

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ADRIANO WAGNER CAMARGOS DE LIMA**

**DINÂMICA DE BASES E ACIDEZ EM LATOSSOLO VERMELHO SOB  
CAFEICULTURA SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

**Uberlândia – MG  
Julho – 2007**

**ADRIANO WAGNER CAMARGOS DE LIMA**

**DINÂMICA DE BASES E ACIDEZ EM LATOSSOLO VERMELHO SOB  
CAFEICULTURA SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
para obtenção do grau de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Elias Nascentes Borges

Co-orientadora: Patrícia Costa Silva

**Uberlândia – MG  
Julho – 2007**

**ADRIANO WAGNER CAMARGOS DE LIMA**

**DINÂMICA DE BASES E ACIDEZ EM LATOSSOLO VERMELHO SOB  
CAFEICULTURA SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia, da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
para obtenção do grau de Engenheiro  
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 06 de julho de 2007

---

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges  
Orientador

---

Enga. Agra. Patrícia Costa Silva  
Co-orientadora

---

Prof. Mestrando Leomar Paulo de Lima  
Membro da Banca

*"O maior prêmio que a vida oferece é a chance de trabalhar intensamente se dedicando com afinco em algo que valha a pena."*

***Theodore Roosevelt***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de tudo a Deus que me concedeu não somente o dom da vida, mais também os meios para alcançar a todos os meus sonhos, colocando em meu caminho pessoas maravilhosas como meus pais Aristeu Camargos de Lima e Nair de Fátima Camargos de Lima que não mediram esforços para que pudesse estar hoje onde estou; meus irmãos André Willian Camargos de Lima e Aline Kássia Camargos de Lima que mesmo não participando da realização pratica deste trabalho, sempre estiveram a disposição quando precisei; aos meus demais familiares que contribuíram na minha formação como pessoa, com destaque a minha tia Maria das Graças Lima que nos últimos nove anos de minha vida tem participado de minhas conquistas exigindo que buscasse sempre mais.

Agradeço também a Universidade Federal de Uberlândia por meio do seu corpo de funcionários e técnicos que participaram da minha formação profissional; ao professor Elias Nascente Borges e ao PIBEG pela oportunidade de realizar este trabalho; a minha coorientadora Patrícia Costa Silva que esteve disposta a me auxiliar mesmo que em certas ocasiões em detrimento de suas próprias atividades; aos técnicos e estagiários do LAMAS pela inestimável ajuda na análises e interpretações referentes a realização deste trabalho, com especial destaque para os técnicos Marco Aurélio, Sr. Wilson e Cilson, o mestrando Leomar Paulo e aos estagiários Suelen Martins, Polianna Alves e Natalia Silva; a todos os colegas da 34<sup>a</sup> Turma de Agronomia pela oportunidade de conviver com vocês. Com destaque aos colegas Camilo Amaral, Bruno Ignácio, Vinicius Borges, Estevão Barra, Ingrid Mara e Pedro Augusto, estes últimos em especial pelo auxílio prestado ao longo da realização deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento das bases  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  e da acidez ativa e potencial, em Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999), cultivado com café submetido ao fornecimento de água via fertirrigação e ausência de disponibilidade hídrica, em duas épocas amostrais com dois tipos de manejo, controle químico e mecânico, aplicados ao solo visando o controle de plantas espontâneas. Os dados foram interpretados com o uso tanto da estatística “clássica” como também da geoestatística, a fim de analisar a variabilidade espacial e temporal dos atributos em questão. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia em Uberlândia-MG. As variedades de café cultivadas na área foram Catuaí e Acaiá, plantadas no espaçamento 3,5x 0,7m com uma planta por cova sob sistema irrigado (fertirrigado) e de sequeiro com adubação granulada aplicada a lanço na projeção da copa da planta. Foram demarcadas na área experimental, quatro malhas as quais receberam os seguintes tratamentos: M1- Controle de plantas espontâneas com herbicida sistêmico e adubações semanais ministradas através da água de irrigação por gotejamento; M2- Controle de plantas espontâneas com grade niveladora e adubações ministradas manualmente na forma granulada sem irrigação (sequeiro); M3- Controle de plantas espontâneas com grade niveladora e adubações semanais ministradas através da água de irrigação por gotejamento; M4- Controle de plantas espontâneas com herbicida sistêmico e adubações ministradas manualmente na forma granulada sem irrigação (sequeiro). As coletas foram realizadas em julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006, abrangendo assim duas épocas de condições climáticas distintas (época “da seca” e época “das águas”); coletaram-se 480 amostras de solo (60 em cada tratamento) nas profundidades 0-20cm e 20-40cm, alternadas nas posições meio da rua, projeção da copa e linha de tráfego do trator (rodado), afim de garantir conclusões mais precisas. A concentração de nutrientes e acidez do solo foi maior na época da seca e na camada superficial do solo, sendo que o uso de grade niveladora aliado ao trânsito de máquinas causou a compactação das camadas superficiais do solo, prejudicando a absorção de nutrientes. Os modelos geoestatísticos não se ajustaram igualmente a todos os manejos e elementos, porém o modelo que melhor se ajustou foi modelo exponencial. A estatística clássica se mostrou uma ferramenta mais ajustada em se tratando dos espaçamentos utilizados no experimento, principalmente no referente às análises obtidas na época das chuvas.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....  | 7  |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....  | 9  |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 12 |
| 3.1 Descrição da Área Avaliada .....                                     | 12 |
| 3.2 Caracterização da Área Experimental .....                            | 12 |
| 3.3 Delineamento Experimental .....                                      | 15 |
| 3.4 Descrição dos Tipos de Manejo Adotados.....                          | 16 |
| 3.5 Amostragem da Área .....   | 17 |
| 3.6 Determinações Experimentais.....                                     | 17 |
| 3.6.1 pH em água: relação 1/ 2,5 .....                                   | 17 |
| 3.6.2 pH SMP (Shoemaker, Mc lean, Pratt) .....                           | 18 |
| 3.6.3 Cálcio + Magnésio.....   | 19 |
| 3.6.4 Interpretação geoestatística.....                                  | 20 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 23 |
| 4.1 Estatística Clássica .....   | 23 |
| 4.1.1 Estatística Clássica referente ao elemento $\text{Ca}^{2+}$ .....  | 23 |
| 4.1.2 Estatística Clássica referente ao elemento $\text{Mg}^{2+}$ .....  | 26 |
| 4.1.3 Estatística Clássica referente ao pH em $\text{H}_2\text{O}$ ..... | 28 |
| 4.1.4 Estatística Clássica referente ao pH SMP.....                      | 29 |
| 4.2 Geoestatística.....  | 32 |
| 5 CONCLUSÕES .....   | 38 |
| REFERÊNCIAS .....  | 39 |
| APÊNDICES .....  | 43 |

## 1 INTRODUÇÃO

O café foi introduzido no Brasil no início do século XVIII, tornando-se em pouco tempo um dos principais produtos de exportação. O país tornou-se o maior produtor e exportador mundial de café (EPAMIG, 2000), sendo responsável por cerca de 17% das exportações e 25% da produção mundial, a qual corresponde a uma safra anual entre 35 e 45 milhões de sacas. Além disso, é o segundo mercado consumidor, ficando atrás apenas dos EUA (AGRIANUAL, 2006).

A cafeicultura é uma importante fonte de renda para a economia brasileira, pela sua participação na receita cambial, pela transferência de renda aos outros setores da economia, pela contribuição à formação de capital no setor agrícola do país, além da expressiva capacidade de absorção de mão-de-obra.

O Brasil constitui um dos mais tradicionais e competitivos países produtores de café do mundo, com o início da sua produção datada ainda da época do Brasil colônia. Grandes extensões de áreas planas, permitindo a completa mecanização da lavoura, ausência de geadas e baixas precipitações pluviométricas na época da colheita, impedindo fermentações indesejáveis nos grãos, são alguns dos atrativos encontrados nas áreas de cerrado brasileiro para a prática da cafeicultura.

Entretanto, em áreas de Cerrado também é comum a ocorrência de problemas físicos e químicos de solo, que interferem diretamente no desenvolvimento e capacidade produtiva das plantas (Carvalho jr, 1995). Os solos do Cerrado apresentam boas características físicas que favorecem a mecanização intensiva, porém são muito intemperizados, naturalmente ácidos e de baixa fertilidade. Segundo Ernani et al. (2000), os solos de regiões tropicais e subtropicais são normalmente ácidos e apresentam altos teores de Al trocável. A calagem, portanto, tem sido intensivamente utilizada pelos produtores porque aumenta o rendimento da maioria das culturas.

Segundo Lopes (1984), os latossolos apresentam baixos valores de pH, Ca, Mg e P, que são nutrientes muito exigidos pela cultura; e altos teores de Al e H, que constitui uma barreira química para o crescimento e manutenção do sistema radicular.

Tais nutrientes são geralmente fornecidos via adubação e calagem. A calagem também eleva os teores de pH, diminuindo a toxidez de  $Al^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ , e  $Fe^{+2}$ .

A calagem constitui uma eficiente forma de amenizar o problema de escassez de bases como  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , além de atuar como facilitadora para manifestação de cargas negativas



importantes para retenção dos cátions essenciais bem como propiciar uma menor adsorção de P, deixando este disponível para ser absorvido pelo cafeeiro.

Em se tratando de uma cultura perene, diferentes técnicas de manejo, como a utilização, ou não de técnicas de irrigação, controle mecânico, ou químico de plantas espontâneas podem ocasionar diferentes respostas da planta a médio e longo prazo.

O mapeamento de atributos químicos do solo, tais como a acidez do solo, e as concentrações de elementos como cálcio e magnésio, mediante um adequado sistema de amostragens, se constituem numa ferramenta capaz de identificar áreas específicas com problemas, como, por exemplo, barreiras químicas capazes de afetar a distribuição de raízes no perfil. De acordo com Gontijo (2003), o adequado aprofundamento e distribuição das raízes no solo é importante não só para a absorção de água e nutrientes, mas também para a respiração e excreção de metabólicos pelas plantas.

Variações químicas no solo como a acidez e as concentrações de elementos como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  por exemplo, não podem ser consideradas como variações aleatórias e, portanto apresentam algum grau de dependência espacial. Assim sendo a análise espacial de dados apresenta-se como um complemento para a análise clássica de dados, visto que a análise espacial de dados considera as correlações entre as observações quando se faz estimativa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Lopes (1984), os solos de Cerrado apresentam como características químicas, baixos valores de pH, Ca, Mg e P, teores médios a altos de matéria orgânica e teores altos de alumínio e/ou manganês. Como características físicas apresentam, em geral, alta porosidade e baixa densidade do solo. Com essas condições físicas de solo favoráveis aliado às novas tecnologias geradas pela pesquisa, programas de créditos governamentais no passado, o cerrado deixou de ser utilizado com pecuária extensiva e agricultura de subsistência para uma exploração agrícola moderna, tecnificada e empresarial, principalmente com as culturas de exportação.

Práticas de manejo tais como preparo do solo, adubações e calagens intensivas, algumas vezes executadas de modo incorreto, ocasionam alterações físicas do solo, com reflexos nas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e atividades biológicas (Carvalho jr, 1995).

Segundo Sumner (1992), as alterações na disponibilidade de nutrientes, provocadas pela calagem e adubações químicas pesadas, têm contribuído para a dispersão de argila com conseqüente movimento vertical. A deposição dessa argila entre 20 e 30 cm de profundidade proporciona a formação de uma camada compactada que além de restringir a infiltração de água e o crescimento de raízes provoca a formação de um ambiente redutor com produção de elementos tóxicos (VOMOCIL; FLOCKER, 1961).

Segundo Van Raij et al. (1996), a calagem do cafeeiro é realizada com base em resultados da análise de solo de amostras coletadas na projeção da copa, que é a parte mais acidificada do terreno devido à aplicação localizada de adubos nitrogenados nessa região, o que aumenta ainda mais a acidez.

De acordo com Ciotta et al (2002), em solos agrícolas, o uso de fertilizantes de reação ácida, associado à lixiviação de N em formas nítricas e à remoção de bases na colheita, acelera o processo de acidificação do solo, tornando necessária a reaplicação de calcário.

A calagem aumenta rapidamente os valores de pH, Ca, Mg e CTC efetiva na camada na qual o calcário é incorporado (CASSOL, 1995; AMARAL, 1998). Por sua vez, sua influência nos estoques de matéria orgânica do solo será dependente do balanço do seu efeito na oxidação microbiana do C orgânico do solo e na adição de resíduos vegetais pelas culturas (BAYERY; MIELNICZUK, 1999).

O efeito de neutralização da acidez em profundidade pela aplicação de calcário na superfície pode estar relacionado com o seu deslocamento no perfil, (DREES ET AL., 1994; ROJAS; VAN LIER, 1999). O cultivo sem revolvimento do solo por longo período mantém canais abertos graças à decomposição das raízes e formação de galerias oriundas da atividade da meso e macro fauna do solo, favorecendo a ação do corretivo em sub-superfície.

Segundo Oliveira e Pavan (1996) e Caires et al. (2000), a movimentação de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  para camadas mais profundas do solo pode contribuir para o aumento do pH nas camadas subsuperficiais do solo. Oliveira ; Pavan (1996) observaram que a aplicação do calcário em superfície no plantio direto teve efeito no pH do solo até 0,40 m, em quatro anos.

Dentre os fatores bióticos, destacam-se a interferência das plantas espontâneas que competem com as plantas de café por luz, nutrientes e água, e os efeitos alelopáticos que dificultam a execução de práticas culturais, inclusive a colheita. Além do mais as plantas espontâneas podem elevar de 15 a 20% o custeio anual da lavoura cafeeira (DIAS et al., 2001).

Dentre os vários processos de controle de plantas espontâneas em cafeeiros, alguns têm se mostrado compatíveis com os objetivos de melhoria ou de manutenção da qualidade do solo. Ao se avaliar a efetividade de uma determinada prática, deve-se considerar os seus efeitos no meio ambiente na sua totalidade (STEINHARDT, 1995).

Souza et al. (2005) observaram que o emprego de grade para controlar plantas espontâneas no meio da rua do cafeeiro, promoveu redução nos teores de fósforo disponível para as plantas, possivelmente por incorporar a matéria orgânica e também por aumentar a fixação deste elemento devido ao maior volume de solo. A aplicação de herbicida promoveu manutenção e um leve aumento nos teores de fósforo, possivelmente por concentrar mais o P de origem orgânica no local de decomposição das plantas dessecadas.

De acordo com Ronchi et al.(2001), em seu estudo sobre diferentes sistemas de manejo de plantas espontâneas, verificou que a roçada baixa demonstrou ser uma prática de manejo interessante, apesar de apresentar a maior incidência de plantas espontâneas, apresentou um dos maiores rendimentos.

Embora existam vários herbicidas registrados para a cultura, poucos apresentam seletividade para serem aplicados diretamente sobre as plantas de café, principalmente aqueles utilizados em pós-emergência das plantas espontâneas (ALCÂNTARA, 2000).

Vieira et al. (1996) utilizaram conceitos de estabilidade temporal e escalonamento de semivariograma e analisaram simultaneamente, através de semivariogramas tridimensionais, a

variabilidade espacial e temporal de alguns atributos dos solos. Já que áreas pedologicamente homogêneas podem apresentar variabilidade distinta em atributos, quando submetidos à diferentes manejos sendo necessário o conhecimento para a definição de amostragem espacial dos atributos do solo maximizando sua eficiência e reduzindo custos operacionais (CORÁ et al., 2004).

McBratney e Webster (1981) e Webster e Burgess (1984) utilizaram técnicas de geoestatística e da estatística clássica e concluíram que quando ocorre dependência espacial de um atributo do solo, o erro de estimativa da média para um mesmo tamanho de amostra é maior quando se utiliza de técnicas da estatística clássica.

Chen et al. (1995) concluíram que o planejamento experimental e o número de amostras para estimativas de umidade do solo devem considerar a variabilidade espacial.

Vieira (1995), na introdução de seu trabalho sobre geoestatística, mostrou que a preocupação com a variabilidade espacial dos solos já estava presente desde o início deste século. E com os princípios de casualização e repetição, introduzidos por Fisher na década de 50, e com o conhecimento das funções de densidade das variáveis aleatórias, ocorreu uma descontinuidade nos estudos da variabilidade espacial de propriedades e características dos solos aplicadas à agricultura.

Assim sendo o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento das bases  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  bem como os tipos de acidez em Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999), sob uso com cafeicultura e manejo de modo distinto quanto ao modo de controle de plantas espontâneas das entre linha e fornecimento de água.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição da Área Avaliada**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia – MG, em uma área de Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa, de acordo com Embrapa (1999). A área apresenta topografia suave ondulada.

O clima local, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa. Este se caracteriza por apresentar inverno seco e verão chuvoso. Dentre os meses que compreenderam a execução do experimento as maiores precipitações pluviométricas foram observadas nos meses de fevereiro e março de 2006 e as menores foram observadas nos meses de julho e agosto de 2005 (Gráfico 1) enquanto que as menores temperaturas foram observadas nos meses de julho e agosto de 2005 e as mais elevadas foram observadas nos meses de fevereiro e março de 2006 (Gráfico 2).

O histórico da área, anteriormente ao cultivo do café, era de pastagens com sinais de degradação devido a super lotação e ausência da correção de acidez e adição de fertilizantes.

Para o plantio do café foi realizada a aração profunda, e a calagem, gradagem, sulcação e adubação mineral, sendo esta na quantidade de 3 L/cova de acordo com a Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, (1999).

As variedades de café cultivadas foram Catuaí e Acaiá. O espaçamento utilizado foi de 3,5 x 0,75 m, sendo uma planta por cova.

#### **3.2 Caracterização da Área Experimental**

As Tabelas 1 e 2 apresentam as análises físicas (granulométrica) e químicas referentes a área onde fora implantado o experimento:

**Tabela 1** - Análise granulométrica de caracterização da área de implantação do experimento nas profundidades 0-20 e 20-40 cm:

| <b>Caracterização granulométrica da área de implantação do experimento:</b> |                     |                    |              |               |
|---|---------------------|--------------------|--------------|---------------|
| <b>Prof.</b>  | <b>Areia Grossa</b> | <b>Areia Fina</b>  | <b>Silte</b> | <b>Argila</b> |
|   |                     | $\text{g.kg}^{-1}$ |              |               |
| 0-20 cm   | 201                 | 205                | 49           | 545           |
| 20-40 cm  | 206                 | 204                | 40           | 550           |

**Tabela 2** - Caracterização química do solo amostrado na profundidade de 0 – 20cm e 20 – 40cm nas regiões sob a copa do cafeeiro, na área de tráfego de máquinas e implementos agrícolas e entre as linhas do cafeeiro:

| <b>Caracterização química na região sob a copa do cafeeiro:</b> |               |          |          |                         |           |           |                                |                  |           |          |          |          |                    |            |
|---|---------------|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|------------|
| <b>Prof.</b>  | <b>PH</b>     | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>S-SO<sub>4</sub></b> | <b>Al</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b>                      | <b>H+<br/>Al</b> | <b>SB</b> | <b>t</b> | <b>T</b> | <b>V</b> | <b>m</b>           | <b>COT</b> |
|   | $\text{Água}$ |          |          | $\text{mg.dm}^{-3}$     |           |           | $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ |                  |           | $\%$     |          |          | $\text{g.kg}^{-1}$ |            |
| 0-20 cm   | 4,6           | 18       | 100      | 13                      | 0,44      | 1,16      | 0,3                            | 2,49             | 1,72      | 2,16     | 4,21     | 41       | 20                 | 14         |
| 20-40 cm  | 4,1           | 6,0      | 65       | 16                      | 0,56      | 0,68      | 0,2                            | 2,51             | 1,05      | 1,61     | 3,56     | 29       | 35                 | 14         |

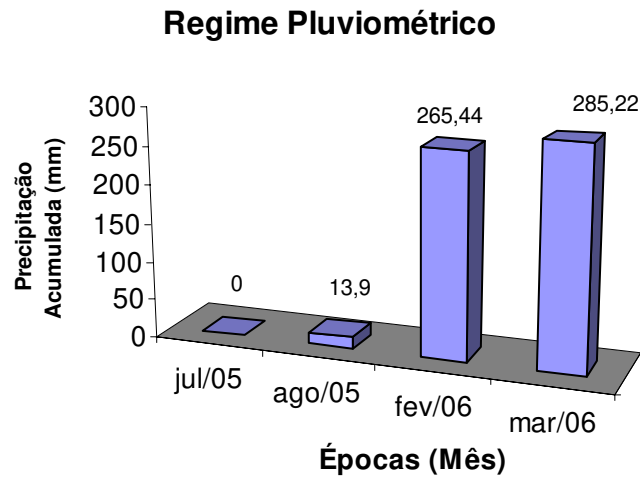
  

| <b>Caracterização química na região da área de tráfego de máquinas e implementos:</b> |               |          |          |                         |           |           |                                |                  |           |          |          |          |                    |            |
|---|---------------|----------|----------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|------------|
| <b>Prof.</b>  | <b>PH</b>     | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>S-SO<sub>4</sub></b> | <b>Al</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b>                      | <b>H+<br/>Al</b> | <b>SB</b> | <b>t</b> | <b>T</b> | <b>V</b> | <b>m</b>           | <b>COT</b> |
|   | $\text{Água}$ |          |          | $\text{mg.dm}^{-3}$     |           |           | $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ |                  |           | $\%$     |          |          | $\text{g.kg}^{-1}$ |            |
| 0-20 cm   | 5,5           | 10       | 76       | 7                       | 0,12      | 1,15      | 0,28                           | 2,12             | 1,62      | 1,74     | 3,74     | 43       | 7                  | 15         |
| 20-40 cm  | 5,1           | 5,0      | 34       | 9                       | 0,28      | 0,69      | 0,2                            | 2,07             | 0,98      | 1,26     | 3,05     | 32       | 22                 | 14         |

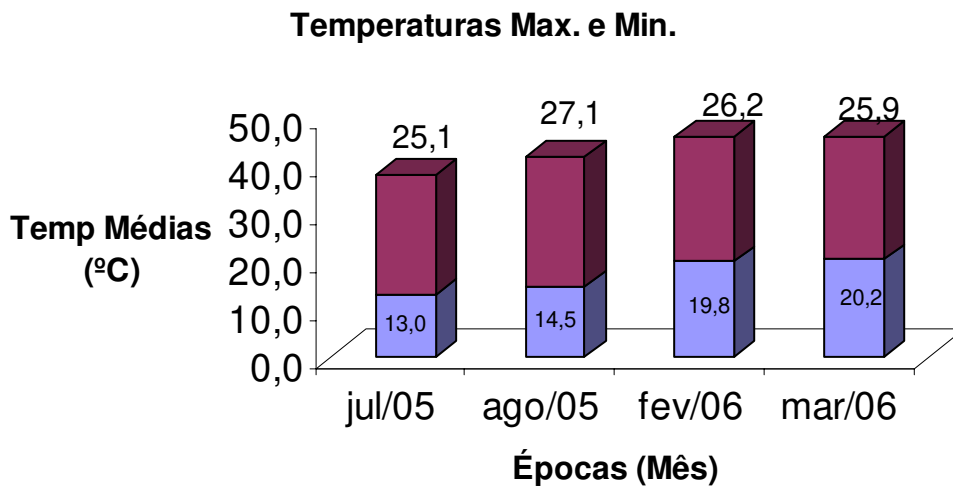
  

| <b>Caracterização química na região entre linhas do cafeeiro:</b> |               |          |          |                                   |           |           |                                |                  |           |          |          |          |                    |            |
|---|---------------|----------|----------|-----------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------|------------|
| <b>Prof.</b>  | <b>PH</b>     | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>S-<br/>S<br/>O<sub>4</sub></b> | <b>Al</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b>                      | <b>H+<br/>Al</b> | <b>SB</b> | <b>t</b> | <b>T</b> | <b>V</b> | <b>m</b>           | <b>COT</b> |
|   | $\text{Água}$ |          |          | $\text{mg.dm}^{-3}$               |           |           | $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ |                  |           | $\%$     |          |          | $\text{g.kg}^{-1}$ |            |
| 0-20 cm   | 5,8           | 10       | 68       | 5                                 | 0,16      | 1,34      | 0,38                           | 2,03             | 1,89      | 2,05     | 3,92     | 48       | 8                  | 16,0       |
| 20-40 cm  | 5,4           | 4,0      | 27       | 10                                | 0,21      | 0,79      | 0,26                           | 1,97             | 1,12      | 1,33     | 3,09     | 36       | 16                 | 14         |

Os Gráficos 1 e 2 correspondem ao regime pluviométrico e as médias de temperaturas máximas e mínimas durante os meses de realização do experimento, e foram obtidos na Estação Agrometeorológica localizada na Fazenda Experimental do Glória pertencente Universidade Federal de Uberlândia; alocada a 18° 58' de latitude Sul e 48° 12' de longitude Oeste, a uma altitude de 912m.



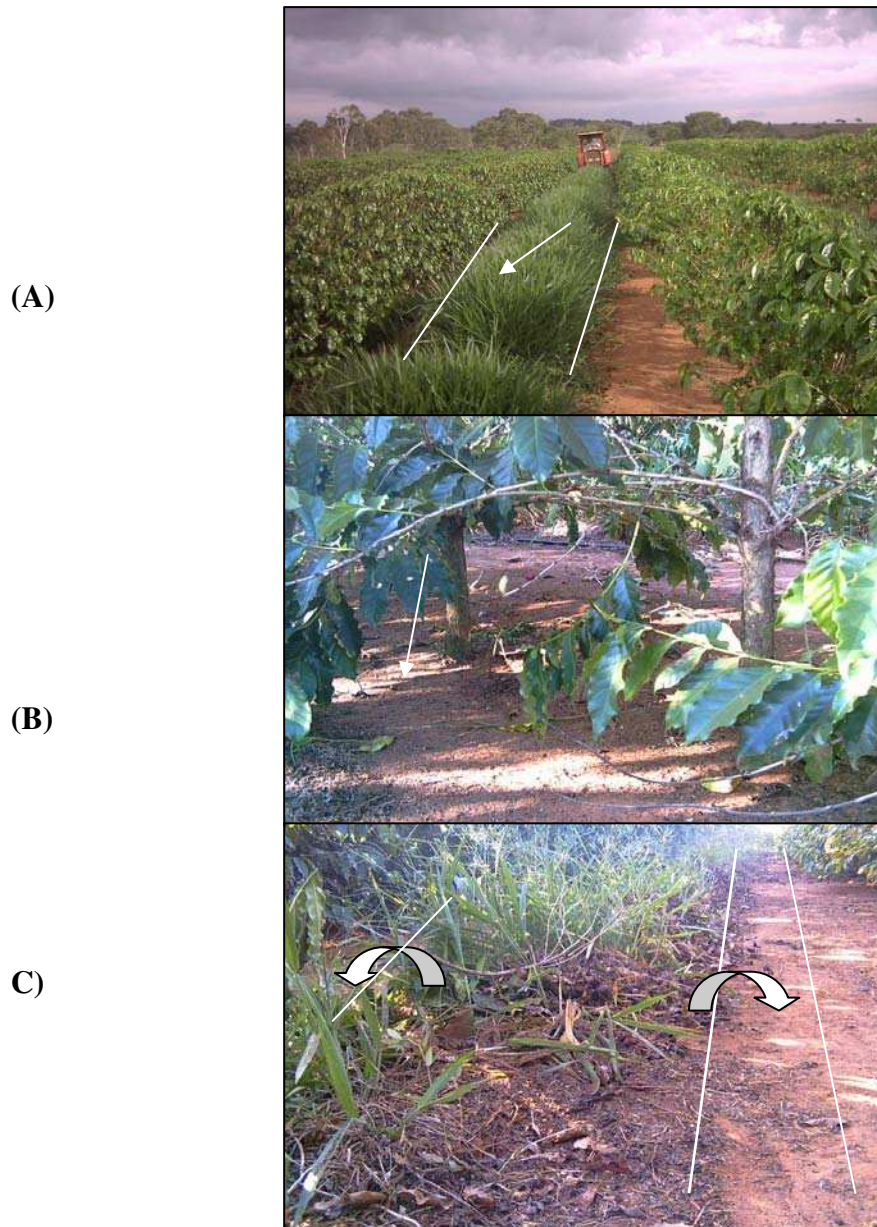
**Gráfico 1** - Acúmulo pluviométrico referente aos meses de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006:



**Gráfico 2** - Médias das temperaturas máximas e mínimas registradas nos meses de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006.

### 3.3 Delineamento Experimental

Foram delimitados quatro talhões ou malhas de 20 x 60 m cada, contendo 60 pontos equidistantes de 3,5 m x 4,0 m, os quais foram posteriormente georeferenciados. Os pontos foram alocados em seqüência de modo a contemplar as seguintes posições: entre linhas de tráfego (meio da rua), sob a projeção da planta (saia do cafeeiro) e linhas de tráfego (sob o rodado do pneu do trator) (Figura 1).



**Figura 1** - Fotos da área experimental com destaque para as regiões de amostragem: (A)- entre linhas de cultivo (meio da rua), (B)- sob a planta (saia do cafeeiro) e (C)- área compactada por pneus (rodada):



### 3.4 Discrição dos Tipos de Manejo Adotados

Os manejos utilizados em cada malha(M) foram:

- M1- Controle de plantas espontâneas com herbicida sistêmico e adubações semanais ministradas através da água de irrigação por gotejamento, efetuada com base na evaporação do tanque classe A no dia anterior, acrescido de 20% (Quadro 1);
- M2- Controle de plantas espontâneas com grade niveladora e adubações ministradas manualmente na forma granulada sem irrigação suplementar, efetuada nas mesmas proporções do sistema fertirrigado (sequeiro) (Quadro 1);
- M3- Controle de plantas espontâneas com grade niveladora e adubações semanais ministradas através da água de irrigação por gotejamento efetuada com base na evaporação do tanque classe A do dia anterior, acrescido de 20% (Quadro 1);
- M4- Controle de plantas espontâneas com herbicida sistêmico e adubações ministradas manualmente na forma granulada sem irrigação suplementar, efetuada nas mesmas proporções do sistema fertirrigado (sequeiro) (Quadro 1).

**Quadro 1** - Croqui da disposição e sequência dos pontos de amostragens georeferenciados para cada uma das quatro malhas submetidas aos manejos M1,M2, M3 e M4.

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | Meio | saia | rod. |
| 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | Meio | saia | rod. |
| 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 39   | 40   | 41   | 42   | 43   | 44   | 45   |
| meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | Meio | saia | rod. |
| 46   | 47   | 48   | 49   | 50   | 51   | 52   | 53   | 54   | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   |
| meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | meio | saia | rod. | Meio | saia | rod. |

BORDADURA

Nos manejos em que a planta foi submetida à irrigação (manejos M1 e M3) na projeção da saia da planta, utilizou-se o sistema de gotejamento, realizado em período de déficit hídrico para suprir 120 % da quantidade de água evaporada no tanque Classe A instalado na área. Nos demais manejos o fornecimento de água às plantas restringiu-se à precipitação pluviométrica natural.

Antes do início e durante a colheita do café (maio a julho) a irrigação é suspensa, retornando a mesma assim que é terminada. O processo da “arruação”, realizado pouco antes

do início da colheita, com a finalidade de não atrapalhar a “catação” e não propiciar a fermentação dos frutos, consiste em deslocar toda a matéria orgânica contida sob a projeção da planta para as entre linhas de cultivo (meio da rua) e rodada do trator. Esta matéria orgânica volta para a saia do cafeeiro (sob a planta) após a colheita.

Nos tratamentos onde utilizou-se herbicida no controle de plantas espontâneas, foi realizada uma roçada 7 dias após a aplicação de glifosato, afim de não controlar de modo efetivo a *Brachiaria decumbens* e sim evitar com que a planta disperse sementes.

### **3.5 Amostragem da Área**

As coletas foram realizadas quando do experimento constava com a idade de 3 anos e meio (julho/agosto de 2005) e 4 anos (fevereiro/março de 2006) respectivamente, abrangendo assim duas épocas de condições climáticas distintas (época “da seca” e época “das águas”); foram coletadas 480 amostras de solo (60 em cada tratamento) nas profundidades 0-20cm e 20-40cm, alternadas nas posições meio da rua, projeção da copa (saia do cafeeiro) e rodado do trator. Os manejos de controle de plantas espontâneas foram efetuados na semana seguinte à amostragem de campo.

### **3.6 Determinações Experimentais**

As determinações laboratoriais abaixo especificadas foram realizadas no Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS) do Instituto de ciências Agrárias pertencente à Universidade Federal de Uberlândia conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a 5% pelo software SISVAR. Para a análise da estatística espacial os dados foram interpretados por meio do software GS+ 7.

#### **3.6.1 pH em água: relação 1/ 2,5**

Adicionou-se 10 cm<sup>3</sup> de solo (TFSA) em copinho de plástico e acrescentou 25 ml de água destilada. Então procedeu a agitação por 15 minutos em agitador horizontal 220 rpm, com repouso 45 minutos. A calibração do pHmetro foi realizada com solução tampão 4,0 e 7,0. A agitação das amostras foram efetuadas com bastão e posterior introdução do eletrodo. Procedendo então a realização das leituras.

### 3.6.2 pH SMP (Shoemaker, Mc lean, Pratt)

Adicionou-se 10 cm<sup>3</sup> de solo (TFSA) em copinho plástico juntamente com 25 ml de solução CaCl<sub>2</sub>. 2H<sub>2</sub>O 0,01 mol. L<sup>-1</sup>. Foi acrescentados 5 ml de solução tampão SMP , a pH 7,5 , com posterior agitação durante 15 minutos em agitador horizontal 220 rpm. Posteriormente a a solução foi deixada em repouso durante 45 minutos, e então foi realizada a leitura tal qual foi realizada para a determinação do pH em água.

**Quadro 2** - Correspondência de valores de pH<sub>SMP</sub> e H + Al (dados em meg/10 cm<sup>3</sup> de solo):

| pH <sub>SMP</sub> | H+ Al | pH <sub>SMP</sub> | H+ Al | pH <sub>SMP</sub> | H+ Al |
|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| 3,5               | 58,8  | 5,0               | 12,1  | 6,50              | 2,5   |
| 3,55              | 55,8  | 5,05              | 11,5  | 6,55              | 2,4   |
| 3,60              | 52,8  | 5,10              | 10,9  | 6,60              | 2,2   |
| 3,65              | 50,2  | 5,15              | 10,4  | 6,65              | 2,1   |
| 3,70              | 47,7  | 5,20              | 9,8   | 6,70              | 2,0   |
| 3,75              | 45,2  | 5,25              | 9,3   | 6,75              | 1,9   |
| 3,80              | 42,9  | 5,30              | 8,8   | 6,80              | 1,8   |
| 3,85              | 40,7  | 5,35              | 8,4   | 6,85              | 1,7   |
| 3,90              | 38,6  | 5,40              | 8,0   | 6,90              | 1,6   |
| 3,95              | 36,6  | 5,45              | 7,5   | 6,95              | 1,6   |
| pH <sub>SMP</sub> | H+ Al | pH <sub>SMP</sub> | H+ Al | pH <sub>SMP</sub> | H+ Al |
| 4,00              | 34,7  | 5,50              | 7,2   | 7,00              | 1,5   |
| 4,05              | 33,0  | 5,55              | 6,8   | 7,05              | 1,4   |
| 4,10              | 31,3  | 5,60              | 6,4   | 7,10              | 1,3   |
| 4,15              | 29,7  | 5,65              | 6,1   | 7,15              | 1,3   |
| 4,20              | 28,1  | 5,70              | 5,8   | 7,20              | 1,2   |
| 4,25              | 26,7  | 5,75              | 5,5   | 7,25              | 1,1   |
| 4,30              | 25,3  | 5,80              | 5,2   | 7,30              | 1,1   |
| 4,35              | 24,0  | 5,85              | 5,0   | 7,35              | 1,0   |
| 4,40              | 22,8  | 5,90              | 4,7   | 7,40              | 1,0   |
| 4,45              | 21,6  | 5,95              | 4,5   | 7,45              | 0,9   |
| 4,50              | 20,5  | 6,00              | 4,2   | 7,50              | 0,9   |
| 4,55              | 19,5  | 6,05              | 4,0   | 7,55              | 0,8   |
| 4,60              | 18,5  | 6,10              | 3,8   | 7,60              | 0,8   |
| 4,65              | 17,5  | 6,15              | 3,6   | 7,65              | 0,7   |
| 4,70              | 16,6  | 6,20              | 3,4   | 7,70              | 0,7   |
| 4,75              | 15,8  | 6,25              | 3,3   | 7,75              | 0,7   |
| 4,80              | 15,0  | 6,30              | 3,1   | 7,80              | 0,6   |
| 4,85              | 14,2  | 6,35              | 2,9   | 7,85              | 0,6   |
| 4,90              | 13,5  | 6,40              | 2,8   | 7,90              | 0,6   |
| 4,95              | 12,8  | 6,45              | 2,6   | 7,95              | 0,5   |

Preparo da solução SMP : Em balão volumétrico de 1 litro, foi adicionados os seguintes componentes em ordem, com posterior complementação do volume com água:

- 106,2 g de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- 6,0 g de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )
- 4,0 g de acetato de cálcio
- 5,0 ml de trietanolamina

Separadamente, foram dissolvidos 3,6 g de p-nitrofenol em cerca de 200 ml de água quente, filtrando, a fim de eliminar impurezas, acrescentando esta solução ao balão volumétrico. Antes da agitação da solução, o volume foi completado. Após um intervalo de 24 horas a solução foi ajustada a pH a 7,5 com NaOH, e mantida em refrigerador.

### 3.6.3 Cálcio + Magnésio

#### Reagentes utilizados:

- óxido lantânio a 0,5%  $\text{La}_2\text{O}_3$
- cloreto de potássio a 1 molar

#### Metodologia:

- Foram coletados  $10\text{cm}^3$  de TFSA (terra fina seca ao ar) em copos plásticos com tampa;
- Posteriormente foi adicionado 100 mL de Solução de Cloreto de Potássio (1);
- Procedeu a agitação da solução por 15 minutos em agitador horizontal a 220 rpm;
- A solução permaneceu em repouso por aproximadamente 16 horas.
- Então foi realizada a pipetagem de 1 mL do extrato com posterior transferência para copo descartável;
- Onde foram adicionados 9 mL de Solução de Óxido Lantânio (2)
- As leituras foram realizadas utilizando espectrofotômetro de absorção atômica.

Soluções:**(1) Solução de Cloreto de Potássio**

- 25g de cloreto de potássio em, balão de 250 mL;
- completando o volume com água destilada.

**(2) Solução de Óxido Lantânio**

- 50 mL de óxido lantânio a 5% diluídos em 500 mL de água destilada;

**3.6.4 Interpretação geoestatística**

No referente a análise espacial é importante descrever o seguinte procedimento:

Segundo Vieira et al (1983) a variabilidade espacial pode ser descrita através de semivariogramas que medem a dependência espacial dos atributos, sendo a semivariância descrita pela seguinte fórmula:

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

Onde  $N(h)$  representa o número de pares de valores medidos,  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$ , separados por uma determinada distância ( $h$ ). Os valores de  $Z$  podem ser qualquer um dos parâmetros estudados, enquanto os valores de  $x_i$  e  $x_i + h$  são definidos de acordo com as posições amostrais no campo. Deste modo após o cálculo do semivariograma  $\gamma(h)$  e da distância ( $h$ ) os valores são devidamente dispostos em gráficos de dispersão, tendo como valores de  $Y$  as semivariâncias e de  $X$  as distâncias.

No presente trabalho foram testados semivariogramas com patamar dos tipos: linear, exponencial, esférico, e gaussiano, e sem patamar do tipo linear:

a) Modelo linear com patamar:

$$\gamma(h) = C_0 + \frac{C_1}{a} h \quad 0 < h < a$$

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

b) Modelo linear sem patamar:

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

c) Modelo Exponencial:

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

d) Modelo Esférico:

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

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

e) Modelo gaussiano:

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

Onde:

- $(C_0)$  é o efeito pepita, que é o valor de semivariância quando a distância é igual a zero.
- $(C_0 + C_1)$  é o patamar, onde a medida que aumenta a distância também aumenta o valor da semivariância, isto até um valor máximo onde ocorre a estabilização.
- $(a)$  que é o alcance, ou seja, a distância onde a semivariância se estabiliza e também o limite de dependência espacial, que representa o raio de um círculo, onde os valores são tão semelhantes, que tornam-se correlacionados.

Entretanto quando a função  $\gamma(h)$  for dependente da distância  $(h)$ , os valores são semelhantes, o que possibilita estimar locais onde os atributos não foram medidos, ou seja, houve dependência espacial. A medida de uma determinada posição geográfica também pode ser obtida com base na seguinte equação:

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

Onde:

- $N$  é o número de vizinhos utilizados na estimativa;
- $\lambda_i$  é o peso associado medido ao valor na posição  $x_i$ .

Submetendo a equação acima às condições em que a estimativa seja sem tendenciosidade e com variância mínima, chega-se ao sistema de equações de “krigagem”.

Os mapas de krigagem foram apresentados no trabalho em questão a fim de estimar os atributos químicos: teores de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , pH em água e ph pelo método SMP em ambas profundidades.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Estatística Clássica**

#### **4.1.1 Estatística Clássica Referente ao Elemento Ca<sup>2+</sup>**

Independente da profundidade e do sistema de manejo utilizado para o controle das plantas espontâneas e do tipo de fornecimento de água para a cultura, observa-se (Tabelas 3 e 4), que as menores concentrações do elemento cálcio são encontradas na região da saia do cafeeiro na época da seca (julho/agosto de 2005). Esta constatação evidencia que a região de projeção da copa (saias do cafeeiro) concentra a maior parte das raízes efetivas na nutrição da planta. Maior densidade de crescimento radicular nesta região está associada ao micro ambiente em termos de umidade, pH, temperatura produzida tanto pela parte aérea da planta como pela atividade das raízes e microorganismos. A interação destas ações contribui para melhorar a disponibilidade do cálcio no sistema solo/solução, com maior exportação pela planta via fruto. Neste período do ano, a região da saia encontra-se também destituída da liteira orgânica devido ao processo de arruação efetuada em março/abril para a colheita do café. Menor teor de matéria orgânica e de atividade biológica pode também estar relacionado que o maior esgotamento do cálcio nesta região. Ao analisar o teor de cálcio na profundidade de 0 – 20 cm, no período das águas, ou seja, fevereiro/março de 2006, época em que ocorreu elevado regime pluviométrico na região (Gráfico 1) observa-se, que com a exceção do sistema de manejo herbicida e irrigado (H/I), a região da saia apresentou os maiores teores do nutriente cálcio no solo. Tal fato ocorreu possivelmente devido a devolução da liteira da arruação para a debaixo da planta, ocasionando melhor equilíbrio para a atividade biológica nos fatores umidade e temperatura do solo nesta região. Para a profundidade de 20 – 40 cm observou-se que no período chuvoso, de modo geral os teores de cálcio no solo apresentaram comportamento semelhante ao período da seca, ou seja, com as maiores quantidade localizadas na região da saia do cafeeiro.



**Tabela 3** - Teores de cálcio em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^3$  em três regiões amostrais, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-20cm:

|              | Épocas              |                     |                      |                     |               |                      |                     |                    |                     |                    |
|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|              | Julho/Agosto 2005   |                     |                      |                     |               | Fevereiro/Março 2006 |                     |                    |                     |                    |
|              | Região              | H/I                 | G/S                  | G/I                 | H/S           | Média                | H/I                 | G/S                | G/I                 | H/S                |
| Meio         | 1,59<br>aB $\alpha$ | 1,57<br>aB $\alpha$ | 2,04<br>abA $\alpha$ | 1,98<br>aA $\alpha$ | <b>1,79 a</b> | 1,27<br>aBC $\beta$  | 0,99<br>bB $\beta$  | 0,61<br>bC $\beta$ | 1,45<br>aA $\beta$  | <b>1,08<br/>ab</b> |
| Saia         | 1,55<br>bB $\alpha$ | 1,59<br>aA $\alpha$ | 1,88<br>bA $\alpha$  | 1,05<br>bB $\beta$  | <b>1,52 b</b> | 0,67<br>bB $\beta$   | 1,54<br>aA $\beta$  | 0,96<br>aB $\beta$ | 1,52<br>aA $\alpha$ | <b>1,17 a</b>      |
| Rodada       | 1,73<br>aB $\alpha$ | 1,84<br>aB $\alpha$ | 2,26<br>aA $\alpha$  | 1,84<br>aB $\alpha$ | <b>1,92 a</b> | 0,93<br>bB $\beta$   | 1,21<br>bBC $\beta$ | 0,47<br>bC $\beta$ | 1,46<br>aA $\beta$  | <b>1,01 b</b>      |
| <b>Média</b> | <b>1,62BC</b>       | <b>1,67B</b>        | <b>2,06A</b>         | <b>1,62BC</b>       |               | <b>0,95C</b>         | <b>1,24B</b>        | <b>0,68D</b>       | <b>1,48+A</b>       |                    |
|              | C,V 1(%) 27,03      |                     |                      |                     |               | C,V 2(%) 33,38       |                     |                    |                     |                    |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 4** - Teores de cálcio em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^3$  em três regiões amostrais, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 20-40cm:

|              | Épocas               |                     |                     |                      |               |                      |                     |                     |                    |               |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005    |                     |                     |                      |               | Fevereiro/Março 2006 |                     |                     |                    |               |
|              | Região               | H/I                 | G/S                 | G/I                  | H/S           | Média                | H/I                 | G/S                 | G/I                | H/S           |
| Meio         | 1,07<br>aB $\alpha$  | 0,72<br>aC $\alpha$ | 1,24<br>aB $\alpha$ | 1,39<br>aA $\alpha$  | <b>1,10 a</b> | 0,50<br>aB $\beta$   | 0,81<br>bA $\beta$  | 0,75<br>aAB $\beta$ | 0,82<br>aA $\beta$ | <b>0,72 a</b> |
| Saia         | 0,78<br>bA $\alpha$  | 0,51<br>aB $\beta$  | 0,83<br>bA $\alpha$ | 0,82<br>bA $\alpha$  | <b>0,73 b</b> | 0,36<br>aB $\beta$   | 1,08<br>aA $\alpha$ | 0,31<br>bB $\beta$  | 0,96<br>aA $\beta$ | <b>0,67 a</b> |
| Rodada       | 0,99<br>abB $\alpha$ | 0,72<br>aC $\alpha$ | 1,39<br>aA $\alpha$ | 1,24<br>aBC $\alpha$ | <b>1,08 a</b> | 0,43<br>aB $\beta$   | 0,68<br>bB $\alpha$ | 0,46<br>bB $\beta$  | 1,00<br>aA $\beta$ | <b>0,64 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,95 B</b>        | <b>0,65 C</b>       | <b>1,15 A</b>       | <b>1,15 A</b>        |               | <b>0,43 B</b>        | <b>0,85 A</b>       | <b>0,51 B</b>       | <b>0,92 A</b>      |               |
|              | C.V 1(%) 33.44       |                     |                     |                      |               | C.V 2(%) 46.24       |                     |                     |                    |               |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Quanto às posições meio da rua (entre linhas) e linha de tráfego (rodado), na profundidade de 0 – 20 cm observou-se que tanto no período da seca como das águas, na maioria dos sistemas de manejo, os teores de cálcio foram maiores na região onde a infiltração e o crescimento radicular é menor, ou seja, na linha de tráfego. Isto evidencia a menor lixiviação e/ou absorção do cálcio pelas plantas neste local, devido a maior compactação imposta pela pressão do rodado sobre a superfície do solo. Na profundidade de 20 – 40 cm observou-se uma tendência inversa, ou seja, o menor teor de cálcio encontrava-se na região do rodado, principalmente no período das águas, devido a este constituir o local

mais próximo da saia do cafeeiro, portanto com maior concentração de raízes e ainda estar sujeito a perda do elemento por efeito do gradiente de concentração. A região do rodado do trator constitui também um local compactado, o que dificulta a percolação/descida do calcário para a sub-superfície.

As Tabelas 3 e 4 evidenciaram ainda que, independente do local de amostragem ou do sistema de manejo adotado, tanto na profundidade 0 – 20cm como de 20 – 40 cm, o teor de cálcio disponível no solo foi maior no período da seca nas três regiões de amostragens (meio da rua e saia do cafeeiro e linha de tráfego) comparativamente ao período das águas. Este fato aliado ao baixo regime pluviométrico na época em questão (Gráfico 1) demonstra a ocorrência de uma possível condição de déficit hídrico, na época de julho/agosto de 2005, lembrando que em condições de "stress" hídrico (baixo volume pluviométrico) a planta a fim de evitar perder umidade por evapotranspiração permanece mais tempo com seus estômatos fechados, o que conseqüentemente diminui a relação fonte/dreno, diminuindo também a absorção de nutrientes e água por parte do sistema radicular. Além do mais, os nutrientes são absorvidos pelas plantas via solução do solo, sendo que na época seca a ausência de água (solução do solo) proporciona maiores concentrações de nutrientes no solo.

As Tabelas 3 e 4 também permitem identificar que independente do sistema de manejo adotado a profundidade de 0 - 20 cm apresentou maiores teores do elemento cálcio do que a profundidade de 20 – 40 cm, o que é confirmado pelo fato de o cálcio se tratar de um elemento pouco móvel no perfil do solo, tendendo a se concentrar nas camadas onde foi efetuado a calagem, visto que esta foi realizada sem incorporação no solo, e também onde ocorreu maior decomposição da matéria orgânica.

O sistema de manejo para o controle de plantas espontâneas com herbicida de contato, proporcionou para a época de julho/agosto de 2005, período de baixo índice pluviométrico (Gráfico 1), na profundidade de 0-20cm os menores teores do nutriente cálcio no solo. Possivelmente a proteção das plantas espontâneas dessecadas, as quais possuem grandes quantidades de nutrientes, como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  que são retornados ao solo via depósito da matéria seca tenham reduzido a perda de água do solo, e com isso proporcionado maior absorção por parte das plantas do cafeeiro. Já, no período das águas, de fevereiro/março de 2006, notou-se que a menor disponibilidade de cálcio no solo se deu nas regiões onde foi aplicado os manejos com fertirrigação a fim de reduzir a condição de déficit hídrico, inclusive no período das águas. Esse fato evidencia a importância da fertirrigação na época de baixo índice pluviométrico, pois permitiu que as plantas não paralisassem a marcha da absorção.

#### 4.1.2 Estatística Clássica Referente ao Elemento Mg<sup>2+</sup>

As Tabelas 5 e 6 evidenciaram que independente da época amostral (seca ou chuvosa) e em todas as profundidades estudadas, o local de amostragem saia do cafeeiro apresentou os menores teores do elemento magnésio, seguindo o mesmo comportamento já observado para o cálcio. Observou-se que tanto na profundidade de 0 – 20 cm como na de 20 – 40 cm, tanto no período da seca quanto no período das águas, o sistema de manejo fertirrigado foi que proporcionou maiores teores de Mg<sup>2+</sup> no solo. Este fato evidencia a importância da umidade do solo, proporcionada pela fertirrigação, no processo de oxidação da matéria orgânica. Como este nutriente apresentou menor disponibilidade no solo e nos fertilizantes e ainda pequena exigência em quantidade pela cultura, a decomposição da matéria orgânica pode ter sido fundamental para aumentar a presença deste elemento no solo. Este fato é mais bem caracterizado com os dados das Tabelas 5 e 6 os quais evidenciaram que o manejo das plantas espontâneas com grade foi superior em relação aos teores de Mg<sup>2+</sup>, quando comparado com o uso de herbicida; visto que o implemento grade potencializa a decomposição/mineralização da atividade biológica na camada superficial (0-20cm).

**Tabela 5** - Teores de magnésio em cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-20cm:

|              | Épocas                |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |
|--------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005     |               |               |               |               | Fevereiro/Março 2006  |               |               |               |               |
| Região       | H/I                   | G/S           | G/I           | H/S           | Média         | H/I                   | G/S           | G/I           | H/S           | Média         |
| Meio         | 0,74<br>aABα          | 0,57<br>bBα   | 0,85<br>aAα   | 0,79<br>aAα   | <b>0,74 b</b> | 0,60<br>aBβ           | 0,20<br>aCβ   | 0,93<br>cAβ   | 0,49<br>bBβ   | <b>0,55 a</b> |
| Saia         | 0,52<br>bBα           | 0,58<br>bBα   | 1,03<br>aAα   | 0,43<br>bBα   | <b>0,64 c</b> | 0,47<br>aBβ           | 0,31<br>aBβ   | 0,79<br>aAβ   | 0,28<br>bBβ   | <b>0,46 a</b> |
| Rodada       | 0,84<br>aABα          | 0,83<br>aABα  | 0,91<br>aAα   | 0,67<br>aBα   | <b>0,81 a</b> | 0,61<br>aBβ           | 0,24<br>aCβ   | 0,86<br>aAβ   | 0,44<br>aABβ  | <b>0,54 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,70 B</b>         | <b>0,66 B</b> | <b>0,93 A</b> | <b>0,63 B</b> |               | <b>0,56 B</b>         | <b>0,25 D</b> | <b>0,86 A</b> | <b>0,40 C</b> |               |
|              | <b>C.V 1(%) 38,16</b> |               |               |               |               | <b>C.V 2(%) 40,56</b> |               |               |               |               |

H/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e suplementação de água por fertirrigação; G/S – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e condição de sequeiro; G/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e suplementação de água por fertirrigação; H/S - Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e condição de sequeiro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal comparam épocas e não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 6** - Teores de magnésio em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 20-40cm:

| Região       | Épocas                |                     |                     |                      |                          |                       |                    |                     |                    |               |
|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005     |                     |                     |                      |                          | Fevereiro/Março 2006  |                    |                     |                    |               |
|              | H/I                   | G/S                 | G/I                 | H/S                  | Média                    | H/I                   | G/S                | G/I                 | H/S                | Média         |
| Meio         | 0,49<br>abA $\alpha$  | 0,31<br>aB $\alpha$ | 0,55<br>bA $\alpha$ | 0,58<br>aA $\alpha$  | <b>0,48</b><br><b>ab</b> | 0,36<br>aA $\beta$    | 0,27<br>aA $\beta$ | 0,33<br>abA $\beta$ | 0,36<br>aA $\beta$ | <b>0,33 a</b> |
| Saia         | 0,42<br>bB $\alpha$   | 0,37<br>aB $\alpha$ | 0,68<br>aA $\alpha$ | 0,35<br>bB $\alpha$  | <b>0,45 b</b>            | 0,18<br>bA $\beta$    | 0,20<br>aA $\beta$ | 0,21<br>bA $\beta$  | 0,12<br>bA $\beta$ | <b>0,18 b</b> |
| Rodada       | 0,55<br>aB $\alpha$   | 0,37<br>aC $\alpha$ | 0,69<br>aA $\alpha$ | 0,49<br>aBC $\alpha$ | <b>0,53 a</b>            | 0,31<br>aA $\beta$    | 0,27<br>aA $\beta$ | 0,27<br>abA $\beta$ | 0,33<br>aA $\beta$ | <b>0,29 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>0,48 B</b>         | <b>0,35 C</b>       | <b>0,64 A</b>       | <b>0,47 B</b>        |                          | <b>0,28 A</b>         | <b>0,24 A</b>      | <b>0,27 A</b>       | <b>0,27 A</b>      |               |
|              | <b>C.V 1(%) 37,84</b> |                     |                     |                      |                          | <b>C.V 2(%) 43,09</b> |                    |                     |                    |               |

H/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e suplementação de água por fertirrigação; G/S – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e condição de sequeiro; G/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e suplementação de água por fertirrigação; H/S - Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e condição de sequeiro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal comparam épocas e não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O manejo onde foi conciliado o uso de grade niveladora com fertirrigação apresentou as maiores concentrações do elemento magnésio nas duas profundidades e nas duas épocas amostrais, entretanto é importante salientar que a grade não foi utilizada diretamente na região da saia do cafeeiro, ou seja, a maior concentração do elemento nessa região provavelmente se deu a um efeito de translocação desse elemento das regiões do meio da rua e linha de tráfego do trator para a região da projeção da copa do cafeeiro.

Independente da profundidade amostrada o manejo 2 apresentou os menores teores do elemento magnésio, enquanto que o manejo 3 apresentou os maiores teores. Nas mesmas Tabelas (5 e 6) também foi possível verificar a baixa mobilidade do elemento magnésio, ao se observar que independente do manejo adotado, as concentrações de magnésio foram bem maiores na profundidade de 0 – 20cm do que na profundidade de 20 – 40cm.

Ao se comparar as épocas independentes da profundidade, têm-se maiores concentrações de magnésio na época de julho/agosto de 2005, que condiz com a época de menor regime pluviométrico e conseqüentemente a época de maior stress hídrico e menor absorção por parte do sistema radicular, como já havia sido observado para o elemento cálcio.

### 4.1.3 Estatística Clássica Referente ao pH em H<sub>2</sub>O

Analisando os três locais de amostragem do solo, independente do manejo utilizado, observou-se pelas Tabelas 7 e 8 que a região da saia do cafeeiro apresentou menores níveis de pH nas duas profundidades e nas duas épocas amostrais. Essa maior acidez se deu pelo fato de se uma região na qual ocorreu maior extração de bases trocáveis por parte do sistema radicular do cafeeiro com conseqüente substituição dessas bases por ácidos complexos, contribuindo para esta maior acidez. Na região da saia do cafeeiro tem-se também o efeito do sistema radicular na liberação de exudados e de prótons H<sup>+</sup> para manter o equilíbrio eletroquímico, o que também promoveu o aumento da acidez. Os maiores níveis de pH na região da entre linha do cafeeiro (meio da rua e linha de tráfego do trator) são explicados pela presença da *Braquiaria decumbens* que possui sistema radicular agressivo e tolerante a acidez que contribuiu para a diminuição da acidez, devido a uma maior percolação do calcário, em função da formação de canalículos, e maior agregação.

**Tabela 7** - Níveis de acidez ativa do solo em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-20cm:

| Região       | Épocas               |               |               |               |                          |                      |               |               |               |               |
|--------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005    |               |               |               |                          | Fevereiro/Março 2006 |               |               |               |               |
|              | H/I                  | G/S           | G/I           | H/S           | Média                    | H/I                  | G/S           | G/I           | H/S           | Média         |
| Meio         | 5,26<br>aAβ          | 5,57<br>aAα   | 5,32<br>aAβ   | 5,41<br>abAα  | <b>5,39</b><br><b>ab</b> | 5,56<br>aAα          | 4,98<br>aBβ   | 5,74<br>aAα   | 5,17<br>aBβ   | <b>5,36 a</b> |
| Saia         | 5,38<br>aAβ          | 5,43<br>aAα   | 5,30<br>aAβ   | 5,17<br>bAα   | <b>5,32 b</b>            | 5,71<br>aAα          | 4,62<br>bBβ   | 5,59<br>aAα   | 4,60<br>bBβ   | <b>5,13 b</b> |
| Rodada       | 5,45<br>aAβ          | 5,59<br>aAα   | 5,30<br>aAβ   | 5,49<br>aAα   | <b>5,45 a</b>            | 5,71<br>aAα          | 4,86<br>abBβ  | 5,84<br>aAα   | 5,11<br>aBβ   | <b>5,38 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>5,36 B</b>        | <b>5,53 A</b> | <b>5,30 B</b> | <b>5,35 B</b> |                          | <b>5,66 A</b>        | <b>4,82 B</b> | <b>5,76 A</b> | <b>4,96 B</b> |               |
|              | <b>C.V 1(%) 5,68</b> |               |               |               |                          | <b>C.V 2(%) 8,10</b> |               |               |               |               |

H/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e suplementação de água por fertirrigação; G/S – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e condição de sequeiro; G/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e suplementação de água por fertirrigação; H/S - Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e condição de sequeiro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal comparam épocas e não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 8** - Níveis de acidez ativa do solo em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 20-40cm:

| Região       | Épocas               |                      |                      |                      |               |                      |                    |                     |                      |               |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005    |                      |                      |                      |               | Fevereiro/Março 2006 |                    |                     |                      |               |
|              | H/I                  | G/S                  | G/I                  | H/S                  | Média         | H/I                  | G/S                | G/I                 | H/S                  | Média         |
| Meio         | 5,22<br>abB $\alpha$ | 5,49<br>aAB $\alpha$ | 5,17<br>aB $\beta$   | 5,59<br>abA $\alpha$ | <b>5,37 a</b> | 5,28<br>aAB $\alpha$ | 5,20<br>aB $\beta$ | 5,59<br>aA $\alpha$ | 5,27<br>aAB $\beta$  | <b>5,33 a</b> |
| Saia         | 5,08<br>bA $\alpha$  | 5,18<br>bA $\alpha$  | 5,05<br>bA $\beta$   | 4,97<br>bA $\alpha$  | <b>5,07 b</b> | 5,20<br>aA $\alpha$  | 4,59<br>bB $\beta$ | 5,33<br>aA $\alpha$ | 4,30<br>bB $\beta$   | <b>4,85 b</b> |
| Rodada       | 5,43<br>aA $\alpha$  | 5,45<br>aA $\alpha$  | 5,38<br>abA $\alpha$ | 5,35<br>aA $\alpha$  | <b>5,40 a</b> | 5,34<br>aA $\alpha$  | 4,97<br>aB $\beta$ | 5,37<br>aA $\alpha$ | 5,27<br>aAB $\alpha$ | <b>5,23 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>5,24 A</b>        | <b>5,37 A</b>        | <b>5,20 A</b>        | <b>5,30 A</b>        |               | <b>5,27 A</b>        | <b>4,92 B</b>      | <b>5,43 A</b>       | <b>4,94 B</b>        |               |
|              | <b>C.V 1(%) 7,50</b> |                      |                      |                      |               | <b>C.V 2(%) 8,22</b> |                    |                     |                      |               |

H/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e suplementação de água por fertirrigação; G/S – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e condição de sequeiro; G/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e suplementação de água por fertirrigação; H/S - Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e condição de sequeiro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal comparam épocas e não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Observou-se que independente da profundidade e do local de amostragem na época de julho/agosto de 2005 as regiões que apresentaram maiores níveis de acidez foram a região onde empregou a fertirrigação. A utilização de fertilizantes nitrogenados de caráter ácidos como uréia e sulfato de amônio alteram o pH. O mesmo não se observou na época de fevereiro/março de 2006, pois neste período o regime pluviométrico é elevado (Quadro 1), o que provavelmente contribuiu para a maior traslocação dos adubos nitrogenados para a sub-superfície ( 20-40cm). O que se observa nessa época é justamente o contrário, os manejos onde em nenhum momento se faz o uso de fertirrigação apresentaram acidez maior ao se analisar o período com alto regime pluviométrico.

#### 4.1.4 Estatística Clássica Referente ao pH SMP

As Tabelas 9 e 10 permitem afirmar no comparativo aos locais de amostragem, que a região da saia do cafeeiro apresentou os maiores níveis de acidez potencial para as duas épocas amostrais tanto na profundidade de 0-20cm como na profundidade de 20-40cm, tal é resultante da aplicação de adubos acidificantes como uréia e sulfato de amônio que através do processo de nitrificação do solo, pela ação de microorganismos que acabam promovendo a liberação de íons H<sup>+</sup> e conseqüente solubilização do alumínio presente na solução solo. Tal

também é confirmado pelo fato da região da saia do cafeeiro apresentar maior umidade em relação às demais regiões, o que resulta numa maior atuação da atividade microbiana.

**Tabela 9** - Níveis de acidez potencial do solo em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-20cm:

| Região       | Épocas               |                      |                     |                       |                          |                      |                     |                     |                     |               |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005    |                      |                     |                       |                          | Fevereiro/Março 2006 |                     |                     |                     |               |
|              | H/I                  | G/S                  | G/I                 | H/S                   | Média                    | H/I                  | G/S                 | G/I                 | H/S                 | Média         |
| Meio         | 2,95<br>aAB $\alpha$ | 3,72<br>aA $\alpha$  | 2,88<br>aB $\beta$  | 3,64<br>abAB $\alpha$ | <b>3,29</b><br><b>ab</b> | 2,86<br>aB $\alpha$  | 2,64<br>aB $\beta$  | 3,96<br>bA $\alpha$ | 2,86<br>bB $\beta$  | <b>3,08 b</b> |
| Saia         | 3,04<br>aA $\alpha$  | 3,49<br>aA $\alpha$  | 2,89<br>aA $\beta$  | 3,31<br>bA $\alpha$   | <b>3,18 b</b>            | 2,73<br>aB $\alpha$  | 2,53<br>aB $\beta$  | 4,80<br>aA $\alpha$ | 2,28<br>bB $\alpha$ | <b>3,08 b</b> |
| Rodada       | 2,86<br>aC $\alpha$  | 3,70<br>aAB $\alpha$ | 3,22<br>aBC $\beta$ | 4,18<br>aA $\alpha$   | <b>3,49 a</b>            | 2,82<br>aC $\alpha$  | 2,97<br>aBC $\beta$ | 4,89<br>aA $\alpha$ | 3,63<br>aB $\beta$  | <b>3,58 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>2,95 B</b>        | <b>3,63 A</b>        | <b>3,00 B</b>       | <b>3,71 A</b>         |                          | <b>2,80 B</b>        | <b>2,71 B</b>       | <b>4,55 A</b>       | <b>2,92 B</b>       |               |
|              | C.V 1(%) 16,30       |                      |                     |                       |                          | C.V 2(%) 31,89       |                     |                     |                     |               |

H/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e suplementação de água por fertirrigação; G/S – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e condição de sequeiro; G/I – Sistema de Manejo das plantas espontâneas com grade e suplementação de água por fertirrigação; H/S - Sistema de Manejo das plantas espontâneas com herbicida e condição de sequeiro. Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal comparam épocas e não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 10** - Níveis de acidez potencial do solo em três locais de amostragens, duas épocas do ano agrícola e quatro diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 20-40cm:

| Região       | Épocas              |                      |                      |                     |               |                      |                     |                     |                     |               |
|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|
|              | Julho/Agosto 2005   |                      |                      |                     |               | Fevereiro/Março 2006 |                     |                     |                     |               |
|              | H/I                 | G/S                  | G/I                  | H/S                 | Média         | H/I                  | G/S                 | G/I                 | H/S                 | Média         |
| Meio         | 4,26<br>bA $\alpha$ | 3,46<br>bB $\alpha$  | 4,11<br>bA $\alpha$  | 2,95<br>bB $\alpha$ | <b>3,69 b</b> | 2,51<br>aA $\beta$   | 2,49<br>bA $\beta$  | 2,52<br>aA $\beta$  | 2,36<br>bA $\beta$  | <b>2,47 b</b> |
| Saia         | 4,06<br>bA $\alpha$ | 3,39<br>bBC $\alpha$ | 3,83<br>bAB $\alpha$ | 2,95<br>bB $\alpha$ | <b>3,56 b</b> | 2,33<br>aA $\beta$   | 2,44<br>bA $\beta$  | 2,61<br>aA $\beta$  | 2,34<br>bA $\beta$  | <b>2,43 b</b> |
| Rodada       | 4,83<br>aA $\alpha$ | 4,43<br>aAB $\alpha$ | 4,45<br>aA $\alpha$  | 3,84<br>aB $\alpha$ | <b>4,39 a</b> | 2,64<br>aC $\beta$   | 3,33<br>aAB $\beta$ | 3,03<br>aBC $\beta$ | 3,92<br>aA $\alpha$ | <b>3,23 a</b> |
| <b>Média</b> | <b>4,38A</b>        | <b>3,76B</b>         | <b>4,13AB</b>        | <b>3,25C</b>        |               | <b>2,49B</b>         | <b>2,75AB</b>       | <b>2,72AB</b>       | <b>2,87A</b>        |               |
|              | C.V 1(%) 19,25      |                      |                      |                     |               | C.V 2(%) 23,29       |                     |                     |                     |               |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade; Letras gregas iguais na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade

A atuação do sistema radicular na acidificação do solo também deve ser considerada, visto que no processo de absorção de nutrientes o sistema radicular necessita manter o equilíbrio eletroquímico com o solo, para tanto há a exudação de prótons e ácidos orgânicos por parte do sistema radicular que terminam por promover um aumento na acidez do solo, como a região da projeção da copa (saia do cafeeiro) é a região onde se encontra a maior parte do volume do sistema radicular, é onde a acidificação será maior.

Os menores teores de acidez do solo foram encontrados na região da linha de tráfego do trator (rodado) independente do manejo e da época analisados; isso ocorreu devido ao fato de que a região da linha de tráfego não recebeu adubação localizada e nem foi afetada pela passagem do implemento grade, que possui um efeito mineralizador da matéria orgânica ao aumentar a oxigenação e conseqüentemente a ação da atividade microbiana.

Na época de julho/agosto de 2005 observou-se a maior acidificação do solo na profundidade de 0-20cm, enquanto que na época de fevereiro/março de 2006 foi observado uma maior acidificação na profundidade de 20-40cm, tal ocorreu devido ao fato de que na época de julho/agosto devido ao baixo regime pluviométrico houve uma maior concentração dos adubos nitrogenados na camada de 0-20cm, visto que estes adubos possuem baixa mobilidade ao longo do perfil do solo; enquanto que na época de fevereiro/março o alto regime pluviométrico favoreceu a translocação desses adubos na solução do solo, favorecendo a menor acidificação nessa mesma camada.

No referente a região do meio da rua, observou-se os menores teores de acidez na profundidade de 20-40cm no referente a época de julho/agosto de 2005, o que pode ser explicado pelo fato de que na camada mais superficial do solo (0-20cm) houve ação do implemento grade com conseqüente efeito mineralizador da matéria orgânica, e também o uso de herbicida para o controle de plantas espontâneas o que favorece a maior atividade microbiana devido a formação de ambiente favorável pela manutenção da matéria seca. Também é explicado devido a presença de *Braquiaria decumbens* que por possuir sistema radicular agressivo e muito denso causa após sua decomposição a formação de canaliculos que promovem a decida do corretivo para maiores profundidades resultando em uma redução da acidez potencial na profundidade de 20-40cm.

Entretanto o mesmo não é observado na época de fevereiro/março de 2006, provavelmente devido ao efeito do maior regime pluviométrico que aumentou a translocação normalmente lenta dos adubos nitrogenados para a camada subsuperficial do solo. A maior atividade biológica das plantas espontâneas devido ao regime pluviométrico com conseqüente maior desenvolvimento do sistema radicular contribuiu para a maior acidificação na



profundidade de 20-40cm, visto que, pelo processo de absorção de nutriente a planta afim de manter o equilíbrio eletroquímico necessitou promover a extrusão de prótons e ácidos orgânicos que possivelmente acarretou um aumento da acidez do solo nesta região.

## 4.2 Geoestatística

A Tabela 11 refere-se ao comportamento do elemento cálcio para a época de julho/agosto de 2005, onde o manejo 2 nas duas profundidades e os manejos 3 e 4 na profundidade de 0-20cm apresentaram modelos EPP(efeito pepita pura) o que quer dizer que não houve dependência espacial para as amostras dispostas nas distâncias dos referidos alcances, ou seja os dados se apresentaram independentes entre si com toda variabilidade espacial sendo ao acaso o que inviabiliza o uso das análises geoestatísticas, sendo então recomendado a interpretação usando os métodos de estatística clássica. O manejo 1 na profundidade de 0-20cm apresentou o modelo gaussiano de dependência espacial ajustado com alcance igual a 9.42m, ou seja, as amostras tomadas com distâncias inferiores a 9.42m são dependentes entre si; como as amostras do experimento apresentaram distâncias de aproximadamente 4m, então a análise geoestatística é necessária a interpretação das análises referentes a esse manejo. O mesmo pode ser dito do mesmo manejo na profundidade de 20-40cm que apresentou modelo exponencial com alcance de 38.25m, e os manejos 3 e 4 nas profundidades de 20-40cm que apresentaram ambos modelos exponenciais com alcances de 24.48m e 18.27m respectivamente.

Na Tabela 11 referente a época de fevereiro/março de 2006 apenas o manejo 3 na profundidade de 20-40cm apresentou um modelo de dependência espacial – modelo exponencial com alcance de 33.75m, os demais manejos apresentaram efeito pepita puro para as duas profundidades, o que pode ser explicado pelo excessivo regime pluviométrico em comparação com a época de julho/agosto de 2005.

**Tabela 11** - Modelos de semivariogramas ajustados aos valores experimentais de teores do elemento cálcio em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:

| Manejo                         | Prof.    | Modelo | C <sub>0</sub> | C <sub>0</sub> + C | A       | r <sup>2</sup> |
|--------------------------------|----------|--------|----------------|--------------------|---------|----------------|
| <b>Julho/Agosto de 2005</b>    |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | GAU    | 0,016900       | 0,185800           | 9,4200  | 0,359          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,024000       | 0,178000           | 38,2500 | 0,673          |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,194544       | 19,4544            | 25,3739 | 0,346          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,071111       | 0,071111           | 25,3911 | 0,324          |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,314214       | 0,314214           | 25,3988 | 0,001          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,016500       | 0,163000           | 24,4800 | 0,314          |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,338847       | 0,338847           | 25,3988 | 0,232          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,011300       | 0,202600           | 18,2700 | 0,098          |
| <b>Fevereiro/Março de 2006</b> |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | EPP    | 0,151237       | 0,151237           | 25,3988 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,068235       | 0,068235           | 25,3980 | -              |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,164676       | 0,164676           | 25,3739 | 0,185          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,127754       | 0,127754           | 25,4068 | 0,175          |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,189026       | 0,189026           | 25,3988 | 0,107          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,007800       | 0,084200           | 33,7500 | 0,705          |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,202312       | 0,202312           | 25,4073 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,062067       | 0,062067           | 25,3988 | -              |

Obs: Co – Efeito pepita; Co + C – patamar; a – amplitude; r<sup>2</sup> – coeficiente angular; EPP – efeito pepita puro; GAU – modelo gaussiano; SPCAL – modelo spherical; EXP – modelo exponencial.

Na Tabela 12 que faz referência ao comportamento do elemento magnésio tem-se para a época de julho/agosto de 2005 o manejo 2 nas duas profundidades e o manejo 4 nas duas profundidades apresentando efeito pepita pura não ocorrendo dependência espacial entre os dados e sendo necessários a interpretação destes usando análises estatísticas clássicas. O manejo 1 na profundidade de 0-20cm apresentou o modelo spherical de dependência espacial ajustado com alcance igual a 6.24m, ou seja, as amostras tomadas com distâncias inferiores a

6.24m são dependentes entre si; como as amostras do experimento apresentaram distâncias de aproximadamente 4m, então a análise geoestatística é necessária a interpretação das análises referentes a esse manejo. O mesmo pode ser dito dos manejos 3 nas duas profundidades que apresentou modelo exponencial com respectivos alcances de 24.57m e 25.42m e o manejo 1 na profundidade de 20-40cm que apresentou modelo gaussiano com alcance de 68.72m, viabilizando assim o uso da estatística espacial.

**Tabela 12** - Modelos de semivariogramas ajustados aos valores experimentais de teores do elemento magnésio em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:

| Manejo                         | Prof.    | Modelo | $C_0$    | $C_0 + C$ | a       | $r^2$ |
|--------------------------------|----------|--------|----------|-----------|---------|-------|
| <b>Julho/Agosto de 2005</b>    |          |        |          |           |         |       |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | SPCAL  | 0,001100 | 0,056400  | 6,2400  | 0,141 |
|                                | 20-40 cm | GAU    | 0,034500 | 0,072100  | 68,7280 | 0,966 |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,063683 | 0,063683  | 25,3988 | 0,143 |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,025652 | 0,025652  | 25,3988 | 0,087 |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EXP    | 0,013100 | 0,074200  | 24,5700 | 0,227 |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,004300 | 0,048100  | 21,4200 | 0,604 |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,052136 | 0,052136  | 25,3988 | -     |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,025934 | 0,025934  | 25,3988 | 0,047 |
| <b>Fevereiro/Março de 2006</b> |          |        |          |           |         |       |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | EPP    | 0,032885 | 0,032885  | 25,3988 | -     |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,021949 | 0,021949  | 25,4063 | 0,020 |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,013362 | 0,013362  | 25,3807 | 0,704 |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,014371 | 0,014371  | 25,4141 | -     |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,108728 | 0,108728  | 25,3988 | 0,329 |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,002030 | 0,019360  | 23,7600 | 0,495 |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,034946 | 0,034946  | 25,4068 | 0,057 |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,018603 | 0,018603  | 25,3739 | 0,217 |

Obs:  $C_0$  – Efeito pepita;  $C_0 + C$  – patamar; a – amplitude;  $r^2$  – coeficiente angular; EPP – efeito pepita puro; GAU – modelo gaussiano; SPCAL – modelo spherical; EXP – modelo exponencial.

Já a Tabela 12 no referente a época de fevereiro/março de 2006 apresentou resultado semelhante ao que foi observado na Tabela 12 para a mesma época, ou seja, apenas o manejo 3 na profundidade de 20-40cm não apresentou efeito pepita puro, apresentando um alcance de 23.76m.

A Tabela 13 referente ao pH em água para a época de julho/agosto de 2005 demonstra que os manejos 1 na profundidade de 0-20cm e o manejo 4 nas duas profundidades apresentaram modelos de dependência espacial ajustados, sendo respectivamente os modelos spherical com alcance de 10.30m, spherical com alcance de 5.02m e gaussiano com alcance de 8.64m; os demais manejos e profundidades apresentaram efeito pepita puro e não se prestam a interpretação geoestatística.

A Tabela 13 no que condiz a época de fevereiro/março de 2006 apresentou modelo exponencial de dependência espacial ajustado com alcance de de 11.88m apenas para o manejo 2 na profundidade de 20-40cm. Os demais manejos e profundidades apresentaram efeito pepita puro, o que não justifica o uso da estatística espacial para a interpretação dessas análises.

**Tabela 13** - Modelos de semivariogramas ajustados aos valores experimentais dos níveis de acidez obtidos pelo pH em água em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:

| Manejo                         | Prof.    | Modelo | C <sub>o</sub> | C <sub>o</sub> + C | a       | r <sup>2</sup> |
|--------------------------------|----------|--------|----------------|--------------------|---------|----------------|
| <b>Julho/Agosto de 2005</b>    |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | SPCAL  | 0,014300       | 0,074900           | 10,3000 | 0,598          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,090044       | 0,090044           | 25,3911 | -              |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,073467       | 0,073467           | 25,3988 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,137692       | 0,137692           | 25,4063 | 0,437          |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,045619       | 0,045619           | 25,3828 | 0,523          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,063260       | 0,063260           | 25,3641 | -              |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | SPCAL  | 0,000100       | 0,062600           | 5,0200  | 0,005          |
|                                | 20-40 cm | GAU    | 0,025100       | 0,184200           | 8,6397  | 0,059          |
| <b>Fevereiro/Março de 2006</b> |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | EPP    | 0,139823       | 0,139823           | 25,3988 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,121745       | 0,121745           | 25,3988 | 0,081          |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,107982       | 0,107982           | 25,3988 | 0,122          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,000900       | 0,176800           | 11,8800 | 0,029          |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,099072       | 0,099072           | 25,3818 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,174989       | 0,174989           | 25,3988 | -              |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,127996       | 0,127996           | 25,4073 | 0,267          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,227233       | 0,227233           | 25,4033 | 0,279          |

Obs: C<sub>o</sub> – Efeito pepita; C<sub>o</sub> + C – patamar; a – amplitude; r<sup>2</sup> – coeficiente angular; EPP – efeito pepita puro; GAU – modelo gaussiano; SPCAL – modelo spherical; EXP – modelo exponencial.

A Tabela 14 analisa o comportamento do pH do solo obtido pelo método SMP e apresentou para a época de julho/agosto de 2005 o modelo de dependência espacial ajustado para os manejos 1 nas duas profundidades (modelo exponencial com alcance de 17.02m e 494.37m) e manejo 2 na profundidade de 0-20cm. Os demais manejos por apresentarem efeito

pepita puro foram analisados usando a estatística clássica. No referente a época de fevereiro/março de 2006 o padrão se repetiu com apenas o manejo 3 apresentando modelo espacial ajustado, sendo o modelo exponencial com alcance de 21.15m observado na profundidade de 0-20cm.

**Tabela 14** - Modelos de semivariogramas ajustados aos valores experimentais dos níveis de acidez obtidos pelo pH em SMP em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:

| Manejo                         | Prof.    | Modelo | C <sub>o</sub> | C <sub>o</sub> + C | a       | r <sup>2</sup> |
|--------------------------------|----------|--------|----------------|--------------------|---------|----------------|
| <b>Julho/Agosto de 2005</b>    |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | EXP    | 0,022600       | 0,184200           | 17,0280 | 0,110          |
|                                | 20-40 cm | EXP    | 0,763000       | 1,613000           | 494,370 | 0,819          |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | GAU    | 0,022300       | 0,304600           | 9,7800  | 0,136          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,502880       | 0,502880           | 25,4151 | -              |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EPP    | 0,431583       | 0,431583           | 25,3828 | 0,599          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,561276       | 0,561276           | 25,3739 | 0,880          |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,453283       | 0,453283           | 25,3907 | 0,043          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,300105       | 0,300105           | 25,3722 | 0,203          |
| <b>Fevereiro/Março de 2006</b> |          |        |                |                    |         |                |
| Manejo 1                       | 0-20cm   | EPP    | 0,298109       | 0,298109           | 25,3988 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,248405       | 0,248405           | 25,3901 | -              |
| Manejo 2                       | 0-20cm   | EPP    | 0,580823       | 0,580823           | 25,3901 | -              |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,412877       | 0,412877           | 25,4141 | 0,084          |
| Manejo 3                       | 0-20cm   | EXP    | 0,027300       | 0,287600           | 21,1500 | 0,130          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,182317       | 0,182317           | 25,4058 | -              |
| Manejo 4                       | 0-20cm   | EPP    | 0,257135       | 0,257135           | 25,3988 | 0,016          |
|                                | 20-40 cm | EPP    | 0,585865       | 0,585865           | 25,3641 | 0,272          |

Obs: Co – Efeito pepita; Co + C – patamar; a – amplitude; r<sup>2</sup> – coeficiente angular; EPP – efeito pepita puro; GAU – modelo gaussiano; SPCAL – modelo spherical; EXP – modelo exponencial.

## 5 CONCLUSÕES

Independente da profundidade e do sistema de manejo utilizado, a região da saia do cafeeiro apresentou os menores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na época de julho/agosto de 2005 e os maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e menores teores de  $\text{Mg}^{2+}$  na época de fevereiro/março de 2006.

A região da saia do cafeeiro também apresentou os maiores índices de acidez ativa e potencial nas duas épocas amostrais comparativamente a entre linha e região do rodado nas duas profundidades.

A época de julho/agosto de 2005 apresentou maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  do que a época de fevereiro/março de 2006.

O manejo fertirrigado apresentou os maiores teores de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo nas duas épocas amostrais, e também os maiores índices de acidez ativa na época de julho/agosto de 2005, e os menores índices na época de fevereiro/março de 2006.

Os maiores índices de acidez potencial foram encontrados na camada de 0-20cm na época de julho/agosto de 2005 e na profundidade de 20-40cm na época de fevereiro/março de 2006.

A estatística espacial não se adaptou adequadamente a todas as condições do experimento, sendo o modelo que melhor se ajustou o modelo de dependência espacial exponencial ajustado.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. FNP Consultoria e Agroinformaivos. São Paulo. 2006.

ALCÂNTARA, E. N. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos Expandidos...** Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ, 2000. v. 2. p. 967-970.

AMARAL, A.S. **Reaplicação do calcário em sistema plantio direto consolidado**. (Tese de Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 102p.

BAYER, C; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F.A.O., (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.9-39.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A; FONSECA, A. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.24, nº1, p.161-169. 2000 .

CARVALHO JÚNIOR, I.A. de. **Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos**. (Dissertação, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa, MG: UFV, 1995. 83p.

CASSOL, L.C. **Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo**. (Tese de Mestrado) Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 98p.

CHEN, J., HOPMANS, J. W., FOGG, G. E. Sampling design for soil moisture measurements in large field trials. **Soil Science**, Berkeley, University of California v.159, n. 3, p. 155-161, 1995.

CIOTTA, M.N; BAYER, C; ERNANI, P.R; FONTOURA, S.M.V; ALBUQUERQUE, J.A; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.26, nº4, p.1055-1064, 2002.



CORÁ, J. E.; ARAÚJO, 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. 1013-1021, 2004.

DIAS, T. C. S. ; ALVES, P. L. C. A. ; OLIVEIRA, G. C. ; BENDOLAN, R. A. Efeito da densidade de trapoeraba sobre o crescimento inicial do cafeeiro. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 13., 2001, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2001. p. 271

DREES, L.R.; KARATHANASIS, A.D; WILDING, L.P; BLEVINS, R.L. Micromorphology of long-term tillage treatments. **Soil Science**, College Station, A e M University, Texas, v.58, n. 2, p.508-517, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EPAMIG. **Parcela de participação, qualidade e preço do café no mercado mundial**. (Boletim Técnico). Belo Horizonte, 48 p., 2000.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L.; CAMPOS, M.L; CAMILLO, R.J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.24, n. 3, p.537- 544 2000.

GOLDBERG, S; SPOSITO, G. On the mechanism of specific phosphate adsorption by hydroxylated mineral surfaces: A review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis, Athens**, v.16, p.801-821, 1985.

GONTIJO, I. **Avaliação de atributos físicos em solo de cerrado sob cafeicultura em dois sistemas de manejo de plantas espontâneas, utilizando testes de hipóteses e geoestatística**. 2003. 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Uberlândia.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**., v.35, n.2, p. 227-239, 1997.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado", Características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1984. 162p.

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? **Soil Science**, Baltimore, v.135, n.3, p.83-177, 1981.

OLIVEIRA, E.L; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Tillage Research**, Amsterdam v.38, p.47- 57, 1996.

ROJAS, C.A.L; van LIER, J. Alterações físicas e hídricas de um Podzólico em função de sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre v.5, n. 1, p.105-115, 1999.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, UFV, 2001. 94 p.

SOUZA, M. A. S.; BORGES, E. N.; ANDRADE, S. O.; LANA, R. M. Q.; Caracterização espacial do atributo químico fósforo na cafeicultura tecnificada do cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Convênio Embrapa Café, 2005.

STEINHARDT, G.C. Soil quality: A new idea that includes an old one. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, v.50, n.3, p.222, 1995

SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, 1992, Uberaba, MG. **Anais...**, 1992. p.7-40.

WEBSTER, R., BURGESS, T. M. Sampling and bulking strategies for estimating soil properties in small regions. **Soil Science**, Baltimore, v.34, p.127-140, 1984.

VAN RAIJ, B.; COSTA, W. M. C.; IGUE, T.; SERRA, J. R. M.; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.55 nº 2 p.347-355, 1996.

VIEIRA, S. R.; GUIMARÃES, E. C.; DECHEN, S. C. F.: DE MARIA, I. C; ROCHETE, P., TOPP, G C; ZEBCHUK, W. Analisando simultaneamente variabilidade espacial e temporal usando variogramas tridimensionais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1, SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4 REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICRORRIZAS, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, Águas de Lindóia, 1996, **Resumos...**, Piracicaba: USP-ESALG / SLCs / SBCS / CEA / SBM, 1996.

VIEIRA, S. R. **Curso de atualização em conservação do solo - uso de geoestatística.** Campinas: IAC, v.1, 2, 1995.

VIEIRA, S. R., HATFIELD, J. L., NIELSON, D. R., BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v.51, p.1-75, 1983.

VOMOCIL, J.A., FLOCKER, W.J. Effect of soil. Compaction of storage and movement of soil air and water. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.4, p.242-246, 1961.

**APÊNDICE A – Análise de Variância na Profundidade de 0-20cm**

**Tabela 13** – Análise de variância de teores de bases e acidez do solo em função dos diferentes manejos na profundidade amostral de 0-20cm:

|                      |            | <b>pH SMP</b>           | <b>pH H<sub>2</sub>O</b> | <b>Ca<sup>+2</sup></b> | <b>Mg<sup>+2</sup></b> |
|----------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>F.V</b>           | <b>G.L</b> | <b>Quadrados Médios</b> |                          |                        |                        |
| Local                | 2          | 6,251813*               | 1,643583*                | 1,341812*              | 0,376188*              |
| Trat                 | 3          | 17,105410*              | 4,838472*                | 2,310833*              | 4,550410*              |
| Local * Trat         | 6          | 2,351368*               | 0,586722*                | 1,606229*              | 0,329076*              |
| Bloco                | 19         | 1,902828*               | 0,167276*                | 0,200105 <sup>ns</sup> | 0,048266 <sup>ns</sup> |
| Erro 1               | 114        | 0,290681                | 0,092212                 | 0,143678               | 0,057234               |
| Época                | 1          | 0,143521 <sup>ns</sup>  | 1,140750*                | 46,128080*             | 5,355188*              |
| Época * Local        | 2          | 1,116646 <sup>ns</sup>  | 0,284250 <sup>ns</sup>   | 4,546438*              | 0,127313 <sup>ns</sup> |
| Época * Local * Trat | 6          | 0,495535 <sup>ns</sup>  | 0,094167 <sup>ns</sup>   | 0,625299*              | 0,182590*              |
| Erro 2               | 326        | 1,113095                | 0,187308                 | 0,219106               | 0,064657               |
| C.V 1 (%)            |            | <b>16,30</b>            | <b>5,68</b>              | <b>27,03</b>           | <b>38,16</b>           |
| C.V 2 (%)            |            | <b>31,89</b>            | <b>8,10</b>              | <b>33,38</b>           | <b>40,56</b>           |
| Média Geral          |            | <b>3,3081250</b>        | <b>5,3420833</b>         | <b>1,4025000</b>       | <b>0,064657</b>        |

F.V = fontes de variância; C.V = coeficiente de variação; Trat. = tratamento; \* = significativo pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade); <sup>ns</sup> = não significativo pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade); Ca<sup>2+</sup> = cálcio e Mg<sup>2+</sup> = magnésio.

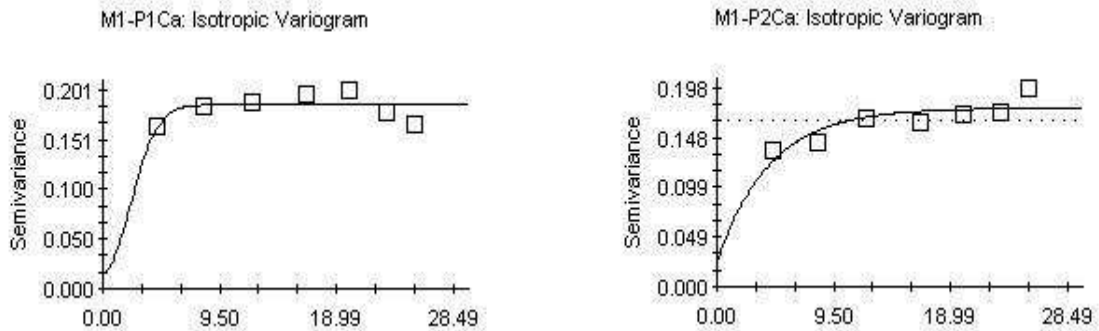
**APÊNDICE B – Análise de Variância na Profundidade de 20-40cm**

**Tabela 14** – Análise de variância de teores de bases e acidez do solo em função dos diferentes manejos na profundidade amostral de 20-40cm:

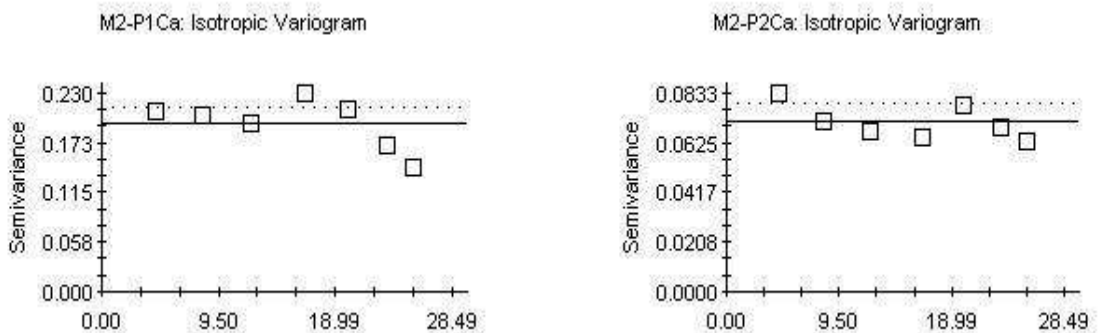
|                      |            | <b>pH SMP</b>           | <b>pH H<sub>2</sub>O</b> | <b>Ca<sup>+2</sup></b> | <b>Mg<sup>+2</sup></b> |
|----------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>F.V</b>           | <b>G.L</b> | <b>Quadrados Médios</b> |                          |                        |                        |
| Local                | 2          | 32,081771*              | 7,470750*                | 1,716521*              | 0,431083*              |
| Trat                 | 3          | 3,744854*               | 0,966743*                | 2,763917*              | 0,458056*              |
| Local * Trat         | 6          | 1,987188*               | 1,069806*                | 0,478604*              | 0,149139*              |
| Bloco                | 19         | 1,215582*               | 0,167276*                | 0,145127*              | 0,033096 <sup>ns</sup> |
| Erro 1               | 114        | 0,403014                | 0,152759                 | 0,079262               | 0,020491               |
| Época                | 1          | 164,385021*             | 2,310188*                | 10,443060*             | 5,633333*              |
| Época * Local        | 2          | 0,096271 <sup>ns</sup>  | 0,355750 <sup>ns</sup>   | 0,863062*              | 0,183083*              |
| Época * Local * Trat | 6          | 0,845354 <sup>ns</sup>  | 0,454694*                | 0,431646*              | 0,055861 <sup>ns</sup> |
| Erro 2               | 326        | 0,589926                | 0,183485                 | 0,147151               | 0,026577               |
| C.V 1 (%)            |            | <b>19,25</b>            | <b>7,50</b>              | <b>33,44</b>           | <b>37,84</b>           |
| C.V 2 (%)            |            | <b>23,29</b>            | <b>8,22</b>              | <b>46,24</b>           | <b>43,09</b>           |
| Média Geral          |            | <b>3,2972917</b>        | <b>5,2131250</b>         | <b>0,8295833</b>       | <b>0,3783333</b>       |

F.V = fontes de variância; C.V = coeficiente de variação; Trat. = tratamento; \* = significativo pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade); <sup>ns</sup> = não significativo pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade); Ca<sup>2+</sup> = cálcio e Mg<sup>2+</sup> = magnésio.

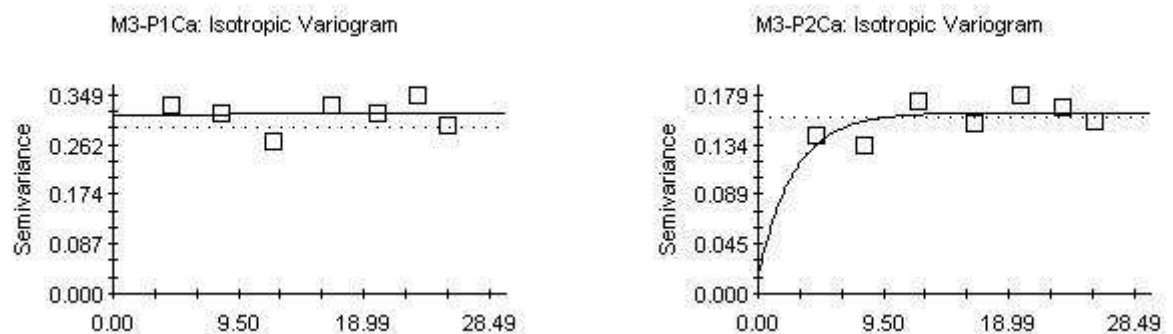
**APÊNDICE C - Modelos de semivariogramas ajustados aos teores do elemento cálcio em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:**



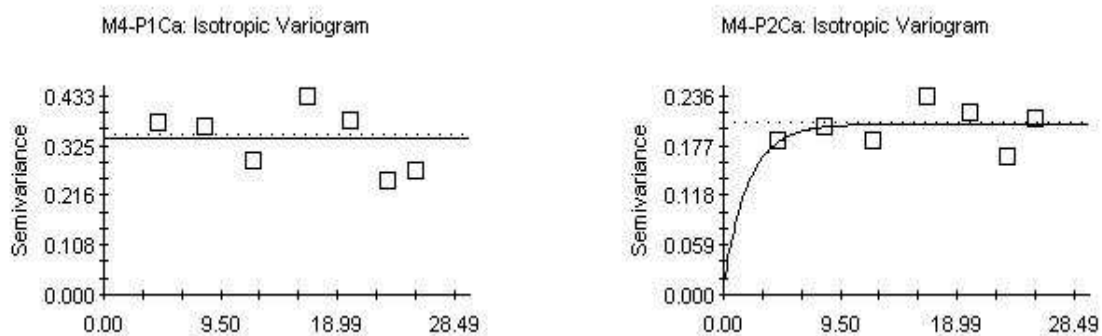
**Figura 2** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em julho/agosto de 2005



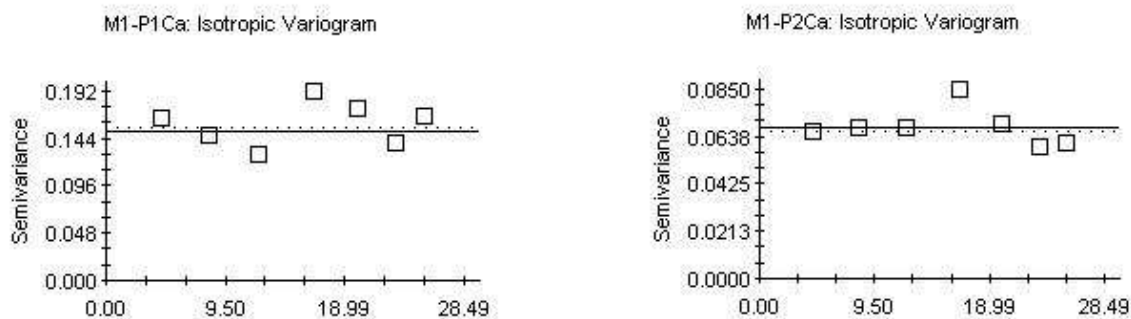
**Figura 3** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em julho/agosto de 2005



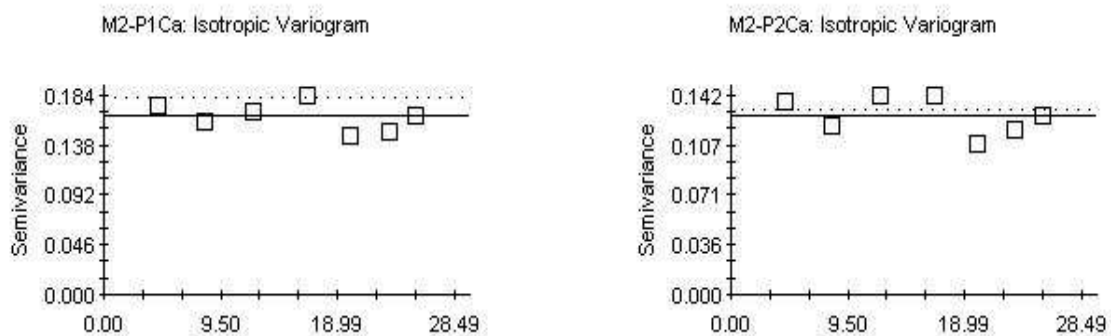
**Figura 4** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em julho/agosto de 2005



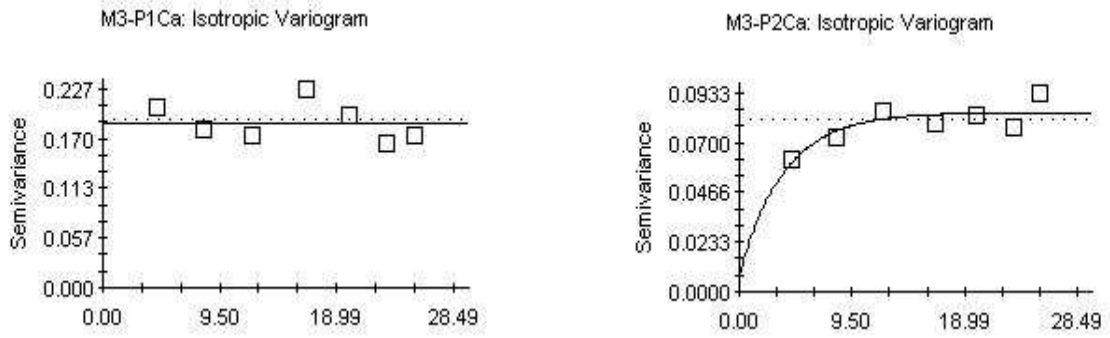
**Figura 5** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em julho/agosto de 2005



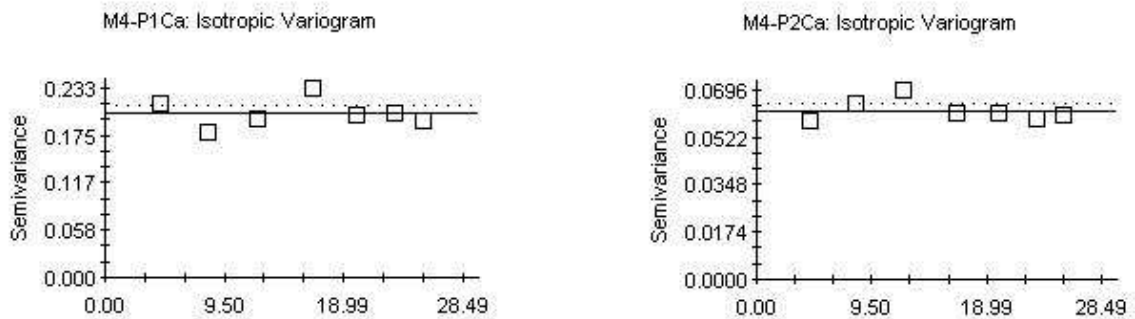
**Figura 6** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em fevereiro/março de 2006



**Figura 7** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em fevereiro/março de 2006



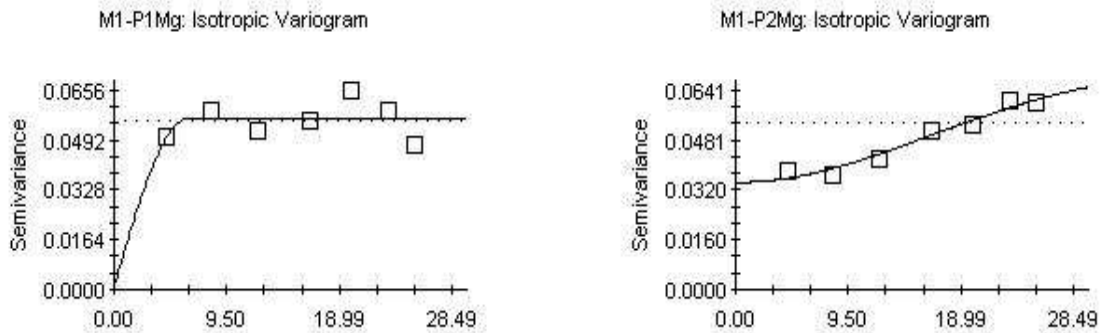
**Figura 8** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em fevereiro/março de 2006



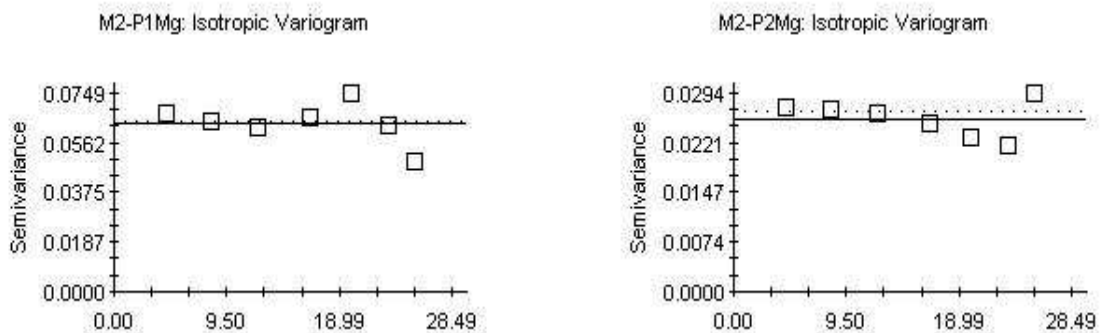
**Figura 9** – Semivariogramas do elemento cálcio referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em fevereiro/março de 2006



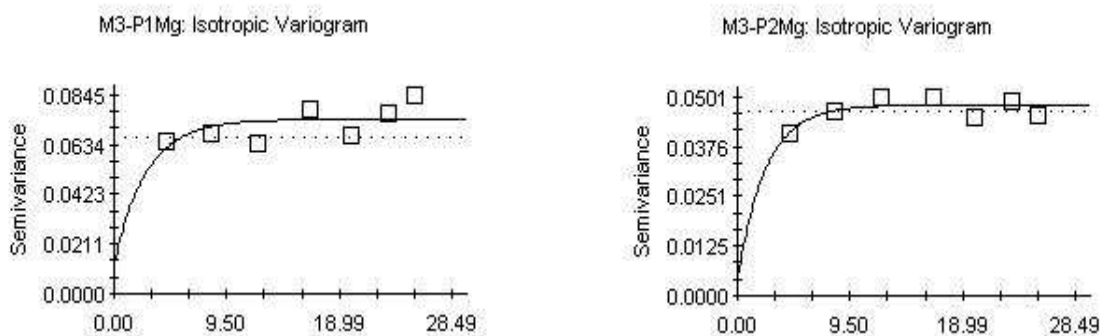
**APÊNDICE D** - Modelos de semivariogramas ajustados aos teores do elemento magnésio em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:



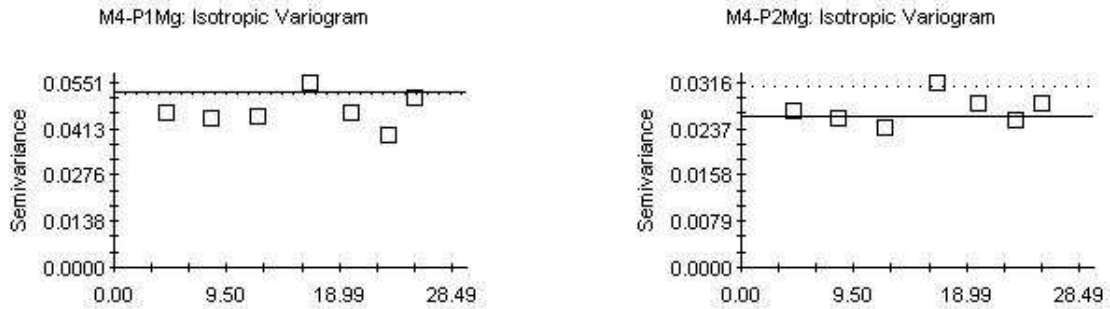
**Figura 10** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em julho/agosto de 2005



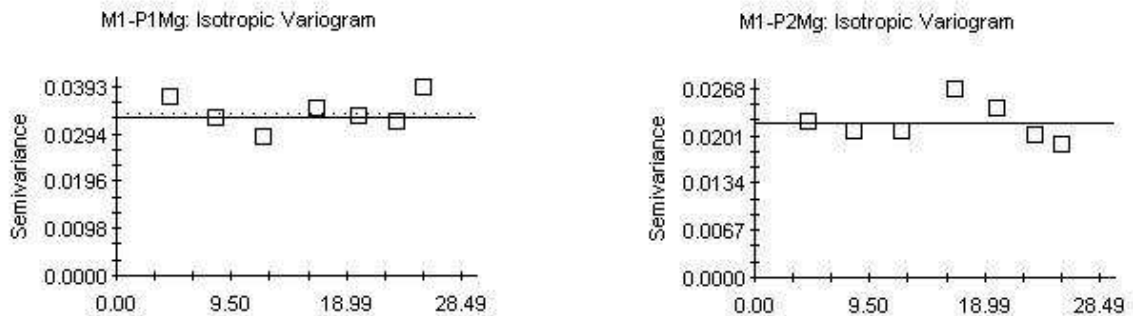
**Figura 11** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em julho/agosto de 2005



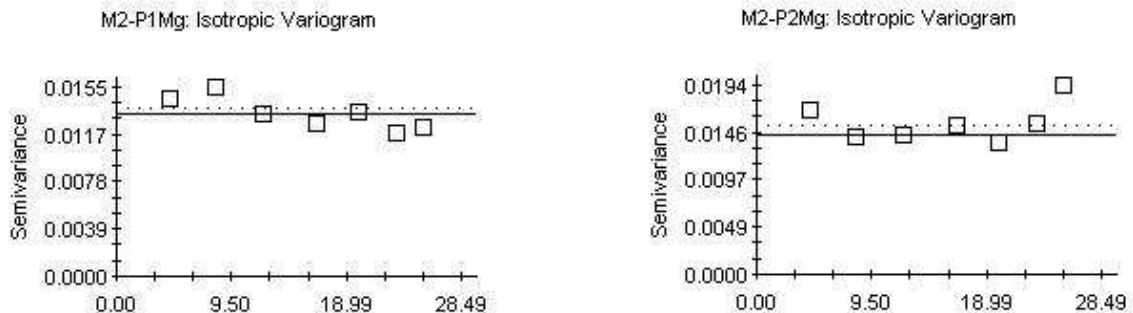
**Figura 12** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em julho/agosto de 2005



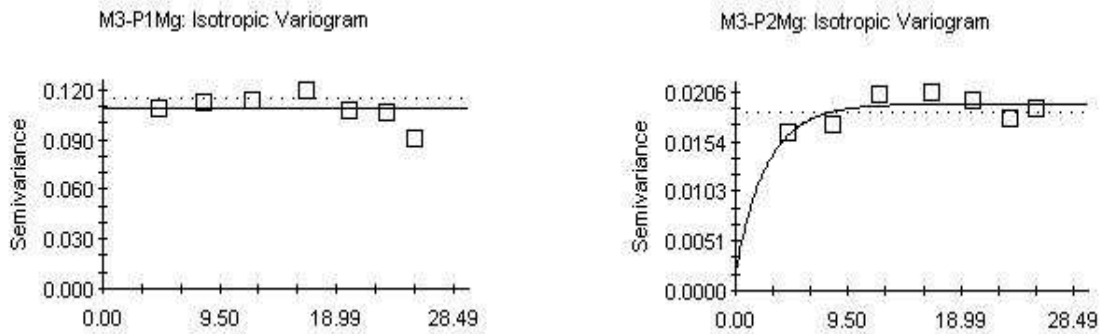
**Figura 13** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em julho/agosto de 2005



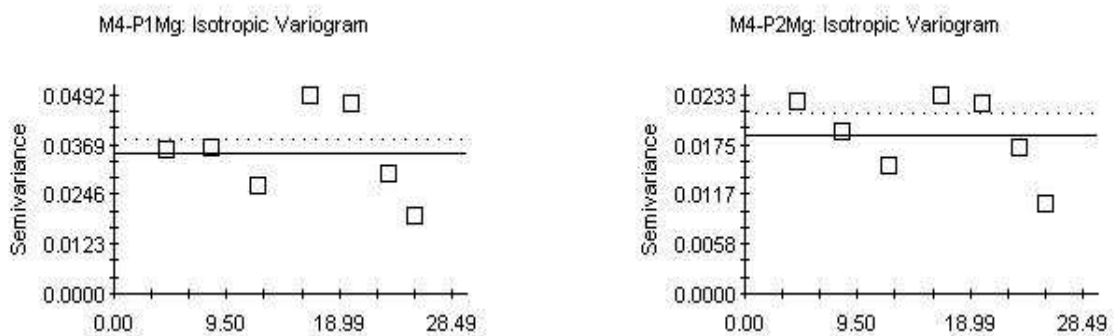
**Figura 14** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em fevereiro/março de 2006



**Figura 15** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em fevereiro/março de 2006

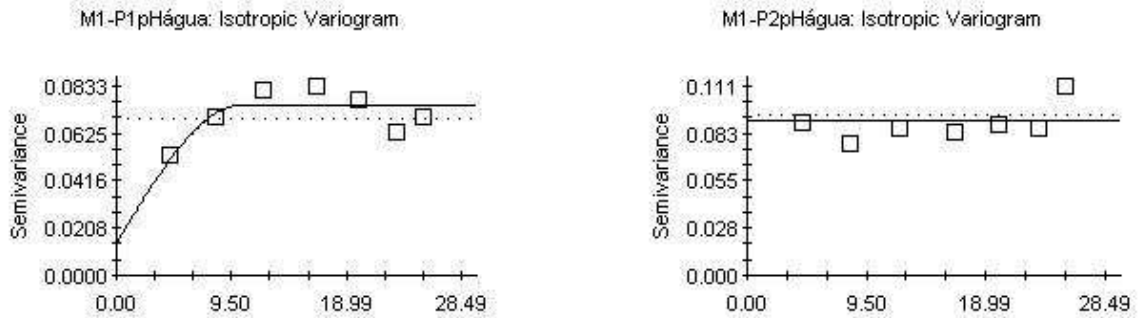


**Figura 16** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em fevereiro/março de 2006

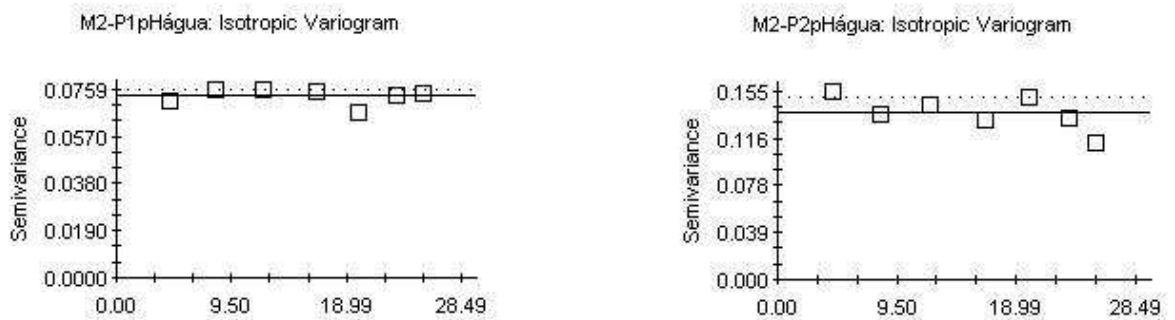


**Figura 17** – Semivariogramas do elemento magnésio referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em fevereiro/março de 2006

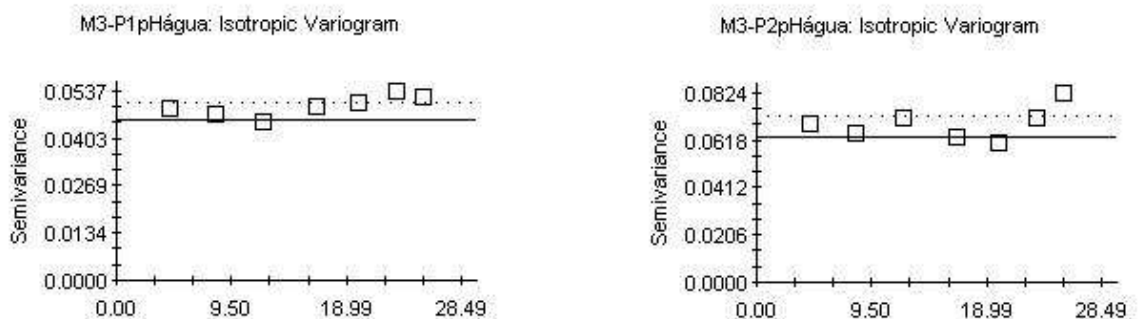
**APÊNDICE E** - Modelos de semivariogramas ajustados aos níveis de acidez obtidos pelo pH em água em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:



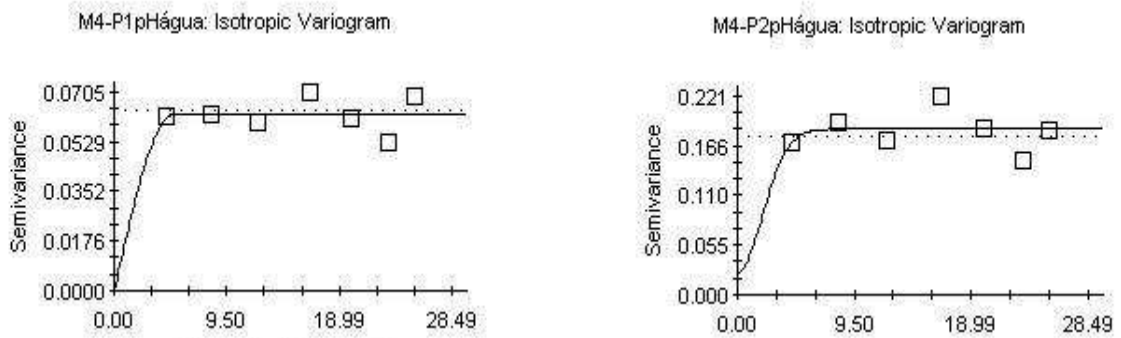
**Figura 18** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em julho/agosto de 2005



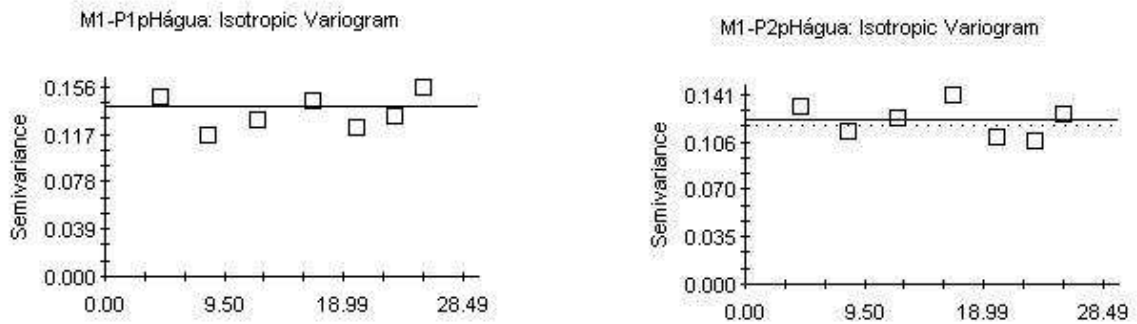
**Figura 19** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em julho/agosto de 2005



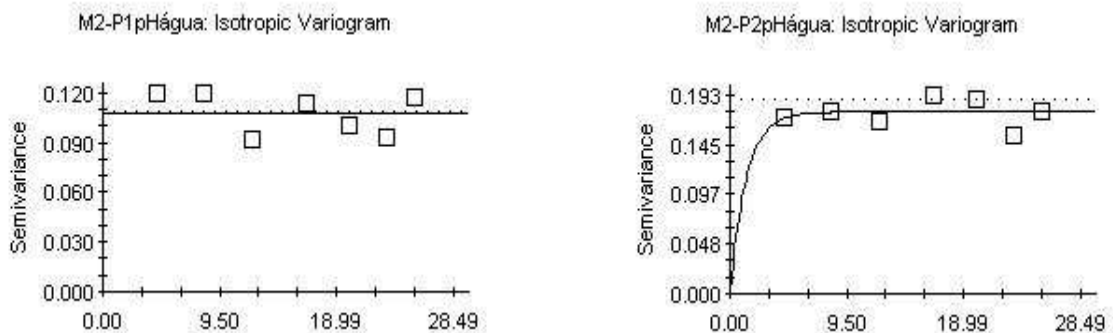
**Figura 20** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em julho/agosto de 2005



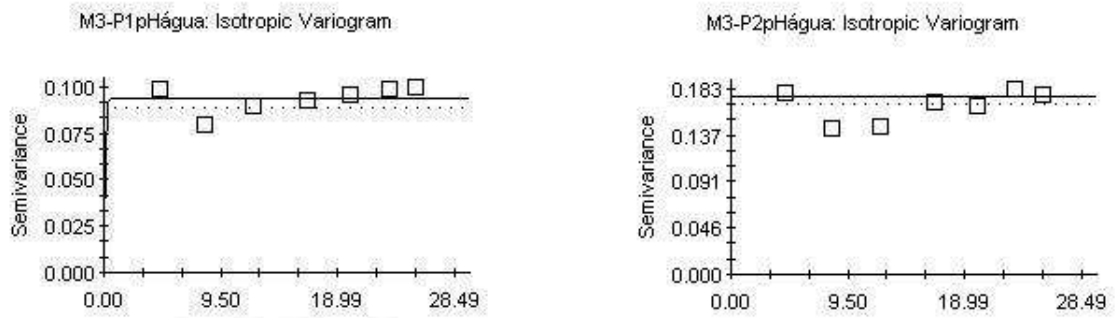
**Figura 21** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em julho/agosto de 2005



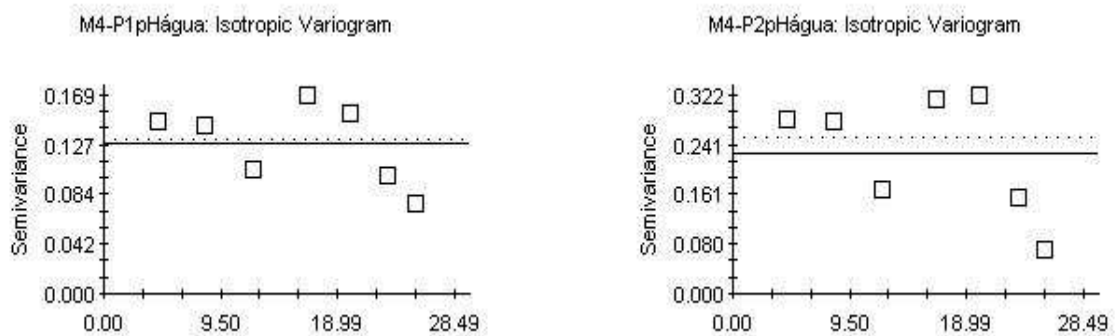
**Figura 22** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em fevereiro/março de 2006



**Figura 23** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em fevereiro/março de 2006

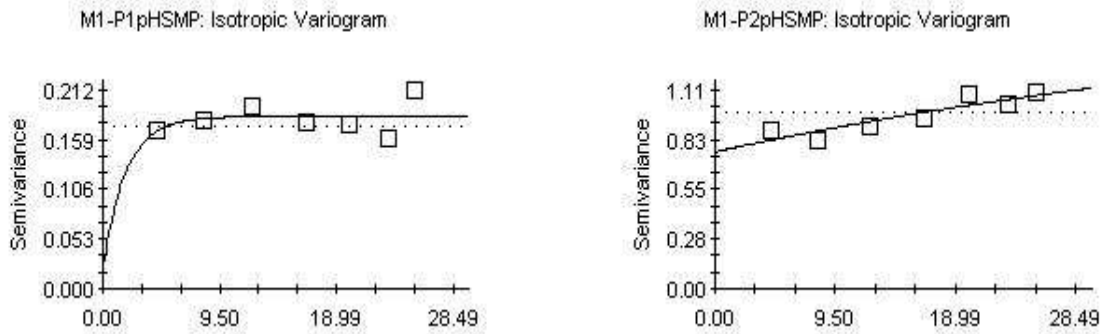


**Figura 24** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em fevereiro/março de 2006

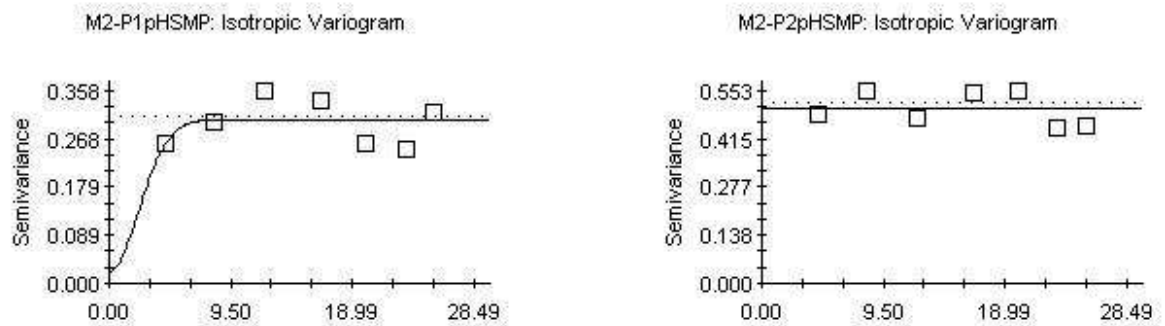


**Figura 25** – Semivariogramas do pH em água referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em fevereiro/março de 2006

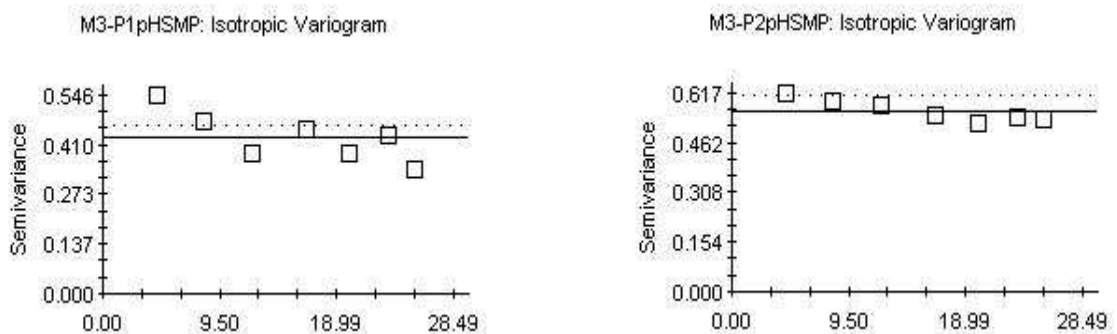
**APÊNDICE F** - Modelos de semivariogramas ajustados aos níveis de acidez obtidos pelo pH em SMP em diferentes manejos, profundidades e épocas de avaliação:



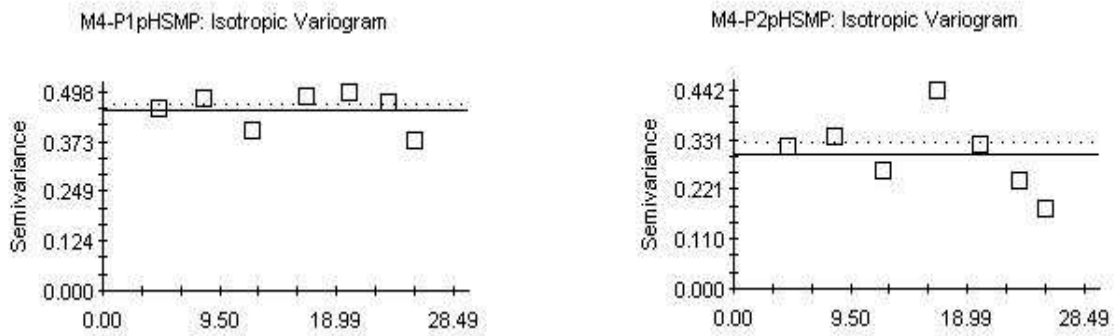
**Figura 26** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em julho/agosto de 2005



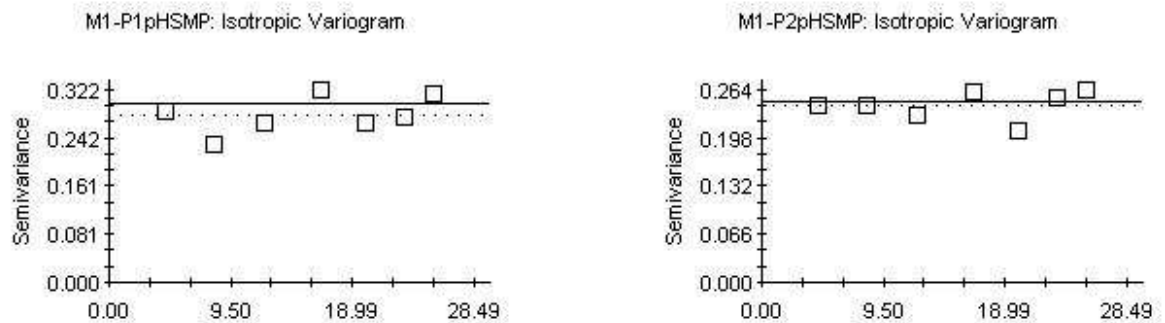
**Figura 27** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em julho/agosto de 2005



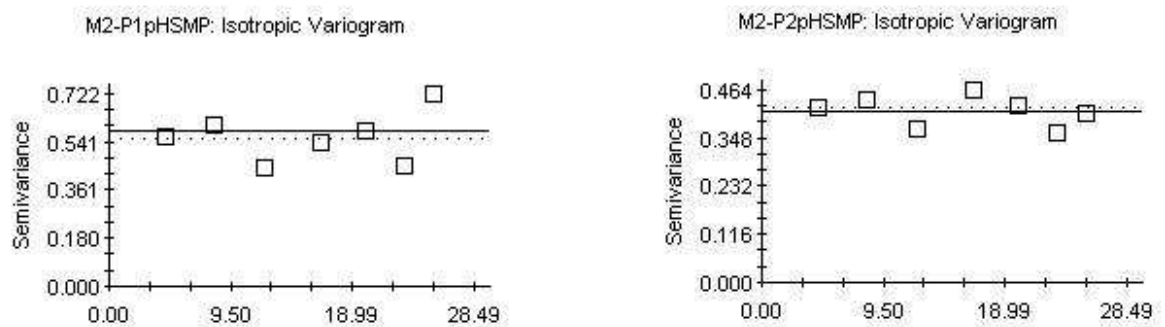
**Figura 28** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em julho/agosto de 2005



**Figura 29** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em julho/agosto de 2005

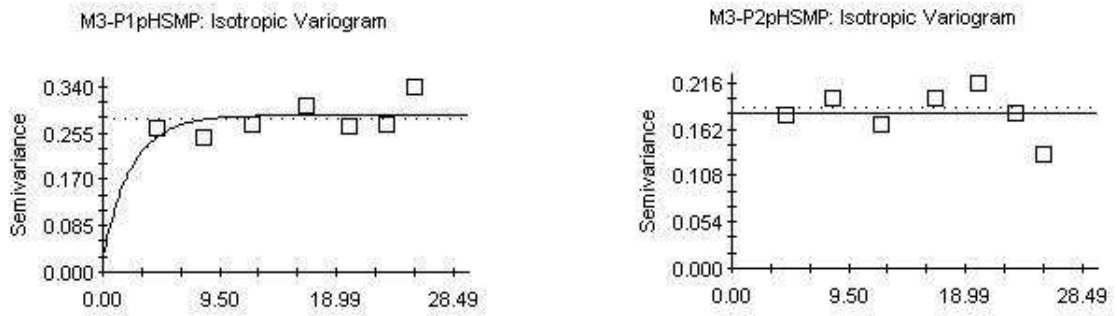


**Figura 30** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 1 nas profundidades de 0 – 20cm (M1-P1) e 20 – 40cm (M1-P2), em fevereiro/março de 2006

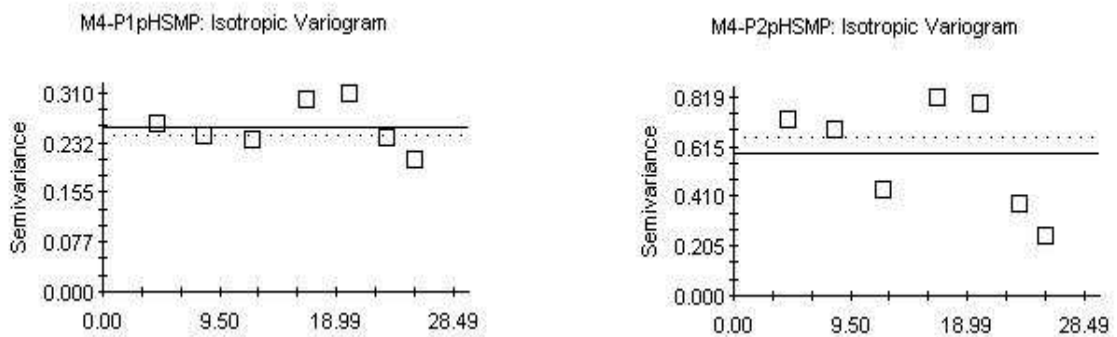


**Figura 31** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 2 nas profundidades de 0 – 20cm (M2-P1) e 20 – 40cm (M2-P2), em fevereiro/março de 2006





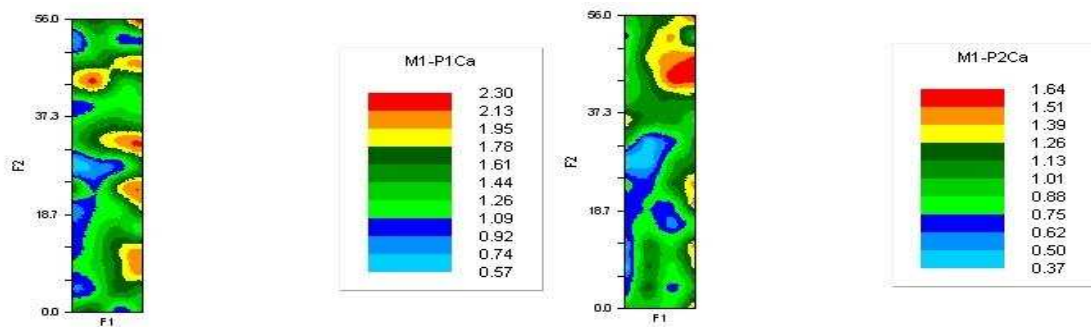
**Figura 32** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 3 nas profundidades de 0 – 20cm (M3-P1) e 20 – 40cm (M3-P2), em fevereiro/março de 2006



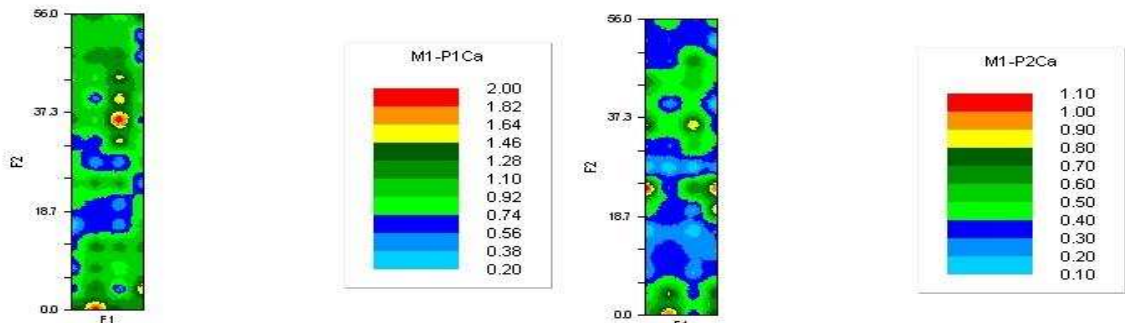
**Figura 33** – Semivariogramas do pH SMP referente ao manejo 4 nas profundidades de 0 – 20cm (M4-P1) e 20 – 40cm (M4-P2), em fevereiro/março de 2006

**APÊNDICE F** - distribuições espaciais dos atributos químicos do solo, obtidos através do procedimento de Krigagem:

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

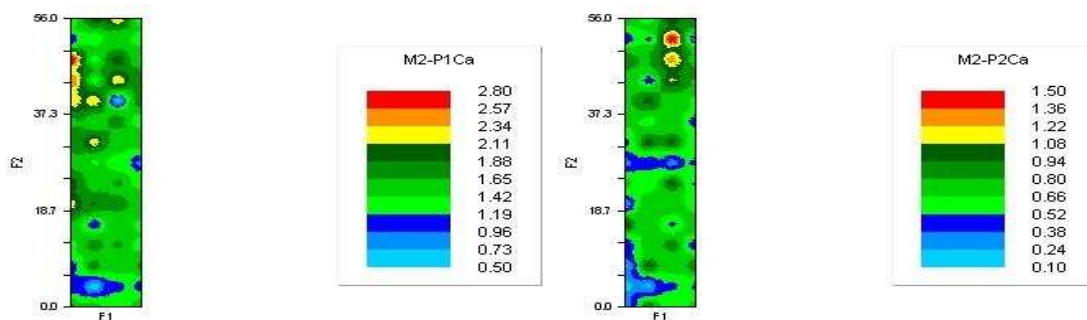


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

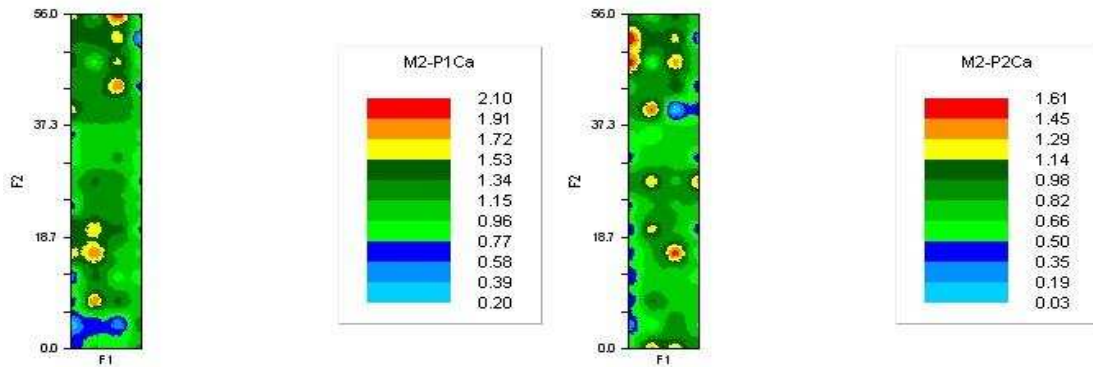


**Figura 34** – Distribuição espacial do atributo químico cálcio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e com irrigação por gotejo (manejo 1)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

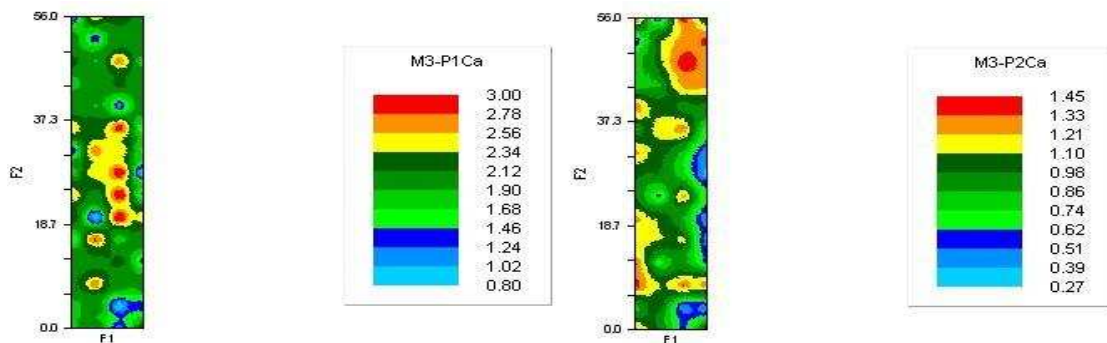


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

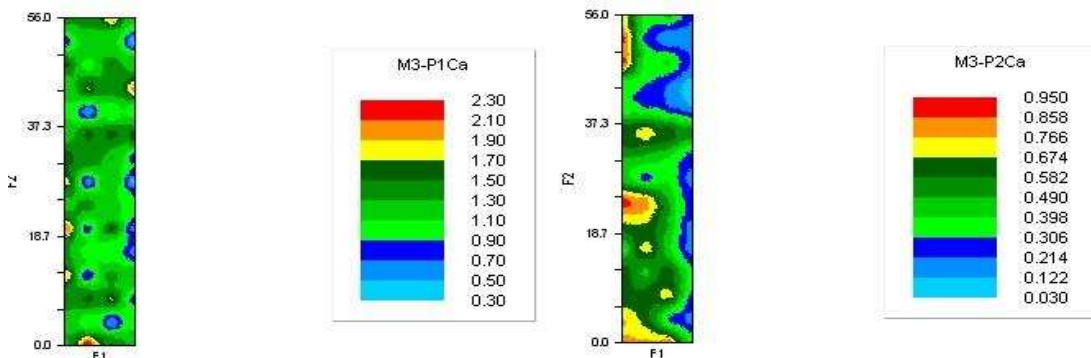


**Figura 35** – Distribuição espacial do atributo químico cálcio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e sem irrigação (manejo 2)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

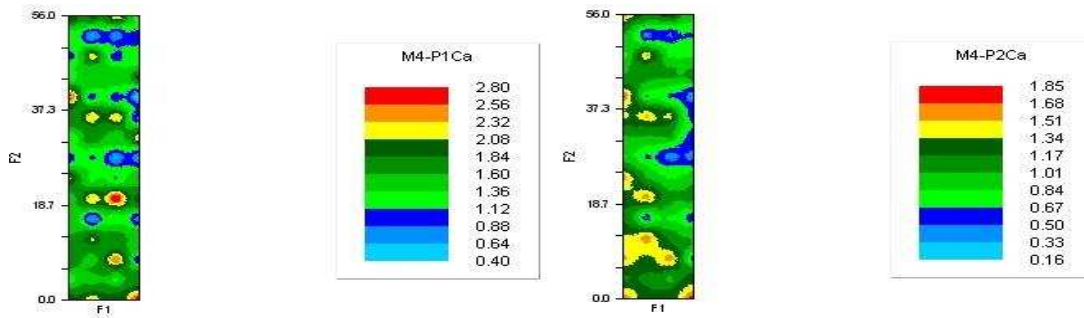


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

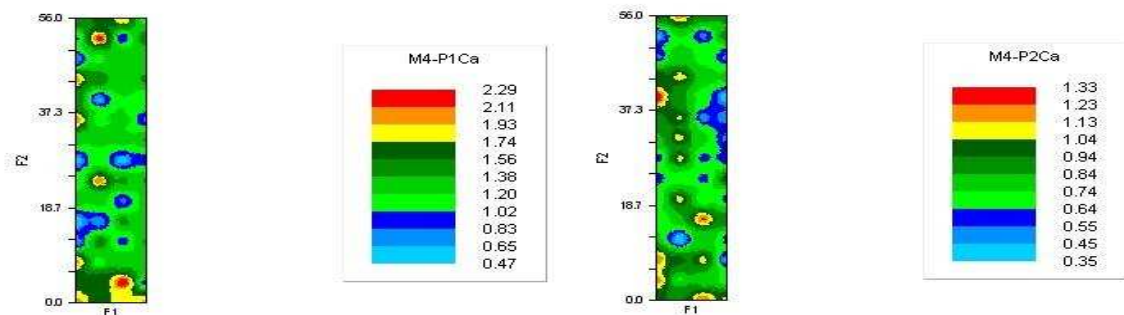


**Figura 36** – Distribuição espacial do atributo químico cálcio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e com irrigação por gotejo (manejo 3)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

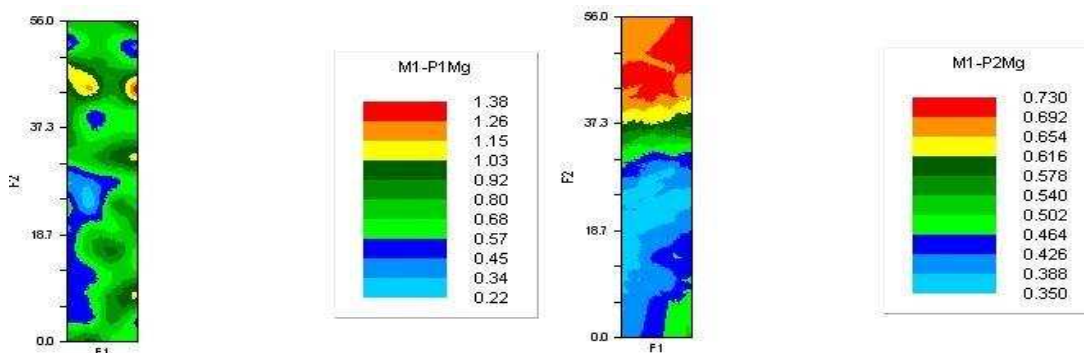


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

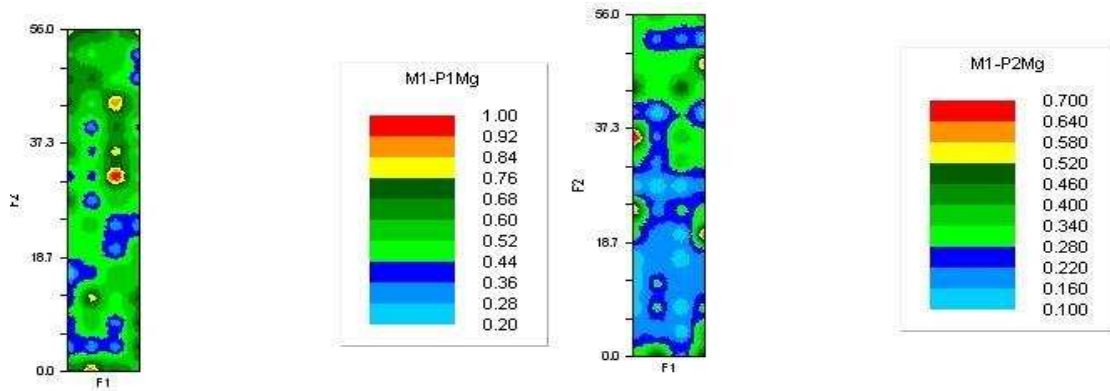


**Figura 37** – Distribuição espacial do atributo químico cálcio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e irrigação por gotejo (manejo 4)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

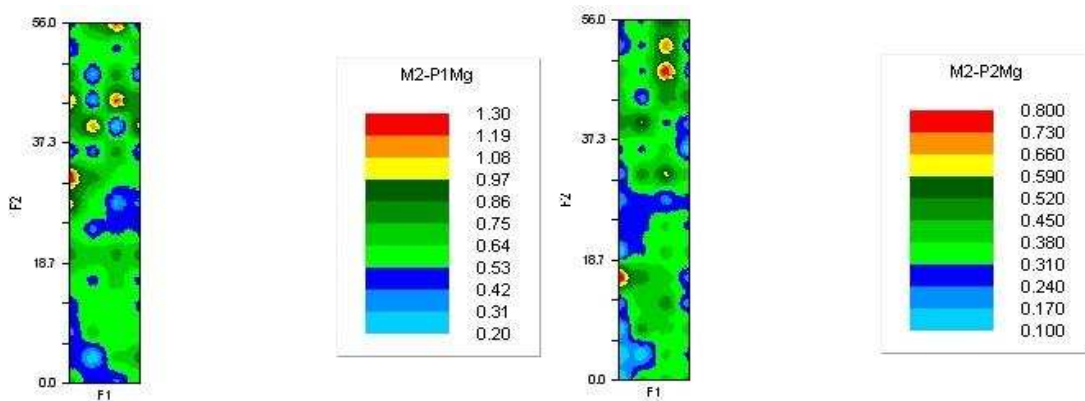


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

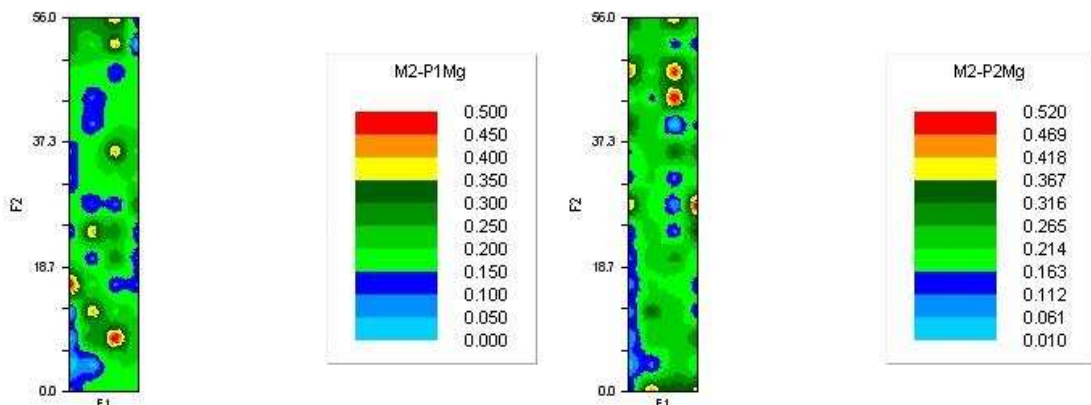


**Figura 38** – Distribuição espacial do atributo químico magnésio, nos períodos amostrais de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e com irrigação por gotejo (manejo 1)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

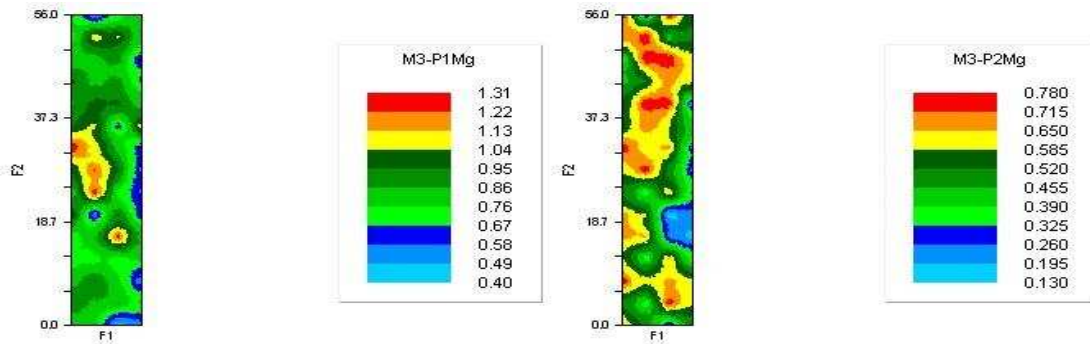


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

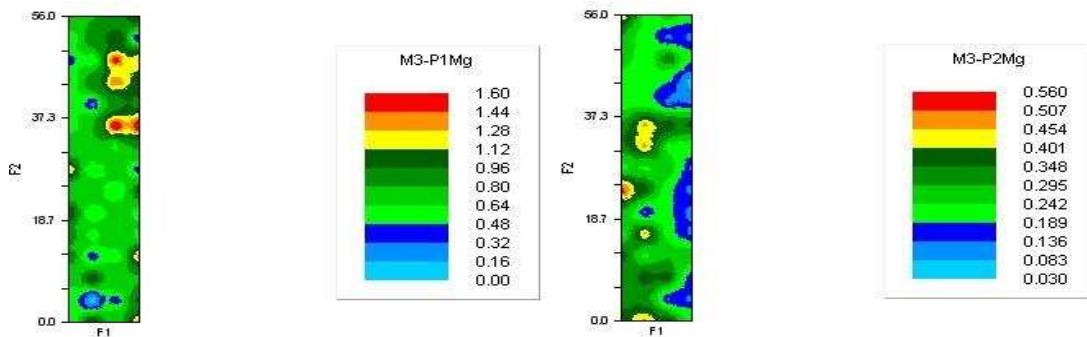


**Figura 39** – Distribuição espacial do atributo químico magnésio, nos períodos amostrais de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e sem irrigação (manejo 2)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

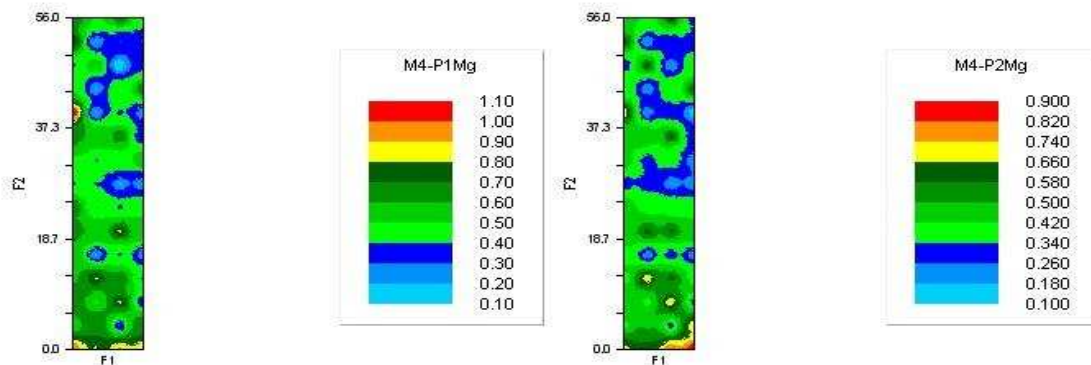


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



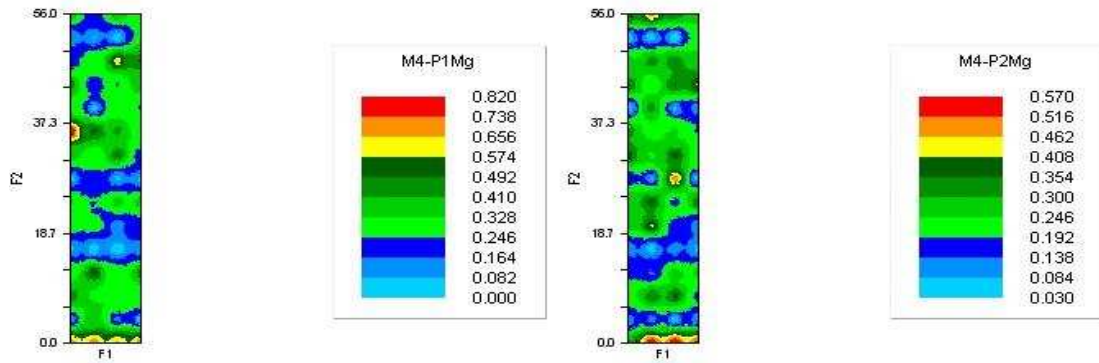
**Figura 40** – Distribuição espacial do atributo químico magnésio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e com irrigação por gotejo (manejo 3)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



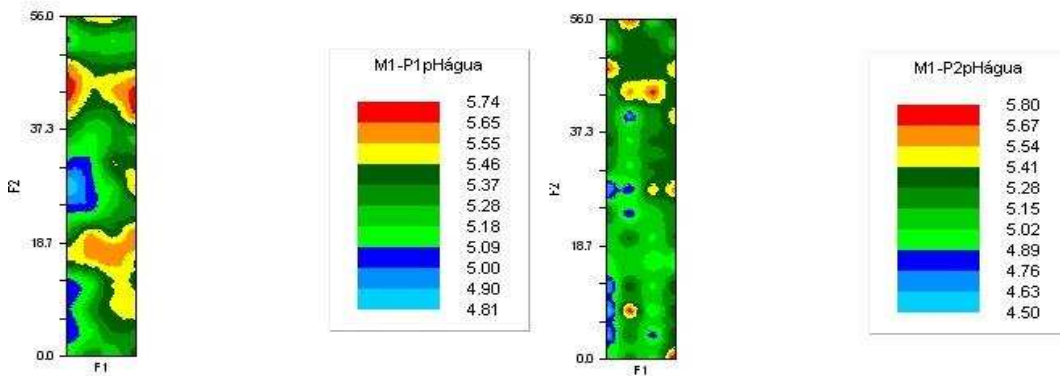
**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



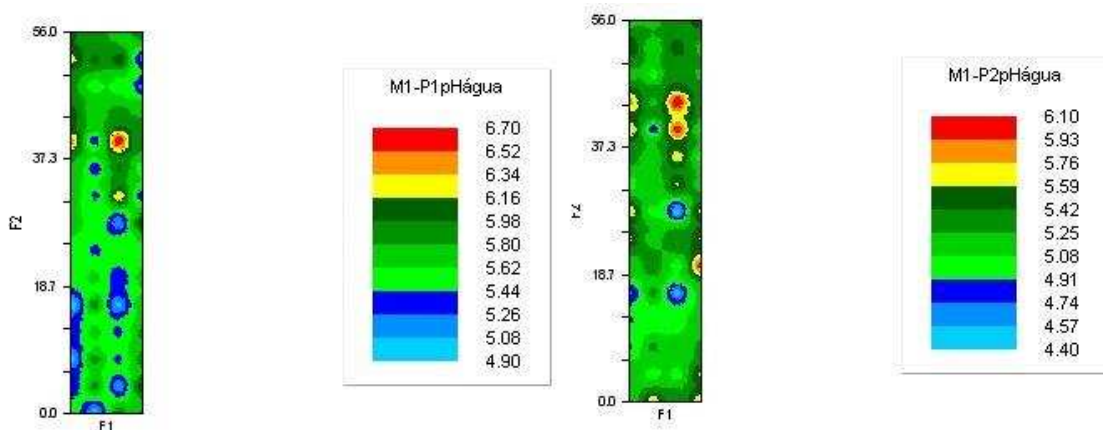


**Figura 41** – Distribuição espacial do atributo químico magnésio, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e irrigação por gotejo (manejo 4)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

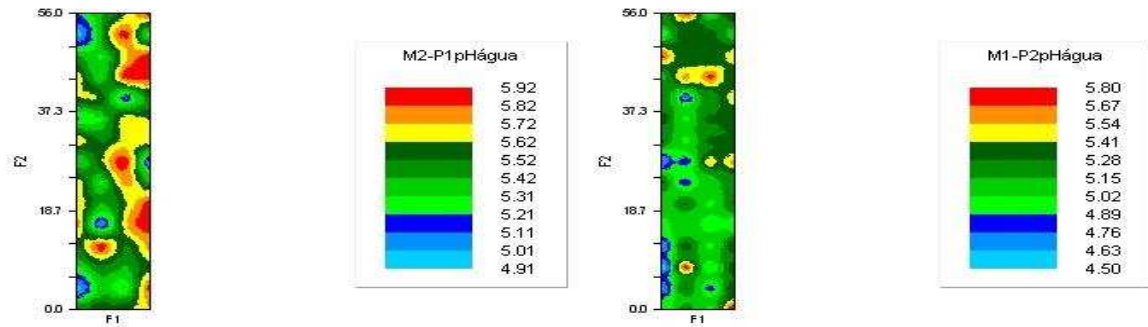


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

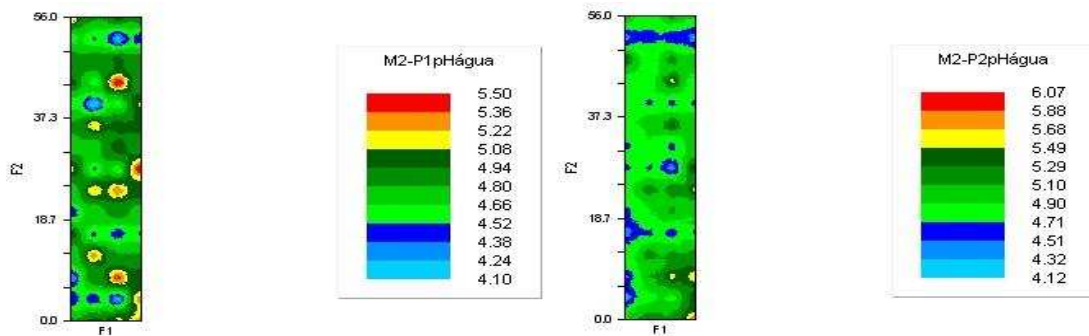


**Figura 42** – Distribuição espacial do atributo químico pH em água, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e com irrigação por gotejo (manejo 1)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

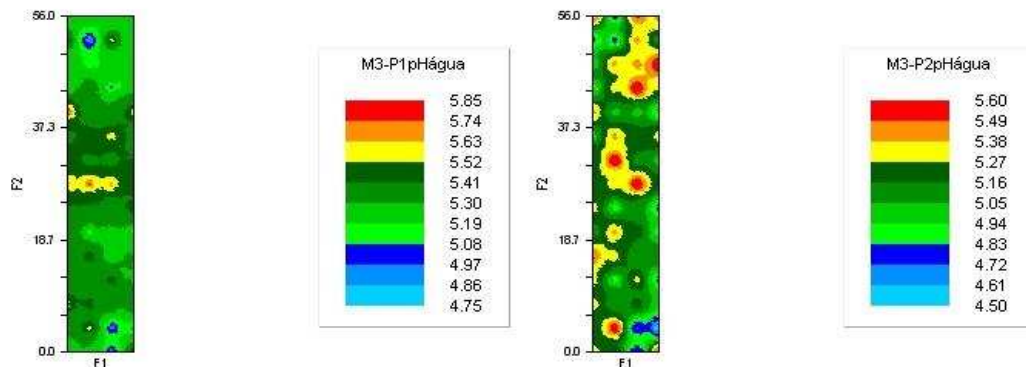


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



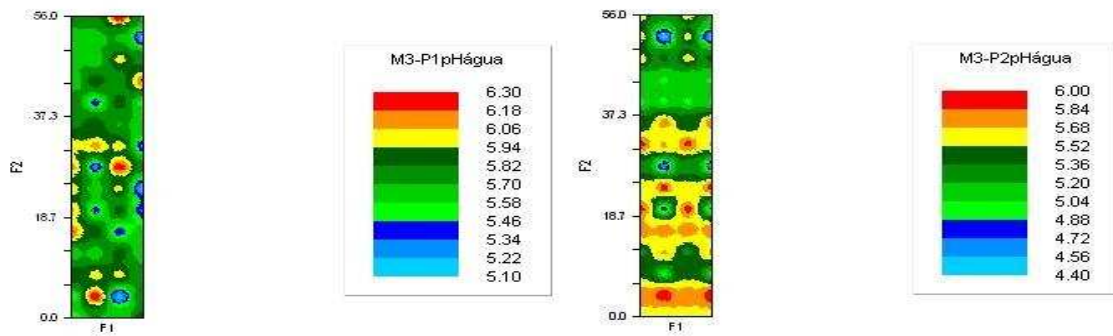
**Figura 43** – Distribuição espacial do atributo químico pH em água, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e sem irrigação (manejo 2)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



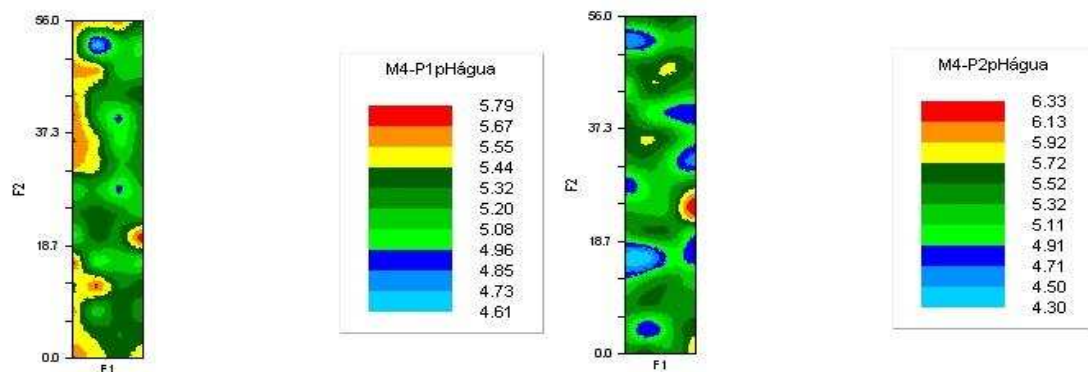
**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



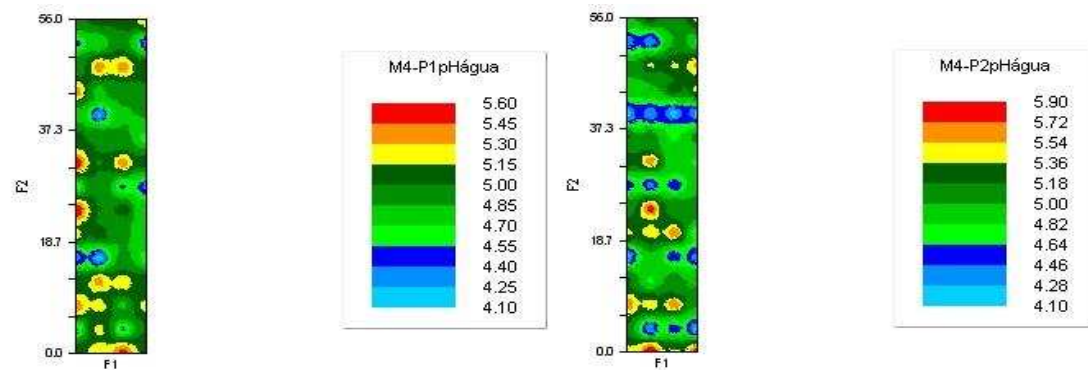


**Figura 44** – Distribuição espacial do atributo químico pH em água, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e com irrigação por gotejo (manejo 3)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

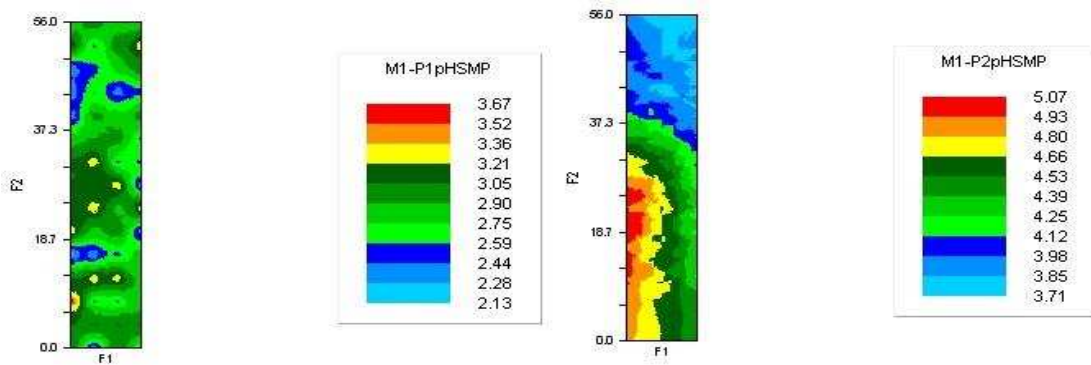


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

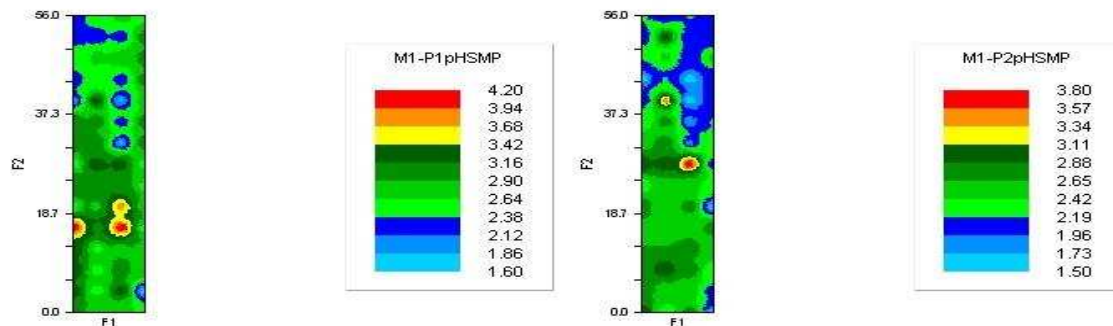


**Figura 45** – Distribuição espacial do atributo químico pH em água, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e irrigação por gotejo (manejo 4)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

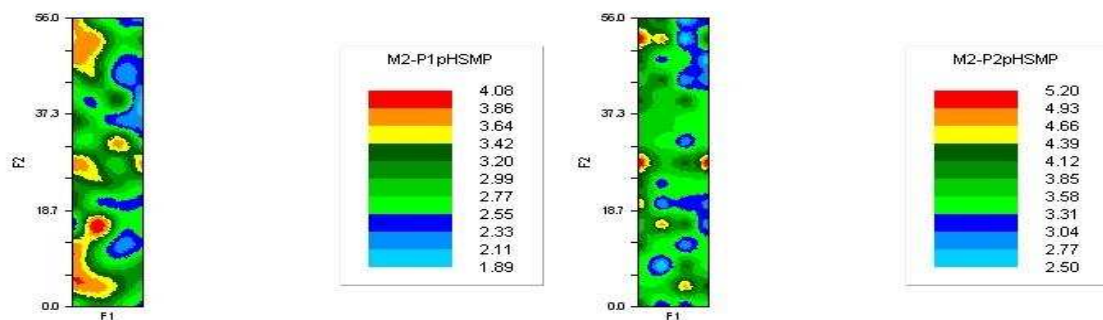


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

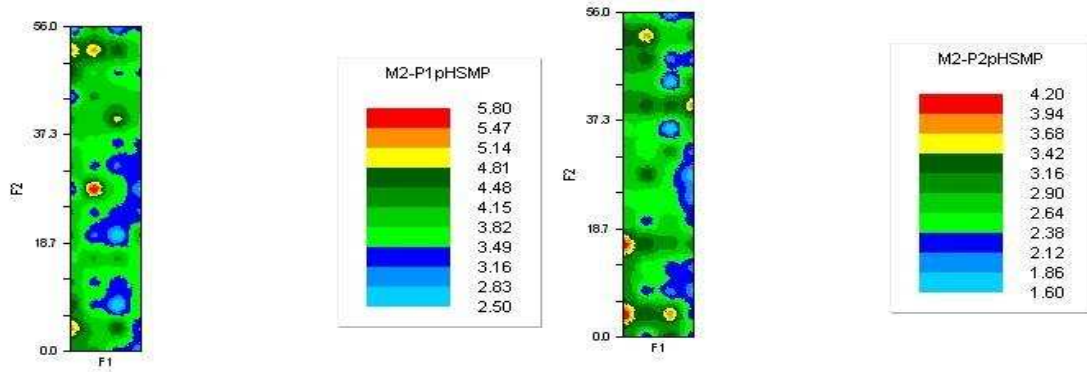


**Figura 46** – Distribuição espacial do atributo químico pH SMP, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e com irrigação por gotejo (manejo 1)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

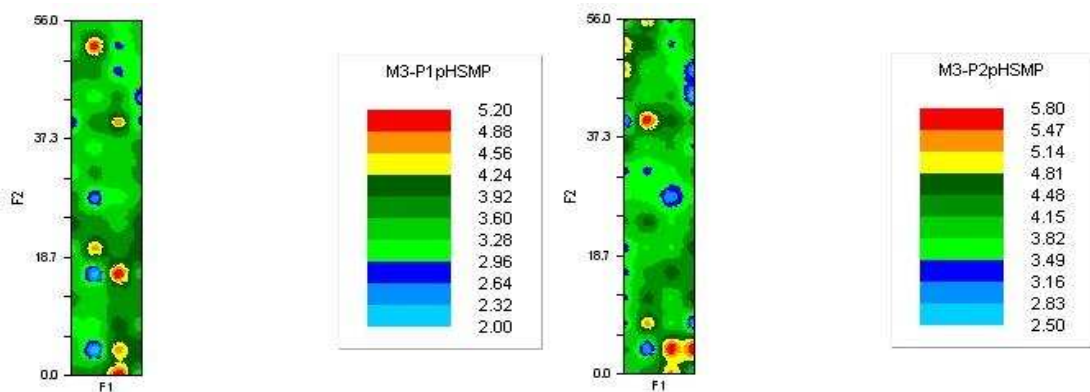


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

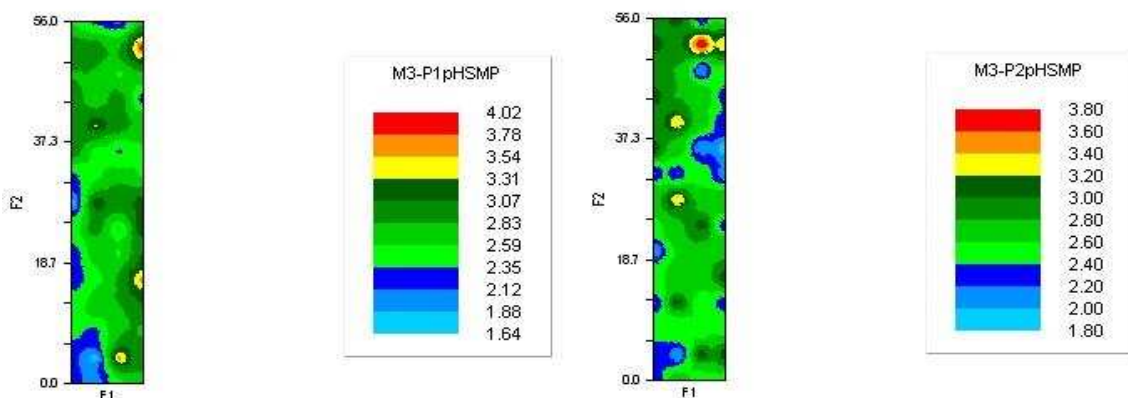


**Figura 47** – Distribuição espacial do atributo químico pH SMP, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e sem irrigação (manejo 2)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

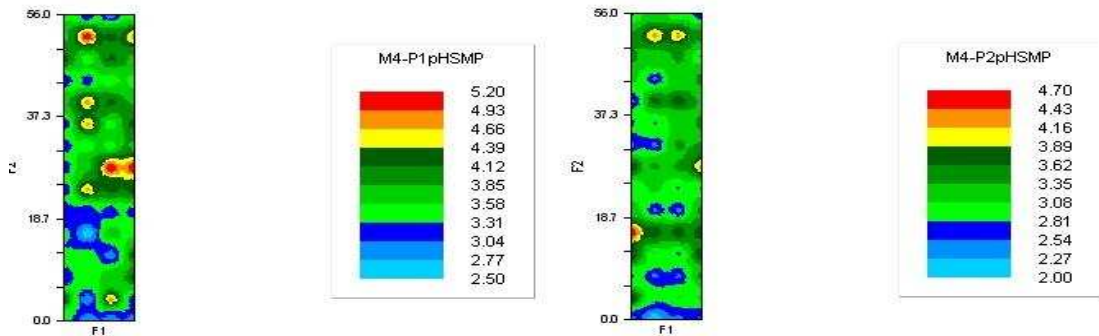


**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**

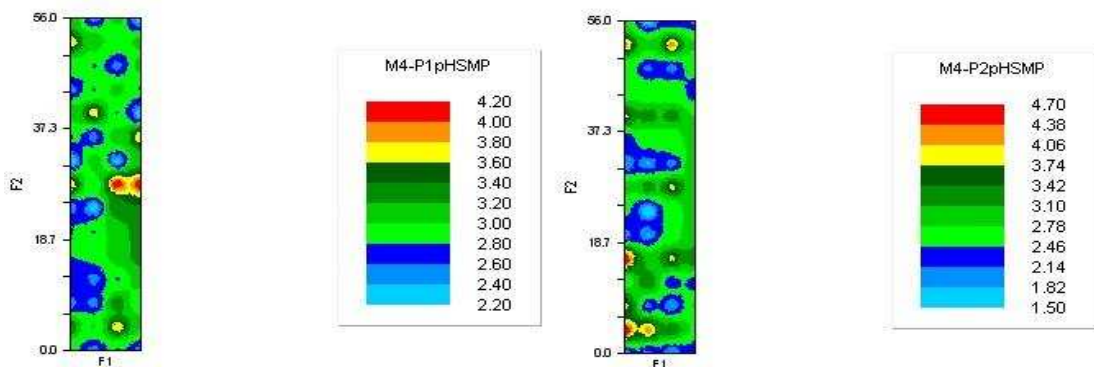


**Figura 48** – Distribuição espacial do atributo químico pH SMP nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com grade niveladora e com irrigação por gotejo (manejo 3)

**Amostragem em julho/agosto de 2005 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



**Amostragem em fevereiro/março de 2006 nas profundidades 0-20cm e 20-40 cm:**



**Figura 49** – Distribuição espacial do atributo químico pH SMP, nos períodos de amostragens de julho/agosto de 2005 e fevereiro/março de 2006 em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) no manejo com herbicida e irrigação por gotejo (manejo 4)

