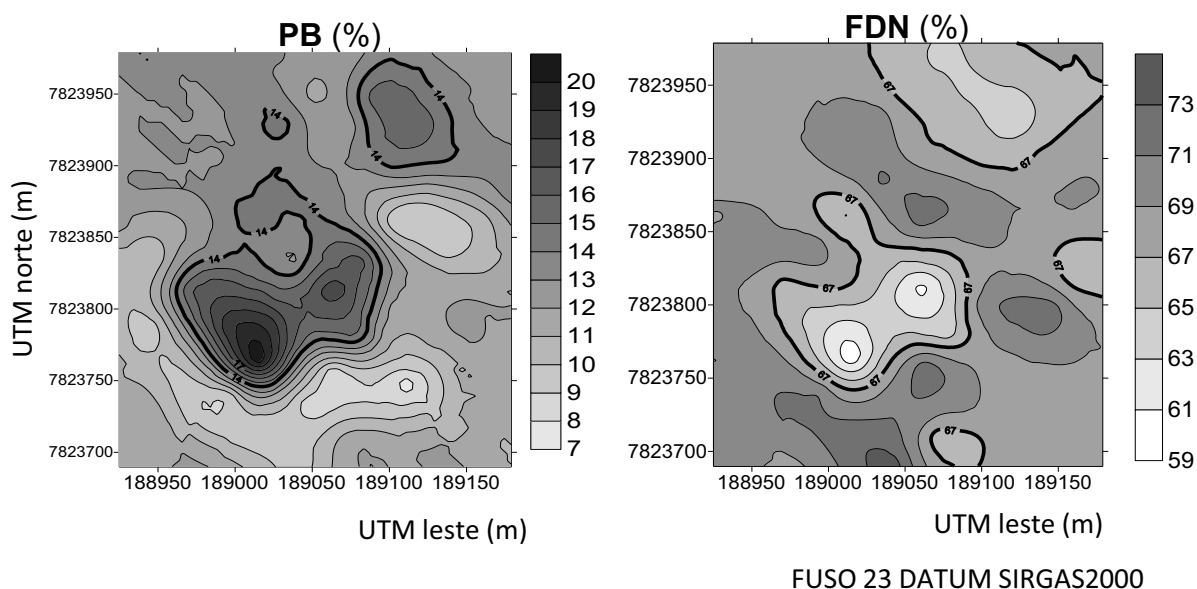


FIGURA 60. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da proteína bruta e da fibra em detergente neutro, no pasto irrigado, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010.

Observa-se, a contraposição dos padrões dos mapas da Figura 61, mapas da FDN e da PB, no sequeiro, no ciclo out-nov. Na parte inferior, no canto direito dos mapas, a mancha escura, que representa maiores teores de FDN, se corresponde à mancha clara do mapa da PB (menores teores da PB). A dificuldade de identificação está na diversidade dos desenhos que suas cotas formam e na influência de múltiplos fatores na produção e na qualidade do capim, o que por vezes mascaram as relações entre os parâmetros analisados. A cota em destaque facilita a identificação do padrão.

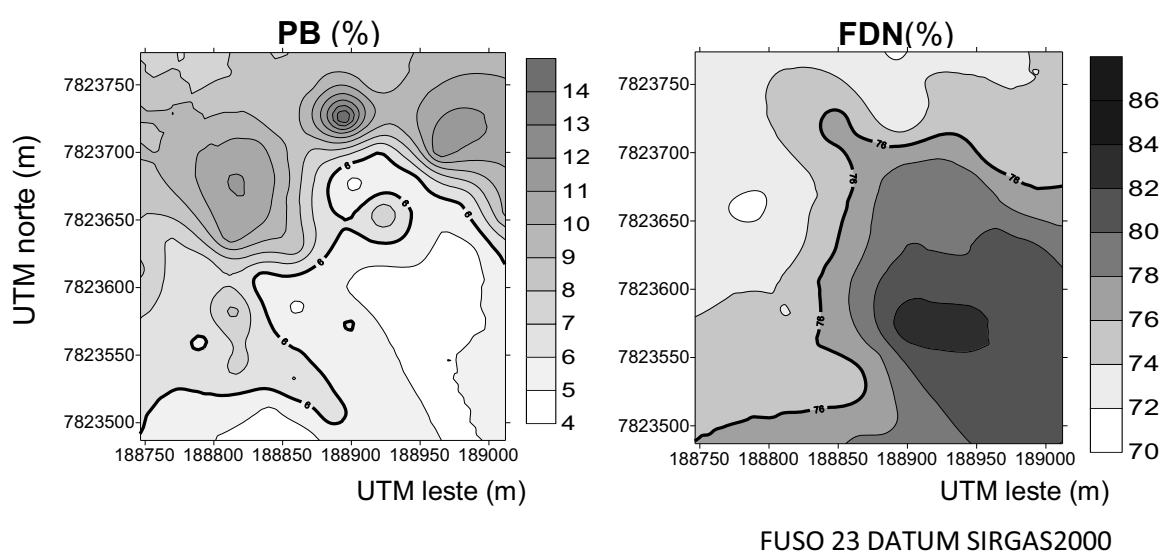


FIGURA 61. Padrão de distribuição dos mapas de isolinhas da fibra em detergente neutro e da proteína bruta, no pasto de sequeiro, no ciclo de coleta outubro-novembro, IFTM, 2010.

4.4. Considerações finais

A complexidade das interações entre elementos que influenciam no desenvolvimento das gramíneas e a heterogeneidade dos gradientes dos elementos químicos do solo, bem como, a sua deficiência em diferentes níveis, dificultaram o estabelecimento das comparações e a determinação de suas interações: atributos do solo e da planta e atributos da planta com seus outros atributos.

No entanto, o estudo sobre a variabilidade das propriedades analisadas, disponibilidade da matéria verde, altura no ponto de inflexão, proteína bruta, fibra em

detergente neutro e digestibilidade in vitro da matéria seca, demonstrou que suas distribuições não acontecem de modo aleatório. Existe dependência espacial.

Estudos sobre produtividade de diferentes culturas já usam a geoestatística para explicar a variação espacial de sua produção. Porém, as análises geoestatísticas de suas variáveis de qualidade não têm sido publicadas.

Se estas variáveis também puderam ser mapeadas, a geoestatística poderá apontar relações importantes entre elas e entre as condições que determinam sua heterogeneidade. Foram encontrados e discutidos resultados interessantes, padrões de semelhança ou de contraposição entre as diferentes variáveis estudadas: estes resultados podem ser aprofundados por um número maior de pesquisas, em solo com condições de fertilidade de solo mais adequadas à gramínea.

Constataram-se subáreas de acidez elevada, com nível de saturação por base não condizente com a cultura do tifton 85, que é altamente exigente.

Ficou evidente a necessidade da calagem nas duas áreas, a de sequeiro e a irrigada, para que a aplicação dos adubos se torne mais efetiva e possibilite saturação por bases mais adequada ao desenvolvimento do tifton 85.

5. CONCLUSÕES

Os atributos químicos do solo (MO, Ca, Mg, P, K, pH, H+Al, SB, CTC, V%) e os atributos do tifton 85 (altura no ponto de inflexão, disponibilidade de massa verde, fibra em detergente neutro, proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca) não variam de forma aleatória. Há dependência espacial na distribuição dos elementos químicos pesquisados e nos parâmetros de produtividade e qualidade do tifton 85 analisados.

Os alcances das propriedades químicas do solo variaram nos intervalos de 42,9 m a 159,5 m (sequeiro) e 35,8m a 116,1m (irrigado); dependência espacial de todas as variáveis do sequeiro em nível forte e no irrigado apenas 15% com dependência moderada, as outras, em nível forte; os alcances das variáveis de produtividade e qualidade do tifton 85 se situaram no intervalo de 51,7 m a 164,8 m (irrigado) e 44,1m a 219 m (sequeiro); o nível de dependência foi, nos dois sistemas, forte, com exceção da proteína bruta no pasto de sequeiro, na primavera, que apresentou dependência moderada (28,5%).

Foi possível construir mapas para todos os atributos pesquisados do tifton 85 e, através destes mapas, conhecer a distribuição e variabilidade destes atributos na área do pasto.

A heterogeneidade da distribuição dos nutrientes químicos pôde ser mapeada; zonas de deficiência foram diagnosticadas, identificadas, e houve influência destas deficiências sobre a produtividade e a qualidade da gramínea, destacando-se a influência da deficiência de potássio na área, nas duas épocas.

Foram mantidas as estruturas de distribuição dos elementos químicos em profundidade, com diminuição dos teores. Houve diferença considerável, principalmente do fósforo, entre a camada mais superficial (0 a 20 cm) e a mais profunda (20 a 40 cm).

Foi constatado que o manejo do pasto irrigado permitiu produtividade maior que a do pasto de sequeiro, principalmente, no início da primavera, época em que as condições climáticas foram favoráveis, mas a precipitação pluviométrica ainda não permitira que o capim se recuperasse dos efeitos da seca do inverno. Deve-se

considerar que a irrigação permite a aplicação e o parcelamento de maiores quantidades de adubo.

O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo possibilitou a construção dos mapas de isolinhas, mostrando a necessidade de manejo localizado e diferenciado dos nutrientes do solo.

6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. de P. A.; DRUMOND, L. C. D.; AFONSO, A. F. N.; PEREIRA, A. R. N.; PONTES, P. de O.; BARROS, R. A.; ALVES, T. R. C.; ANDRADE, V. M. M. Avaliação de características de crescimento e de produção do capim Tifton 85 sob condições irrigadas e de sequeiro em ambiente de cerrado. **Alcance Rural**, 2002. Disponível em: <<http://www.alcancerural.com.br/biblioteca/pastagem-irrigada/avaliacao-de-caracteristicas-de-crescimento-e-de-producao-do-capim-tifton-85-sob-condicoes-irrigadas-e-de-sequeiro-em-ambiente-de-cerrado-1.pdf>>.
- ALCARDE, J. C. A calagem e a eficiência dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 26, n. 0, p. 3-6, 1984. Disponível em: <http://www.sigacana.com.br/Cana_de_acucar/Caracterizacao_da_Acidez_e_sua_neutralizacao/referencias/CALCAR07A/CALCAR07A%7BALCARDE%281984A%29%7D.HTM>.
- ALVAREZ V., V. H.; GUARÇONI, M., A. Variabilidade horizontal da fertilidade do solo de uma unidade de amostragem em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 297-310, 2003.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CATARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; PASSOS, L. P.; BRESSAN, M.; VILELA, D. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do Coastcross. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, Juiz de Fora, 1996. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1996. p. 45-56.
- ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; REZENDE, H. et al. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero Cynodon sob dois níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 47-54, 2003.
- ALVIM, M.J.; VERNEQUE, R.S.; VILELA, D. Estratégia de fornecimento de concentrado para vacas da raça Holandesa em pastagem de coastcross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 1711-20, 1999.
- AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 831-843, 2009.
- AMARAL, S. A. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema de plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. 2002. 107p. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ANDRADE, J. C. DE; SENE, G. A. DE; BARBOSA, K. A; RODRIGUES JÚNIOR, D. J; OLIVEIRA, A.I.; SILVA, P. M. R. S. DA; FARIA, D.J.G.; SALVADOR, F.M; JAYME, D.G; BARRETO, A. C. Massa de forragem e taxa de lotação em sistemas de pastagem irrigada e sequeiro. 2010. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2010. Uberaba-M.G. **Anais eletrônico...** Uberaba, IFTM, 2010. Disponível em: <<http://200.131.48.3/virtualif/SPES/visao/indexParticipante.php>>. Acesso em: 13 de setembro de 2012.

ASSIS, M. A.; SANTOS, G. T. dos, CECATO, U; DAMASCENO, J. C.; PETIT, H. V.; BETT, V.; GOMES, L. H.; DANIEL, M. Composição química e digestibilidade in vitro de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não à adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998. Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 348-49,.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BECKETT, P. H. T.; WEBSTER, R. Soil variability. Soil fertility, **Farnham Royal**, v.34, n.1, p.1-15, 1971.

BEKELE, A.; HUDNALL, W. H. Spatial variability of soil chemical properties of a prairie-forest transition in Louisiana, **Plant and Soil**, New York, n. 280, p. 7-21, 2006.

BERG, M. VAN DEN; OLIVEIRA, J. B. Variability of apparently homogeneous soil scapes in São Paulo state, Brazil: I. Spatial analysis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p. 377-91, 2000.

BHATTI, A. U.; MULLA, D. J.; KOEHLER, F. E.; GURMANI, A. H. Identifying and removing spatial correlation from yield experiments. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.55: p.1523-28, 1991.

BOLFE, E. L.; GOMES, J. B. V.; FONTES, H. R. Variabilidade espacial de atributos do solo como subsídio para produção integrada de frutas em perímetro irrigado no nordeste do Brasil. XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis- SC, 21-26 abril 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, p. 67-74, 2007.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. Trad. FIGUEIREDO FILHO, A. B. N. 7ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 860 p.

BURTON, G. W. **Bermuda grass varieties for top quality and yields**. Tifton: Coastal Plain Experiment Station, 1988. 8p. (apostila).

BURTON, G. W.; MONSON, W. G. Registration of "Tifton 85" Bermuda grass. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 644-645, 1993.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 4ª ed. São Paulo – SP: Atual, 1987. 322p,.

BUXTON, D. R.; FALES, S. L.. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C. (ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.155-199.

CAHN, M. D.; HUMMEL, J. W.; BROUER, B. H. Spatial analysis of fertility for site specific crop management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison v.58, p.1240-1248, 1994.

CAMARGO, A. C. de, NOVO, A. L. ; NOVAES, N. J.; ESTEVES, S. N.; MANZANO, A.; MACHADO, R.. Produção de leite a pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., Piracicaba – SP, 2001. **Anais....** Piracicaba - SP: FEALQ, 2001. p. 285-319.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.617-630, 2010.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.1501-1511, 1994.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JR.,J; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de; BARBIERI, D. M.. Aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta utilizando técnicas geoestatísticas. **Ciência. Rural**, Santa Maria, vol.38, n.4, pp. 974-980, 2008.

CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, D. M.; SANTOS, H. Q.; ANDRADE, C. M. S de. Adubação de Pastagens – Uma Análise Crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2002. p. 43-84.

CARNEVALLI, R. A.; SILVA, S. C. da; FAGUNDES, J. L.; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.. A. B. de; PINTO, L. F. DE M.; PEDREIRA, C.G. S. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de tifton 85 (*cynodon* spp.) sob lotação contínua. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p.7-15, jan./mar. 2001.

CARVALHO JÚNIOR, S. B.; CAMPOS, M. C. C.; PEREIRA, A. L; DA SILVA, V. A.; BARBOSA F.. Comportamento de atributos químicos do solo sob cultivo de pastagem em sistema de sequeiro e irrigado. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA - ZOOTEC, 16. 2006, Recife-Pernambuco. **Anais...** Recife-PE: Centro de Convenções de Pernambuco, 2006. Disponível em: <<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/3961-Comportamento-atributos-qumicos-solo-sob-cultivo-pastagem-sistema-sequeiro-irrigado.html>>. Acesso em: maio de 2012.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-59, ago. 2002.

CARVALHO, J. R.; VIEIRA, S. R.; MARINHO, P.R.; DECHEN, S. C. F.; MARIA, I. C.; POTT, C. A.; DUFRANC, G. **Avaliação da variabilidade espacial de parâmetros físicos do solo sob semeadura direta em São Paulo** – Campinas: EMBRAPA, 2001, p.1- 4. (Comunicado Técnico).

CARVALHO, M. P.; TAKEDA E.Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 695-703, 2003.

CARVALHO, O. S.; GASCÓ, J. M.; LOPÉZ, F. G.; REQUEJO, A. S.. Variabilidade espacial de algumas propriedades químicas e físicas de um solo submetido a diferentes sucessões de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.3, p.497-503, 1998.

CARVALHO, R. **Níveis de cobertura vegetal e qualidade do solo sob pastagem em áreas de cerrado**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Brasília, 2007.

CARVALHO, S. R. L.; VILAS BOAS, G. S.; FADIGAS, F. S. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos originados nos sedimentos da formação barreiras. **Cadernos de Geociências**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 63 – 79, 2010.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 37, n. 2, p. 394-400, 2007.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 394-400, 2007.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 267-270, 1985.

CHAER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: UFV, 2001.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 211-218, 2009.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. S. de; BORGES, A. L. Aspectos básicos da fertirrigação. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 138p.

CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 138f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2006.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.1013-21, 2004.

CORSI, M. Produção e qualidade de forragens tropicais. In: SBZ (ed.) **Novas Tecnologias de Produção Animal**, Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 177-193.

COSTA, M. J.; ROSA JR., E.J.; ROSA, Y.B.C.J.; SOUZA, L.C.F.; ROSA, C.B.J. Atributos químicos e físicos de um latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá - Brasil, v. 29, p. 701-708, 2007. Suplemento.

DA SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. de; LIMA, J. F. W. F.. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Engenharia Ambiental**, Campina Grande, PB, vol.1, no. 1. Março, 2006.

DA SILVA, S. C. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. In: PIZARRO, E.; CARVALHO, P. C .F.; DA SILVA, S. C. In: SYMPOSIUM ON GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2. Curitiba, 2004. **Anais...** Curitiba. UFPR, 2004.1 CD-ROM.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, Suplemento especial, p.121-138, 2007.

DALCHIAVON, F. C., CARVALHO M. P., ANDREOTTI, M., MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, Ceará, v. 43, n. 3, p. 453-461, jul/set., 2012.

DE BONA, F. D. **Nitrogênio e enxofre para gramínea forrageira**: atributos do solo e aspectos metabólicos, nutricionais e produtivos da planta. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-10032009-091221/>> Acesso em 25/06/2009.

DEINUM, B.; Van Es, A. J. H; Van SOEST P. J. 1968. Climate nitrogen and grass. II. The influence of light intensity, temperature and nitrogen on in vivo digestibility of grass and the prediction of these effects from some chemical procedures. **NETHERLANDS JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE**, Netherlands – Holand, n.16, p.217-33.

DELHOMME, J. P. **Kriging in hydrosciences**. Centre D'Informatique Geologique, Fontainebleau, France, 1976.

DERPSCH, R. et al. Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, República Federal da Alemanha: **Sonderpublikation der GTZ/IAPAR**, 1991. 272p. (Boletim, 145).

DUBEUX JR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V. Fluxo de nutrientes em ecossistemas e pastagens: impacto no ambiente e na produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 439-505.

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, M.G., v. 13, p. 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EUCLIDES, V. P. B. et al. **Alternativas de suplementação para redução da idade de abate de bovinos em pastagem de Brachiariadecumbens**. n.25. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC, 1997. p. 25. (Circular Técnica, 25).

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPOSIO SOBRE PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.245-273.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. Avaliação de forrageiras sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá, 1997. **Anais...** Maringá: UEM, 1997, p. 85-111.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p.1419-24, 2001.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C.A. Rice. In: _____. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. New York : M. Dekker, 1997. p. 283-343.

FAQUIN, V.; **Nutrição de plantas**. Lavras: UFLA /FAEPE, 2005. 183 p.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A.; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 463-476, 2008.

FERNANDEZ V. C.; FONTANET, E.; RAMIREZOLIVEIRA, G. Yield and nutritive value of hay from fivetropical grasses at three harvesting intervals. **Journal of Agriculture**, Rio Piedras, (Puerto Rico), v. 72, n.1, p.109-118, 1988.

FERRAZ, G. A. E. S.; SILVA, F. M. da; CARVALHO, L. C. C.; ALVES, M. de C.; FRANCO, B. C. Variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol.32, n.1, Jan./Feb. 2012.

FONSECA, D. M. da, GOMIDE, J. A., ALVAREZ, V. V. H., SILVA, A. P. R .A; NASCIMENTO JR., D. Absorção, utilização e níveis críticos internos de fósforo e perfilhamento em *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v.. 29, p. 1918-1929, 2000.

FONSECA, D. M. da, MARTUSCELLO, J. A., SANTOS, M. E. R. Adubação de pastagens: inovações e perspectivas. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia. ZOOTECH,21, 2011. **Anais...** Maceió-Alagoas, 2011. Disponível em: <<http://www.cefetbambui.edu.br/portal/files/Aduba%C3%A7%C3%A3o%20de%20pastagens%20inova%C3%A7%C3%B5es%20e%20perspectivas%20%281%29.pdf>> . Acesso em: julho de 2012.

FRANCO, H. C. J. **Avaliação agrônômica de fontes e doses de fósforo para o capim-tifton 85**. 2003. 97 f. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. UNESP, Jaboticabal, 2003.

GOEDERT, W. J. **Calagem e Adubação**. Brasília: EMBRAPA-CPAC: EMBRAPASPI, 1995. p. 59. (Coleção Saber, 1).

GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, EstadosUnidos). Surfer for windows: realese 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide. New York, 1999. 619 p. GRASSLAND CONGRESS, 14, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Golden, Estados Unidos,1982, p. 470-472.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba, Potafós, 1984. 160p.

GOMIDE, C. C. C. **Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de Cynodon**. 1996. 100p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal: FCAV/UNESP,1996.

GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. DOS; CECATO, U. C. J.; DAMASCENO, J. C.; BRANCO, A. F.; FARIA, K. P. Produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte durante o ano. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 4, p. 1163-1174, 2002.

GUARÇONI, M. A.; ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; CANTARUTTI, R. B.; LEITE, H. G.; FREIRE, F. M. Diâmetro de trado necessário à coleta de amostras num Cambissolo sob plantio direto ou sob plantio convencional antes ou depois da aração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.947-959, 2007.

GUSS, A., GOMIDE, J. A.; NOVAIS, R. F. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 19, p. 278-289, 1990.

HALIM, R. A., BUXTON, D. R., HATTENDORF, M. J.; CARLSON, R. E. 1989. Water stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 189-194. 1989.

HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METCALFE, D. S. **Forage** - The science of grassland agriculture. Iowa, 1985, 643 p.

HILL, G. M., GATES, R. N., BURTON, G. W. 1993. Forage quality and grazing steer performance from tifton 85 and tifton 78 bermudagrass pastures. **Journal of Animal Science**. Connecticut, v.71(12), p. 3219-3225.

HILL, G. M.; GATES, R. N.; SAWAN, Z. M.; HAFEZ, S. A.; BASYONY, A. E. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelate zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 136, p. 191-198, 2001.

HILL, G. M.; GATES, R. N.; WEST, J. W.; MANDEBVU, P. Pesquisa com capim bermuda cv. Tifton-85. em ensaios de pastejo e de digestibilidade de feno com bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : FEALQ, 1998. p. 7-22.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex, England, Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

IAC. INSTITUTO AGRONÔMICO. Informação sobre interpretação de análise de solo. Disponível em: <<http://iac.impulsahost.com.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>>. Acesso em 21 maio 2012.

ISAAK, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied geostatistic: an introduction**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.

JAKOB, A. A. E. **Estudo da correlação entre mapas de variabilidade de propriedades do solo e mapas de produtividade para fins de agricultura de precisão**. 1999.159 f.. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP, 1999.

KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.53-72. (Special Publication, 35).

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York: Academic, 1983. cap.6, p.146-186.

LEMO FILHO, L. C. A. et al. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 193-202, 2008.

LOPES, R. DOS S., FONSECA, D. M. DA; OLIVEIRA, R. A. DE; ANDRADE, A.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. DO, MASCARENHAS, A. G. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v.34, n.1, p.20-29, 2005.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; OLIVEIRA, P. P. A.. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21, 2004. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2004. p. 63-100.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema do cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: Andrade, R.P.; Barcelos, A.O.; Rocha, C.M.C. (eds.). SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS – PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32, Brasília, 1995. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.28-62.

MALAVOLTA, E. - **ABC da Adubação**. São Paulo (SP): Agronômica CERES, 1979. 256 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS, 1989. 201p.

MANZIONE, R. L. **Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em Araguari-MG**. 2002. 141f. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual São Paulo. São Paulo, 2002.

MAPA, ABRACAL, ABRASEM, ANDA, CNA, OCB, 2002). **Amostragem e análise do solo, calagem, adubação e sementes**. Brasília DF: Nagy, 2002. Disponível em: <<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/LabSolos/indexsolos.htm>>. Acesso em julho de 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic, 1995. 889 p.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Littleton, v. 58, n.8, p. 1246-66, 1963.

MELO FILHO, J. F.; DEMATTÊ, J. A. M.; LIBARDI, P. L.; PORTELA, J. C. Comportamento espectral de um Latossolo Amarelo coeso argissólico em função de seu uso e manejo. **Magistra**, Cruz das Almas, Bahia, v.16, p.105-112, 2004.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1599-1608, 2007.

MELSTED, S. W.; PECK, T. R. The principles of soil testing. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. eds. Soil testing and plant analysis. **Soil Science Society of America**, Madison, 1973. cap.2, p.13-21.

MERTENS, D. Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Virginia. **Proceedings...** Virgínia: US Dairy Forage Research Center, 1996. p.81-92.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, cap.1, p.1-5.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 839-847, 2006.

MOTOMIYA A. V. A., CORÁ J. E.; PEREIRA G. T. (2006) Uso da krigagem indicatriz na avaliação de Indicadores de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 485-496, 2006

MUZILLI, O. Influência do plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p.95-102, 1983.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.15-95.

NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; NASCIMENTO, H. T. S; LEAL, J. A.. **Comportamento de cultivares de cynodon no Piauí**. Terezina. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 3p. (Comunicado Técnico,146).

NELSON, C. J., MOSER, L. E. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy. p.115-154.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero Cynodon. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASAGEM, 15, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba:FEALQ/ESALQ, 1998. p. 203-242.

OLIVEIRA, A. I.; JAYME, D. G.; BARRETO, A. C; FERNANDES, L. O.; SENE, G. A.; BARBOSA, K. A.; SILVA, C. F., JÚNIOR, D. J. R.; ANDRADE J. C.; COUTINHO, A. C. Produção de matéria verde no período das águas de pastagem de tifton 85 sob manejo de irrigação e sequeiro. In: SEMINÁRIO INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2, 2009, Uberaba, MG. **Anais...** Uberaba: IFTM, 2009.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.4, p.783-789, 1999.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. P.; MARTINEZ y HUAMAN, C.A.; GARCIA, R.; GOMIDE, J. A.; CECON, P. R.; SILVEIRA P. R. da. Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda tifton-85 (Cynodonspp) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v.29, n.6, supl. 1, p.1939-1948, 2000.

OVALLES, F.; REY, J. Variabilidad interna de unidades de fertilidade en suelos de la depresión del Lago de Valencia. **Agronomia Tropical**, Aragua-Venezuela. n. 44, p. 41-65, 1994.

PACHECO, O.; AVILA, A.; PEREZ, D.; JUAN, R.; PEREZ, J. Respuesta de cuatro espécies de pastos a la fertilizacion fosfórica em um suelo pardo grisaceo. **Pastos y Forrajes**, Matanzas-Cuba. v. 11, p. 62-67, 1988.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S. Composição química e digestibilidade in vitro de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 964-974, 2001. (Suplemento 1).

PARSONS, A. J.; PENNING, P. D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v. 43, n.1, p.15-27, 1988.

PAZ, A.; TABOADA, M. T. & GÓMEZ, M. J. Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**., n. 27:p. 479-503, 1996.

PEDREIRA, C. G. S. **Plant and animal responses on grazed pastures of 'Florakirk' and 'Tifton 85' bermudagrasses**. 1995. 153f. Thesis (Ph.D.)- University of Florida, Florida, 1995.

PIZZANI, R. **Produção e qualidade de forragens e atributos de um Argissolo Vermelho**. Santa Maria, 2008. 95 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2008.

QUAGGIO, J. A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 15., Campinas, 1983. **Anais...** Campinas: SBCS, 1983. p.3-46.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Agronômica Ceres**, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REGO, F. C. A. **Avaliação da qualidade, densidade e características morfológicas do capim- Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado em diferentes alturas, sob pastejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, 2000.

REICHARDT, K. Irrigação. In: **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. p. 139- 55.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M; SUZUKI, L. E. A. S. **Qualidade física do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal, 1993, 26 p.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; COAN, O. et al. Produção e qualidade da forragem de aveia (*Avena* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.99-109, 1993.

ROBERTSON, G. P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; SENE G. A. DE; SILVA P. M. R. S. da; BARBOSA, K. A.; ANDRADE J. C. DE; FARIA D. J. G.; SALVADOR F. M.; JAIME, D. Biomassa de forragem em pastagens de tifton 85 sob sistemas de irrigação ou sequeiro. . 2010. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2010, Uberaba. **Anais eletrônico...** Uberaba-MG: IFTM. Disponível em: <<http://200.131.48.3/virtualif/SPES/visao/indexParticipante.php>>. Acesso em: 13 de setembro de 2012.

RODRIGUES, B. H. N.; LOPES, E. A.; MAGALHÃES, J. A. Determinação do teor de proteína bruta no capim Tanzânia, sob diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13, 2003, Juazeiro, BA. **Anais...** Viçosa: ABID, 2003. (CD-ROM).

ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins Braquiária e colônia. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p.1101-1110, 1999.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p 115-122, 1998.

SANTOS, H. C.; FÁBIO OLIVEIRA, H. T. de; ARRUDA, J. A. DE; LOPES, A. R. da S.; SOUZA JÚNIOR, R. F. de; FARIAS, D. R. de. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função da variabilidade de suas características químicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.13, nov./dez. 2009. (Suplemento)

SANTOS, H. L.; VASCONCELLOS, C. A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p.97-100, 1987.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H.; NASCIMENTO JÚNIOR, Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:173-182, 2002.

SANTOS, N. L. **Produção e valor nutritivo dos capins Tifton 85, Tanzânia e Marandusob irrigação suplementar**. Dissertação – (Mestrado em Zootecnia), Área de Concentração em Produção de Ruminantes. Itapetinga-BA: UESB, 2006. 60 p.

SARMENTO, P., NASCIMENTO, R. C. D., MARTINS, A. T., CRUZ, M. C. P. D., FERREIRA, M. E.. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-Tifton 85 em argissolo vermelho-amarelo. **Boletim de Indústria Animal**. N. Odessa,v.63, n.1, p.11-18, 2006.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 24. p. 85-91, 2000.

SEGARS, W. I.; USHERWOOD, N. R. Timing and rates of nitrogen, phosphorus and potassium for top yields of quality Bermuda grass. **Better Crops**, Atlanta, v. 81, p. 21-23,1997.

SILVA, D. J.; Queiroz, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SILVA, F. M. S.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIRÊDO, C. A. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.401-407, 2007.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C.A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.231-241, 2008.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 431-436, 2001.

SILVA, P. M. R. S. da; SENE, G. A. de; ANDRADE, J. C. DE; BARBOSA, K. A; RODRIGUES JÚNIOR, D. J; FARIA, D.J.G.; JAYME, D.G; SALVADOR, F.M. Teor de proteína bruta e proteína bruta por área em pastagem de tifton 85 sob sistemas de irrigação ou sequeiro. 2010. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 3. 2010, Uberaba-MG. **Anais eletrônico...** Uberaba, M G, IFTM, 2010. Disponível em: <<http://200.131.48.3/virtualif/SPES/visao/indexParticipante.php>>. Acesso em: 13 de setembro de 2012.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, A. F. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2010.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2057-2064, 2000.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CEDDIA, M. B. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. *Bragantia*, Campinas, n. 67. p. 203-211, 2008.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W .G. **Statistical methods**. 6.ed. Ames, 1967. p.172-195.

SORIA, L. G. T. **Produtividade do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada**. 2002. 170f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. **Informações Agronômicas**, n.102, jun., 2003. (Encarte Técnico POTAFÓS). Disponível em: <[http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/\\$FILE/Encarte102.pdf](http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/$FILE/Encarte102.pdf)>. Acesso em maio de 2012.

SOUSA, D. M. G. de; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 22p. (Embrapa Cerrados. **Circular Técnica**, 12), p.1-22.

SOUSA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre, 1992. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solos). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Porto Alegre, 1992.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:77-86, 1998.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.3, p.367-372, 1997.

SOUZA, M. de; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J. G. de; FRAGOAS, J. C. M.. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V.H. (Ed). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. cap.18, p.239-241.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.133-139, 2003.

TAMASSIA, L. F. M.; HADDAD, C. M.; CASTRO, F. G. F.; VENDRAMINI, J. M. B; DOMINGUES, J. L. Produção e morfologia do capim de Rhodes em seis maturidades. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.599-605, 2001.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:271-278, 1997.

TOMÉ Jr., J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Agropecuária, Guaíba, 1997. 247 p.

TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S. **O Capim Tifton 85**. 2003. Disponível em <<http://www.planoconsultoria.com.br/site/circular7.html>> Acesso em: 05 de jan. 2010

TORRES, J. L.R.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA D. M. S. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM DE CAPIM TIFTON, INFLUENCIADA PELO PISOTEIO E IRRIGAÇÃO. **Biosciencia J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 232-239, Mar. 2012.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Soil Sciences**, 38:45-94, 1985.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R. R.; CAPELLE, E. R. **Tabelas Brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. CQBAL 2.0. 2 ed. Viçosa: Suprema Gráfica Ltda – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.

VAN SOEST, P. J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell. 476p.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. **Journal of Dairy Science**, v.26, n.1, p.119-128, 1967.

VELÁSQUEZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I. A. M. DE A.. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v.39, n.6, p.1206-1213, 2010.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F. de; Alvarez, V. V. H.; Schaefer, (ed.), C. E. G. R. **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. **Geostatistics theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, Califórnia, v.31 n.3, 1983, 75p.

VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 45:1040-1048, 1981.

VILELA, D., ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: PEIXOTO, A.M. et al. (Eds.). **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p.23-54.

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

WEBSTER, R. Is soil variation random? **Geoderma**, v.97, n.1/2, p.149-163, 2000.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical methods in soil and land resource survey**. Oxford: Oxford University Press, 1990. 316p.

WEIGAND, R.; STAMATO NETO, J.; COELHO, R.D. Pasto irrigado produz mais. In: **ANUALPEC 98**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Argos, 1998. p. 45-50.

WILKINSON, J. M. **Beef production from silage and other conserved forages**. London and New York: Longman, 1988.

WILSON, J. R. Effects of water stress on herbage quality. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1982, Lexington. **Proceedings...** Lexington:ed., p.470-472, 1982.

ZANÃO JÚNIOR, L. A., LANA, R. M. Q.; ZANÃO, M. P. C.; GUIMARÃES E. C.. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.