

**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA  
FACULDADE “Dr. FRANCISCO MAEDA”**

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMERCIAL**

**ITUVERAVA  
2007**

**DANILO SAMPAIO ELEUTÉRIO**

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMERCIAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Fundação Educacional de Ituverava,  
Faculdade Dr. Francisco Maeda, para  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.**

**Orientador: Prof. Msc. Lister Fernandes  
Bernardes**

**ITUVERAVA  
2007**

**DANILO SAMPAIO ELEUTÉRIO**

**AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA COMERCIAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.  
Fundação Educacional de Ituverava, Faculdade Dr. Francisco Maeda.**

**Ituverava, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007.**

**ORIENTADOR:** \_\_\_\_\_  
**Prof<sup>o</sup> MSc. Lister Fernandes Bernardes**

**EXAMINADOR:** \_\_\_\_\_  
**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Anice Garcia**

**EXAMINADOR:** \_\_\_\_\_  
**Prof<sup>a</sup> . Livia Cordaro Galdiano**

## **DEDICO**

Aos meus pais Edivaldo Peres Eleutério e Leonela Aparecida Sampaio Eleutério, que sempre me apoiaram em todos os momentos de minha vida e também na caminhada para minha formação profissional. Ao meu irmão Daniel Sampaio Eleutério e minha irmã Daniela Aparecida Sampaio Eleutério, pelo apoio e incentivo na minha caminhada profissional. Aos meus avós, Joaquim Arnaldo Eleutério e Dolores Peres, que me deram força e confiança em todos os momentos de minha vida.

## **OFEREÇO**

Ao meu avô Romualdo Sampaio (*In memorian*), e à minha avó Nilia Barbosa Sampaio (*In memorian*), que, por vontade de Deus, já não fazem mais parte deste mundo, mas as lembranças de sua presença, o som de suas vozes, sopram suaves na memória, num murmúrio triste de lamento e saudade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ter conseguido chegar ao fim desta primeira etapa, muito importante em minha vida.

Ao meu orientador Msc. Lister Fernandes Bernardes, que além de ter contribuído muito para minha formação acadêmica me auxiliou na elaboração deste trabalho.

À Casa da Lavoura (Moraes & Bagailo Com. Repres. Prod Agrícolas Ltda.) – Matriz de São Joaquim da Barra, pelos estágios fornecidos, e em especial ao amigo Engº Agr. Marcelo Lopes Moreira, por todos os ensinamentos e pela amizade durante todos esses anos.

A todo corpo docente da Faculdade Dr. Francisco Maeda pelos conhecimentos adquiridos em toda vida acadêmica.

A todos os funcionários da Faculdade Dr. Francisco Maeda pelo apoio e colaboração em minha vida acadêmica.

Aos meus amigos, Ricardo Martins Teodoro (Migue), Cezar (Sinop), Felipe (Mister Bim), Gustavo (Nér), Ricardo (Kaverna), Danilo (Muchila), Gabriel (Pardal), Breno (Jagunço), Fernando Cirilo, Gustavo Nassif, Francisco (fedô), Rony (Marquito), Danilo Pilloto (Pilla), Daniel (Minero), Breno (Puff), Márcio (Orlândia), Paulo Zamboni, Rodolfo (Carudo), Rodolfo Salim, e Douglas Bocalon, e as amigas, Adriana (*in memorian*) Ana Carla, Camila, Giovana, Tatiane, Jonanda e Flaviane, não só nos estudos e boas horas, mas também nas horas ruins, me dando o apoio que precisei.

A minha namorada Suzana, pelo apoio e o amor depositado em mim durante todos esses anos, nessa minha caminhada profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para êxito deste trabalho.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a fertilidade do solo de uma área de produção agrícola, subdividida em nove glebas, delimitadas por terraços para avaliação, com a finalidade de identificar uma provável variabilidade entre elas. O experimento foi realizado no ano agrícola de 2004/2005, na área experimental da Faculdade Dr. Francisco Maeda- Fafram- com altitude 620 m, latitude sul 20° 22', longitude oeste 47° 46', declividade de 3%, em um latossolo vermelho distroférico típico, cerrado, plano sob plantio direto desde 1999, onde foram coletadas com uma sonda de aço inox, em março de 2005, vinte sub-amostras nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,2 m de profundidade em cada gleba, as quais foram misturadas, formando as amostras. Foram analisados os valores de pH, matéria orgânica (MO), P, K, Ca, Mg, CTC e V% do solo. A maior e menor variação foi observada para o pH2 (6%) e Zn (169,2%), respectivamente. As demais variáveis químicas apresentaram valores intermediários a esses. As glebas apresentaram teores classificados como alto (P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn); médio e alto ( MO, K, SB, CTC); médio (pH2, H+Al) e médio e baixo (pH1, S, B, V%). As variações observadas entre as glebas devem ser levadas em consideração na definição de futuras amostragens e estratégias de manejo da adubação.

**Palavra chave:** Fertilidade do solo. Dependência espacial. Plantio direto. Variabilidade espacial.

## SUMMARY

The objective of the work was to evaluate the fertility of the ground of an area of agricultural production, subdivided in nine soils, delimited for terraces for evaluation, with the purpose to identify a probable variability between them. The experiment was carried through in the agricultural year of 2004/2005, in the experimental area of the Dr. College Francisco Maeda-Fafram- with altitude 620 m, south latitude 20° 22', longitude west 47° 46', 3% declivity, in one latossolo red typical distroférico, open pasture, plan under direct plantation since 1999, where they had been collected with a steel sounding lead inox, in March of 2005, twenty sub-samples in the layers of 0,0-0,05 and 0,05-0,2 m of depth in each soil, which had been mixed, forming the samples. The values of pH had been analyzed, organic substance (Me), P, K, Ca, Mg, CTC and V% of the ground. The greater and minor variation had been observed for pH<sub>2</sub> (6%) and Zn (169,2%), respectively. Excessively changeable chemistries had presented intermediate values to these. The soils had presented classified texts as high (P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn); high medium and (Me, K, SB, CTC); medium (pH<sub>2</sub>, H+Al) and low medium and (pH<sub>1</sub>, S, B, V%). The variations observed between soils must be taken in consideration in the definition of future samplings, strategies of handling of the fertilization.

**Keywords:** Fertility of the ground. Space dependence. No –tyllage. Space variability.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Variação entre o maior e menor valor de pH 1 (camada de 0,0-0,05 m de profundidade), pH 2 (camada de 0,05-0,2 m de profundidade), H+Al, Fe, CTC, P, Matéria Orgânica (MO), V% e Mn nas sub-glebas, encontrados na camada de solo entre 0,0-0,2 m.....17
- Figura 2-** Variação entre o maior e menor valor de Cu, soma de base (SB), Ca, K, Mg, S, B e Zn nas sub-glebas, encontrados na camada de solo entre 0,0 – 0,2 m..... 18
- Figura 3-** Teores de pH 1 (camada de 0,0-0,05 m) e pH 2 (camada de 0,05-0,2 m) nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al. (1996).....19
- Figura 4-** Teores de matéria orgânica na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Tomé Junior (1997)..... 19
- Figura 5-** Teores de fósforo na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al. (1996). .....20
- Figura 6-** Teores de potássio na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com RAIJ et al. (1996).....21
- Figura 7-** Teores de cálcio e magnésio na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com RAIJ et al. (1996)..... 23
- Figura 8-** Teores de enxofre e boro na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996). ..... 24
- Figura 9-** Teores de cobre e ferro, na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).....25
- Figura 10-** Teores de manganês e zinco na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).....26
- Figura 11-** Saturação por base na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).....27

<b>Figura 12-</b> Acidez potencial na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior de acordo com Morel (2006).....	28
<b>Figura 13-</b> Soma de bases na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior de acordo com Morel (2006).....	29
<b>Figura 14-</b> Capacidade de troca de cátions (C.T.C.) na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior acordo com Morel (2006).....	29

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 SOLO E ÁREA.....</b>	<b>16</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>33</b>

## INTRODUÇÃO

A amostragem de solo para avaliação da fertilidade do mesmo é uma das ferramentas básicas para recomendação de adubação e calagem. De acordo com Van Raij e Quaggio (1983), Raij et al. (1997) e Raij et al.(1987), uma gleba a ser avaliada não deve ser muito superior a 10 ha e ser constituída por solo com características homogêneas como: cor, tipo de solo, uso anterior, posição na encosta, histórico de adubação, entre outros.

No cotidiano, busca-se seguir estas instruções mas, devido à subjetividade de alguns critérios, é muito provável que glebas tidas como homogêneas, para fins de amostragem de solo, podem, na verdade, não sê-las e resultando, dessa forma, em recomendação de adubação e calagem de menor precisão, com provável reflexo negativo na produtividade das culturas. Assim, o estabelecimento de glebas menores, ainda que subjetivamente homogênea antes de serem subdivididas para fins de amostragem para avaliação da fertilidade do solo, pode contribuir para uma maior precisão nas recomendações de adubação e calagem e, conseqüentemente, melhorar a rentabilidade do empreendimento, em que pese o maior custo com análise química de solo do serviço de amostragem.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a fertilidade do solo de uma área de produção comercial, tida como homogênea, porém subdividindo-a em glebas menores para avaliação da fertilidade do solo em cada uma delas, visando identificar uma provável variabilidade entre elas.

## 1 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Souza *et al.* (2004), a aplicação de insumos é baseada na fertilidade do solo, podendo subestimar ou superestimar esses teores no solo, acarretando excessos ou déficit nutricionais em determinadas áreas. O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas.

Gandah *et al.* (2000 *apud* SOUZA *et al.*, 2004) afirma que variação de atributos químicos é importante para o levantamento e manejo do solo, planejamento de esquemas de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas. A variabilidade dos atributos químicos do solo são alguns dos possíveis responsáveis pela influência na oscilação da produtividade. Antes de buscar qualquer relação destes elementos com a cultura, é importante avaliar a extensão e a intensidade da dependência espacial desta variação, isoladamente ou em conjunto com outros parâmetros.

Atributos do solo não ocorrem de maneira aleatória no espaço, mas sim de dimensão característica, que é seu domínio; ou seja, os atributos do solo podem apresentar-se espacialmente correlacionados em determinada área, podendo o conhecimento desta dependência espacial contribuir para o entendimento sobre a influência dos atributos e do manejo do solo na produtividade das culturas.(CORA *et al.*, 2004)

A agricultura de precisão tornou-se indispensável para o planejamento e otimização de adubações, tratos culturais e colheita. Em áreas com diferentes manejos é importante o estudo da variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas dos solos para reduzir os efeitos da variabilidade horizontal e vertical do solo e, em muitos casos, pode influenciar a interpretação de efeitos de tratamentos em experimentos. (SILVA *et al.*, 2003).

O conhecimento da variabilidade é fundamental para que, a amostragem do solo, para fins agrícolas, represente com exatidão a sua fertilidade, e assim, as recomendações de calagem e adubação não estariam comprometidas. Quanto mais heterogêneo for o solo, maior deve ser o número de amostras coletadas, para que se atinja maior exatidão na avaliação de suas características. (SILVEIRA *et al.*, 2000)

O solo apresenta uma extensa variabilidade dos seus atributos, tanto no sentido espacial como no volumétrico, resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação. O cultivo do solo revela fontes adicionais de desigualdade, originadas, exclusivamente, desde a existência da agricultura. Por outro lado, os princípios básicos da experimentação, estabelecidos por meio do método estatístico clássico, consideram que a variabilidade do solo ocorre de forma inteiramente aleatória, admitindo-se que seus atributos apresentem uma distribuição de frequência do tipo normal (CARVALHO, 2003).

Os solos podem ser naturalmente férteis ou se tornarem férteis através de um manejo adequado. Para tal, é necessário se conhecer a variação das suas propriedades químicas, tanto horizontal como verticalmente, uma vez que os mesmos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constante modificação, constituindo assim corpos de diferente natureza. Essas variações espaciais podem ser avaliadas através de técnicas estatísticas descritivas, que não levam em consideração a estrutura espacial existente nos solos amostrados e através de técnicas geoestatísticas, que verificam a relação entre as várias amostras de uma mesma área, usando-se o estudo de variáveis regionalizadas e sazoadas (SILVA, 2001).

O calcário, quando distribuído na superfície da palhada das culturas no sistema de plantio direto, leva à baixa variabilidade horizontal nos atributos de acidez do solo e nos teores de matéria orgânica, determinando um pequeno número de subamostras da área. A amostragem do solo também pode ser fonte de variabilidade, considerando o próprio volume de solo da subamostra, dependendo do instrumento utilizado como, por exemplo, na coleta com trado de rosca, que ocasiona perdas de solo, especialmente das camadas superficiais, ricas em alguns dos atributos químicos do solo (SCHLINDWEIN; ANGHINONI 2000).

De acordo Oliveira et al. (1999), solos salinos e / ou, salino-sódicos, quando usado para irrigação, podem exibir elevada variabilidade espacial, o que pode levar a uma interpretação falsa dos efeitos dos tratamentos em um ensaio. Desta maneira, uma análise sensata, visando avaliar melhor o procedimento espacial das características físicas e químicas desses solos, é um aspecto de principal importância, e pode ser feita pelo uso de técnicas estatísticas descritivas (geral e espacial) e geoestatísticas.

Albuquerque (1996) relata que não considera a variabilidade espacial, pode levar a uma conclusão falsa de resultados experimentais e ao mau uso de áreas agrícolas com finalidade comercial. E, quando considerada, pode tornar-se um instrumento fundamental, porque o conhecimento da variabilidade espacial aprova melhor o planejamento e interpretação de experimentos utilizados com frequência para sugestões de manejo do solo e culturas.

De acordo com Cassel et al. (1986 *apud* ALBUQUERQUE, 1996), considerando-se solos com culturas anuais, o sistema de manejo é um fator que causa grande variação no solo, tanto horizontal como verticalmente. Solos manejados sob sistema de plantio direto adquirem condições físicas e químicas diferentes de outros sistemas, especialmente do convencional, observadas as diferenças existente entre os implementos utilizados em ambos.

O solo, com passar do tempo, aumenta a sua heterogeneidade, não só no desmatamento, como nos locais onde os fertilizantes têm sido aplicados em faixas ou linhas, fazendo, com que o sistema de amostragem (intensidade, forma e etc.), possa variar consideravelmente (SOUZA et al. 1998).

A amostragem de solo é a etapa mais crítica de todo o processo de análise. Ela não pode, em geral, ser repetida e, uma amostra mal coletada não revela, pelo seu aspecto, se é ou não representativa da gleba amostrada. Um resultado de análise suspeita, pode ser verificada através da repetição da análise, mas não há possibilidade de corrigir erros de amostragem. Uma regra adequada para a amostragem de um solo é coletar sempre 20 amostras simples por amostra composta, qualquer que seja a área a mostrar, mesmo que ela represente apenas 10 m<sup>2</sup>, isso, por que, a variabilidade química do solo manifesta-se em pequenas distâncias e essa observação vale também para a amostragem de solo de parcelas experimentais de ensaio, que irão servir para calibração da análise de solo (RAIJ, 1991).

Num sentido amplo, a análise de solo é uma medida físico-química, mas na agronomia seu objetivo é determinar a habilidade do solo em fornecer nutriente às planta e, também, determinar as necessidades de calcário e fertilizantes, além de diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sais e outros. No entanto, para que os objetos da análise de solo sejam atingidos, é necessário que esta prática esteja interligada com outras etapas, quais sejam: amostragem do solo, análise de laboratório, correlação entre os resultados da análise e produção-calibração, interpretação dos resultados, e recomendação de calagem e adubação (RAIJ et al. 1987).

De acordo com Malavolta (1992), a amostra analisada é sempre o resultado da mistura de subamostra ou amostra simples. Para que a mistura seja também representativa da gleba, é indispensável que cada subamostra tenha a mesma quantidade de terra, caso contrário, poderá predominar, no volume final de solo, uma subamostra de terra mais rica ou mais pobre e que, certamente, levará a resultados errôneos. É necessário, pois, colher o número indicado de subamostra, e todas elas deverão ter um volume aproximadamente igual de terra. Desse modo, serão obtidos resultados tão próximos, quanto possível, da situação real da fertilidade do solo

da gleba homogênea. Por mais uniforme ou homogênea que pareça a gleba, há diferenças de fertilidade dentro da mesma e que o olho não vê, mas que o laboratório é capaz de acusar.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO**

O local escolhido para a pesquisa está situado na área de produção agrícola, do *Campus* da Faculdade Dr. Francisco Maeda, no município de Ituverava – SP, cujas coordenadas geográficas são 20° 22' 01" S ; 47° 46' 23" W ,630 m, com declividade de aproximadamente 3 a 5%.

### **2.2 SOLO E ÁREA**

O solo, no qual o experimento foi instalado, foi caracterizado de acordo com Carvalho Filho (1999), como Latossolo Vermelho distroférico típico.

A área experimental possui aproximadamente 21 hectares, explorados comercialmente, no sistema de plantio direto, há seis anos, e que foi dividida em nove glebas delimitadas pelos terraços, (Anexo A). As amostras de solo foram coletadas em março de 2005, no centro das entrelinhas da cultura anterior, na profundidade de 0,0-0,05 e 0,05-0,2 m com um amostrador tipo sonda, de aço inox, com 0,50 m de comprimento por 0,035 m de diâmetro.

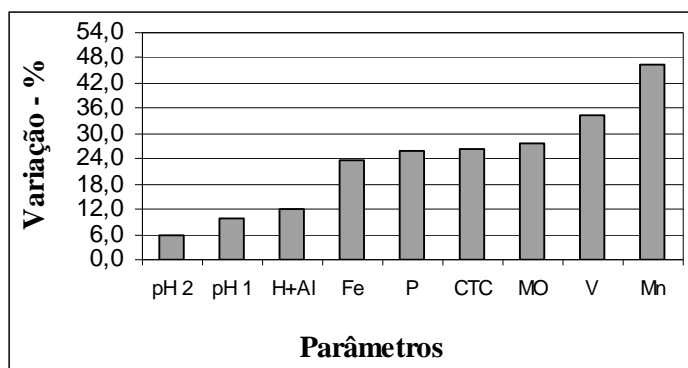
Em cada gleba, coletou-se, ao acaso, vinte subamostras, as quais foram misturadas, formando uma amostra composta, representativa da gleba.

Foram analisados os valores de pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, CTC e V% do solo, conforme descrito por Rajj *et al.* (2001). O pH foi determinado em solução de cloreto de cálcio. Para P, Mg, K e Ca, a extração foi com resina de troca iônica, o enxofre foi determinado através de fosfato de cálcio e a CTC calculada, somando se as bases, hidrogênio e alumínio. A acidez total foi extraída através de solução tamponada, composta de acetato de cálcio com pH 7.

Os gráficos com os resultados foram elaborados com o auxílio do programa Microsoft Office Excel.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as porcentagens (%) de variação de alguns resultados entre as glebas (terraços), entre o maior e menor valor de pH 1 (camada de 0,0-0,05 m de profundidade), pH 2 (camada de 0,05-0,2 m de profundidade), H+Al, Fe, CTC, P, Matéria Orgânica (MO), V% e Mn, encontrados na camada de solo entre 0,0-0,2 m de profundidade.



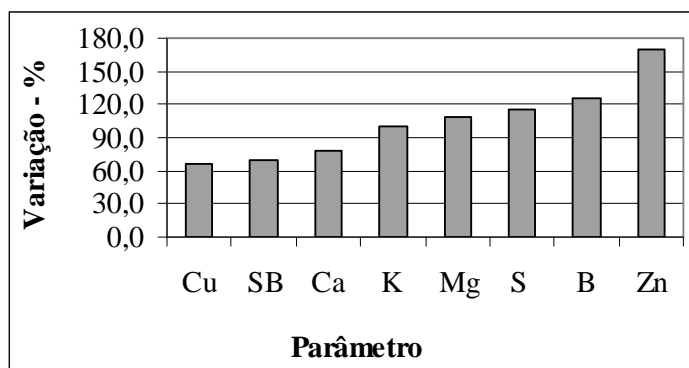
**Figura 1:** Variação entre o maior e menor valor de pH 1 (camada de 0,0-0,05 m de profundidade), pH 2 (camada de 0,05-0,2 m de profundidade), H+Al, Fe, CTC, P, Matéria Orgânica (MO), V% e Mn nas sub-glebas, encontrados na camada de solo entre 0,0-0,2 m.

A menor variação foi a do pH 2 (6%), e seguido de pH 1 (10%), H+ Al (12%), Fe (24%), P 26%, (CTC 26%), MO (28%), V (34%) e Mn com (46%).

De acordo com Carvalho (2003), a variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada por seus fatores intrínsecos (fatores de formação, que são o material de origem, relevo, clima, organismos e tempo), e por fatores extrínsecos, normalmente empreendidos pelas práticas de manejo do solo (adubação, calagem, dentre outros).

Na Figura 2 é apresentada variação entre o maior e menor valor de Cu, soma de bases (SB), Ca, K, Mg, S, B e Zn nas sub-glebas ultrapassou 50%.

No trabalho de Carvalho (2003), nas camadas de 0,00-0,10 m de profundidade, o menor coeficiente de variação encontrado foi de 3,6% para o pH, e o maior, de 79,2%, para Mg. Tal variação pode ter ocorrido através da distribuição do calcário no solo que é uniforme, e da aplicação dos fertilizantes no sistema plantio direto, que é efetuada a cada cultivo, predominante em sulcos de plantio.



**Figura 2:** Variação entre o maior e menor valor de Cu, soma de base (SB), Ca, K, Mg, S, B e Zn nas sub-glebas, encontrados na camada de solo entre 0,0 – 0,2 m.

As variações acima de 50%, foram de Cu (67%), SB (70%), Ca (79,5%), K (100%), Mg (109%), S (115%), B (125%) e Zn (169%).

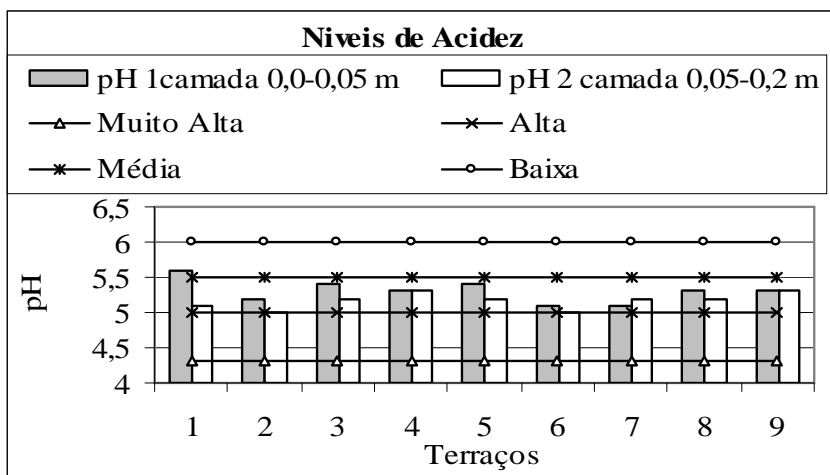
Os valores de pH 1 e pH 2 entre os terraços na camada de solo de 0,05-0,2 m de profundidade são apresentados na Figura 3, onde pH 2 variou entre 5,0 (terraços quatro e nove) e 5,3 (terraços dois e seis), ou seja, uma variação de 6%. Os terraços apresentaram teores classificados como médio (Figura 3), segundo os limites de classes estabelecido por Raij et al. (1996).

O valor de pH 1 entre os terraços na camada de solo de 0,0-0,05 m de profundidade variou entre 5,1 (terraço um) e 5,6 (terraços seis e sete), ou seja, uma variação de 9,8%. O terraço um apresentou teor classificado como baixo e os demais, teor médio, (Figura 3), segundo os limites de classes estabelecido por Raij et al. (1996).

Já os valores de pH apresentaram-se mais baixos na camada superficial, provavelmente por causa da acidificação natural que ocorre no solo ao longo do tempo e pelas adubações nitrogenadas (Cora et al. 2004).

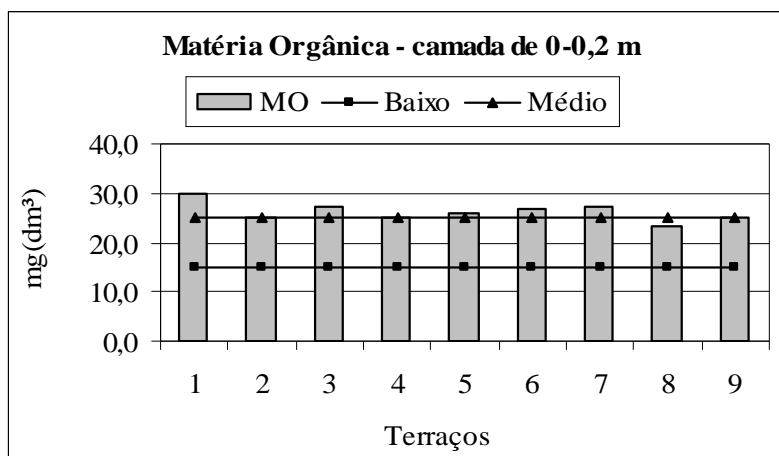
De acordo com Tomé Junior (1997), solos com pH ácido pode haver deficiência de P a alta fixação de P aplicado, baixos teores de Ca e Mg, boa disponibilidade dos micronutrientes Ferro, Cobre, Manganês e Zinco, toxidez por alumínio; mas o ideal para maioria das culturas é pH entre 5 e 6.

No caso, por exemplo, no primeiro terraço, pode ter ocorrido uma dosagem maior que nos outros terraços, quando foi feito a aplicação de corretivo de acidez, o qual mudaria a recomendação, por causa da variação do nível de fertilidade verificada entre os terraços, o suficiente para que a coleta de solo para análise química e posterior realização de calagem sejam realizadas de forma diferenciada.



**Figura 3:** Teores de pH 1 (camada de 0,0-0,05 m) e pH 2 (camada de 0,05-0,2 m) nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Rajj et al. (1996).

Na Figura 4 é apresentado teor de matéria orgânica entre os terraços, na camada de solo de 0,0 a 0,2 m de profundidade, que variou entre 23,5 mg. (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço um) e 30,0 mg. (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço oito), ou seja, uma variação de 27,7 %. Os terraços dois, quatro, oito e nove apresentaram teores classificados como médio e os demais, teor alto (Figura 4), segundo os limites de classes estabelecido por Tomé Junior (1997).



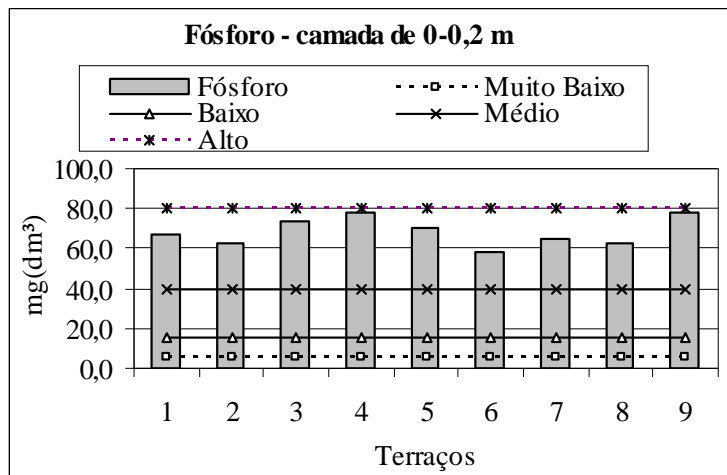
**Figura 4:** Teores de matéria orgânica na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Tomé Junior (1997).

Tal variação é suficiente para alterar, por exemplo, a recomendação de adubação nitrogenada, a qual não seria a mesma para todos os terraços, justificando a necessidade de se realizar a coleta de solo para análise química e posterior realização de adubação de forma

individualizada. Nos terraços com maior teor de matéria orgânica, a disponibilização de outros nutrientes, tais como o enxofre, fósforo e boro, dentre outros, também poderia ser maior, com reflexo nas respectivas doses de adubação. Com maior teor de matéria orgânica, ocorre maior resistência à variação do pH (maior poder tampão), implicando, por ocasião da calagem, na necessidade de maior dosagem de corretivo de acidez naqueles terraços. Também existe a possibilidade de maior complexação de metais, pois devido ao maior teor de matéria orgânica, existiria maior quantidade de substâncias orgânicas capazes de formar complexos e, como consequência, ocorrer menor toxidez por Al trocável (TOMÉ JUNIOR, 1997).

A Figura 5 mostra o teor de fósforo entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,20 m de profundidade, que variou entre 57,8 mg. (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço nove) e 78,5 mg. (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço seis), ou seja, uma variação de 26%. Todos os terraços apresentaram teores classificados como alto (Figura 5), segundo os limites de classes estabelecido por Raij et al. (1996).

Para Silva *et al.*, (2003), num solo Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, e localizado em uma área plana, na profundidade de 0,00-0,20 m, o fósforo apresentou maior valor de coeficiente de variação (111%). Esse comportamento deve-se, provavelmente, à forma de aplicação desse nutriente no solo, que no caso do plantio direto, geralmente é adicionado na linha.



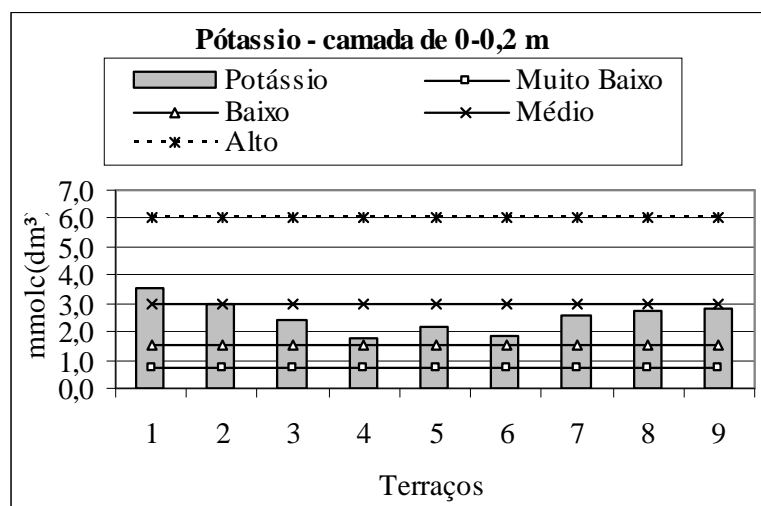
**Figura 5:** Teores de fósforo na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al. (1996).

Os resultados referentes à P (Figura 5), não se situaram em classes diferentes de interpretação dos níveis de fertilidade, com todos os terraços apresentando teores altos, os quais não mudariam em nada, por exemplo, a recomendação de adubação fosfatada entre os terraços.

Em plantio direto, há maior acúmulo de nutrientes em superfície, devido à localização do adubo e a menores perdas por erosão, especialmente o P, que pode apresentar teores até dez vezes superiores em relação às camadas subsuperficiais, justificando os altos teores para esse nutriente.

Apesar dos terraços quatro e nove apresentarem altos teores de P, isso não parece ser um problema para as plantas, mas com a aplicação de calcário pode-se aumentar ainda mais a disponibilidade de fósforo, podendo ocorrer redução na produção devido a deficiência de Zinco (RAIJ, 1991).

O teor de potássio (Figura 6) entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre 1,8 mmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço um) e 3,6 mmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço quatro), ou seja, uma variação de 100%. Os terraços um e dois apresentaram teores classificados como alto e os demais, teor médio segundo os limites de classe estabelecido por Raij et al. (1996).



**Figura 6:** Teores de potássio na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com RAIJ et al. (1996).

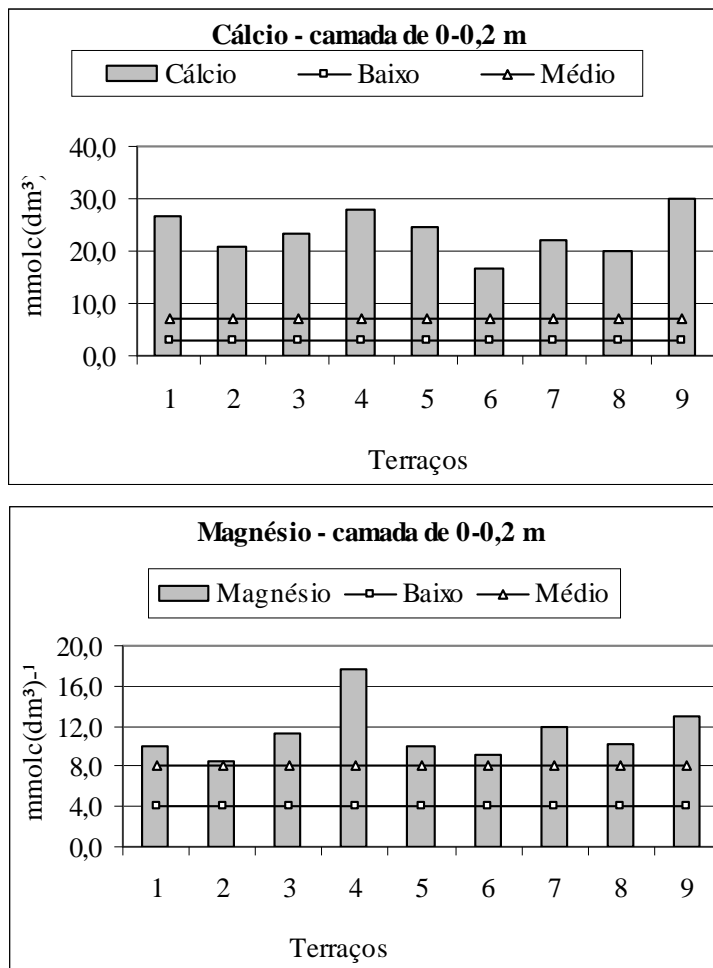
Isto que poderiam ser os efeitos residuais de adubações anteriores e aumentar a variabilidade de potássio (SILVA et al, 2003), haja vista que este elemento, geralmente, é adicionado na linha, enquanto a correção da acidez do solo, bem como a deposição dos restos culturais, é realizada a lanço, de forma homogênea sobre a área, no qual mudaria, por exemplo, a recomendação de adubação potássica.

E sendo assim, a necessidade de realizar a coleta de solo para análise química e individualizar a recomendação de adubação, mas adotar cuidados com adubação pesada com K nos terraços quatro e seis, pois em solo pobre em Mg, pode acarretar deficiência de Mg.

Schlindwein; Anghinoni (2000), estudando também a variabilidade espacial de atributos de fertilidade, atribuíram os valores elevados de K, à menor lixiviação decorrente do acúmulo de matéria orgânica (maior CTC) e da remoção do potássio de camadas subsuperficiais pelas raízes como liberação na superfície, pela lavagem das folhas.

Na Figura 7 são apresentados os teores de cálcio e magnésio. O teor de Cálcio variou entre  $16,8 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço nove) e  $30,0 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço seis), ou seja, uma variação de 78,5%, e o magnésio entre  $8,5 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço quatro) e  $17,8 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço dois), ou seja, uma variação de 109,4%. Todos os terraços apresentaram teores também classificados como alto, (Figura 7) segundo os limites de classes estabelecido por Raij et al. (1996).

Cabe salientar que, às recomendações de calagem ou adubações seriam iguais para cálcio e magnésio em todos os terraços e também a quantidade a acrescentar, seriam apenas para reposição removidas pelas culturas (teores alto), observando que não ocorreu mudança das quantidades devido os teores serem classificados como alto de acordo com as classes de limites de interpretação dos níveis de fertilidade (Raij et al 1996).

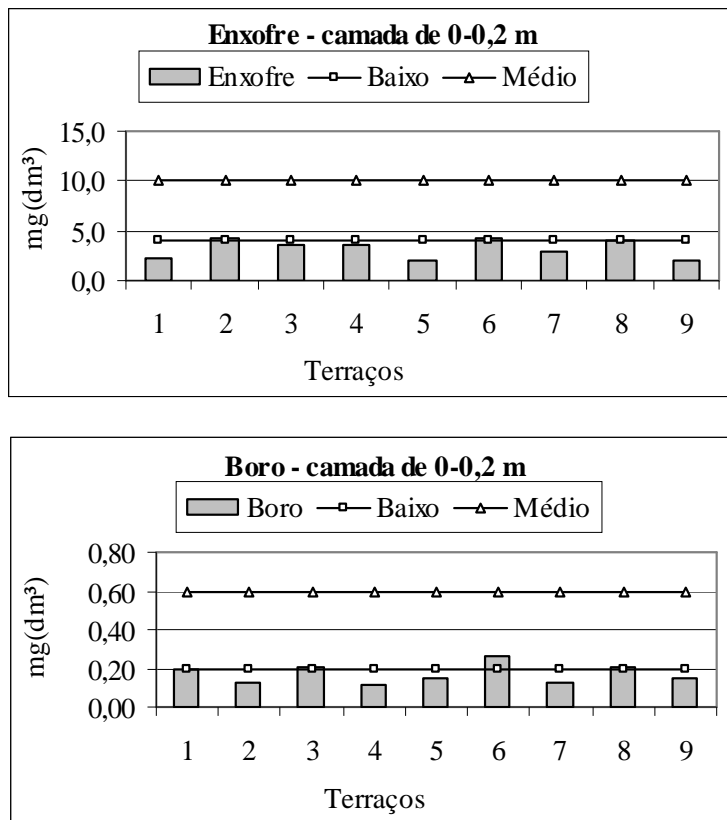


**Figura 7:** Teores de cálcio e magnésio na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com RAJ et al. (1996).

Na Figura 8 são apresentados os teores de enxofre e boro, onde o teor de enxofre entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre  $2,0 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço dois e seis) e  $4,3 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço cinco e nove), ou seja, uma variação de 115%. Os terraços dois, seis e oito apresentaram teores classificados como médio e os demais, teor baixo (Figura 8).

Em geral, pode-se observar os teores de boro entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre  $0,12 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço seis) e  $0,27 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço quatro), ou seja, uma variação de 125%. Os terraços três, seis e oito apresentaram teores classificados como médio e os demais, teor baixo (Figura 8), segundo os limites de classes estabelecido por Raj et al. (1996).





**Figura 8:** Teores de enxofre e boro na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites superiores de interpretação dos níveis de fertilidade, de acordo com Rajj et al (1996).

A variação encontrada para enxofre e boro revelou-se suficiente para alterar a recomendação de adubação que contenha boro e enxofre. Usando uma mesma fórmula comercial, a mesma dosagem para todas as glebas (terraços), a adubação não atenderia as necessidades individuais das glebas amostradas de forma individual.

O baixo teor de enxofre no solo pode ter ocorrido por falta de práticas de fertilização com este micronutriente porque, em geral, solos há muitos anos sob exploração, com uso de formulações de fertilizantes desprovidos de enxofre, podem apresentar baixa disponibilidade desse nutriente ou apresentar médio nível de matéria orgânica o que pode causar também deficiência de enxofre.

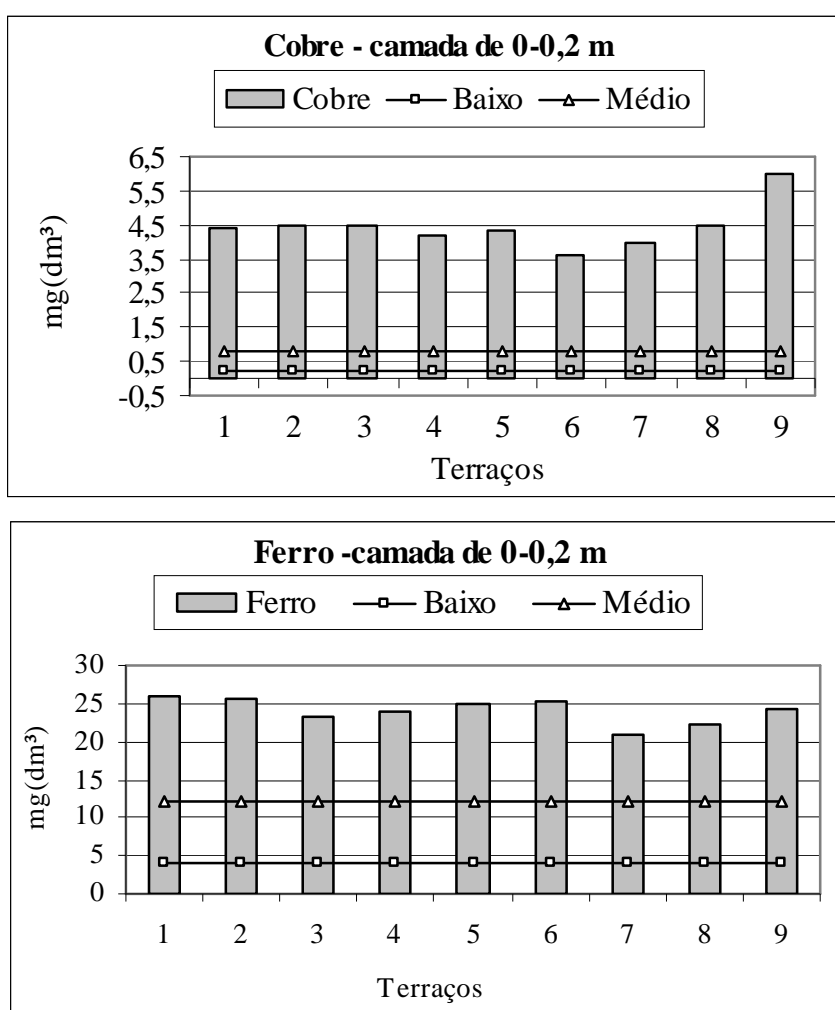
As Figuras 9 e 10 apresentam os teores de cobre, ferro, manganês e zinco. O teor de cobre entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade variou entre 3,6 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço nove) e 6,0 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço seis), ou seja, uma variação de 66,7%.

No caso o teor de ferro, variou entre 21,0 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço um e dois) e 26,0 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço sete), ou seja, uma variação de 23,8%. Todos os terraços apresentaram teores

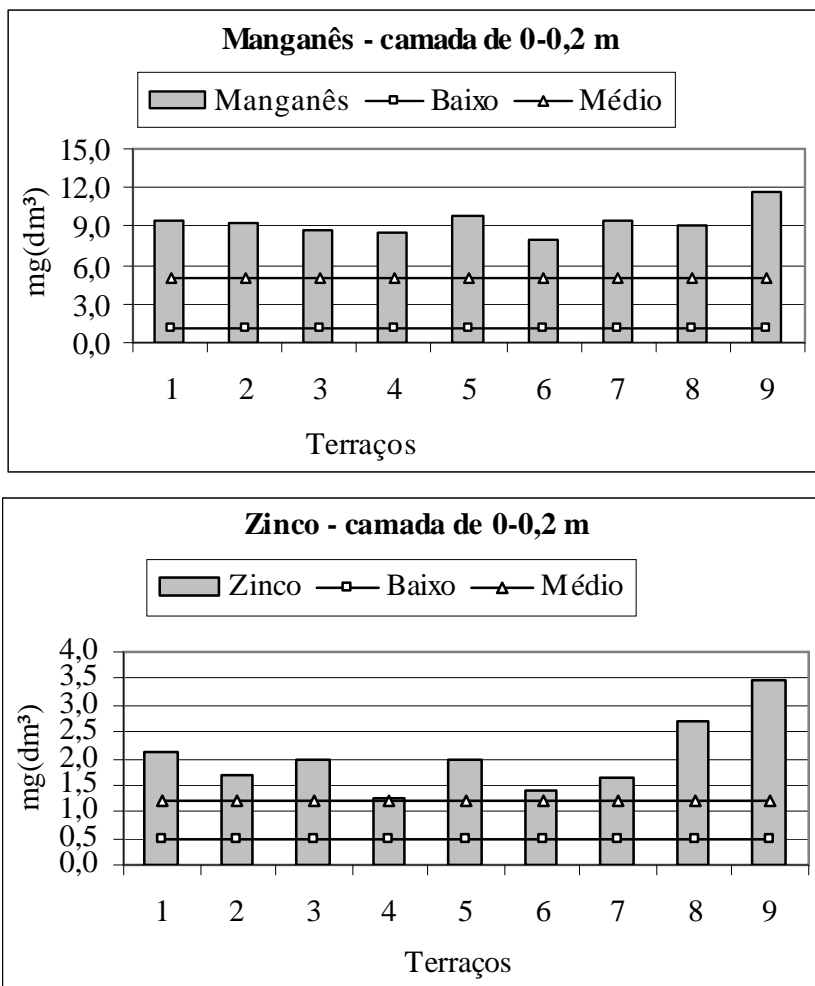
classificados como alto, (Figura 9) segundo os limites de classes estabelecido por Raij et al. (1996).

O teor de manganês entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre  $8,0 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço nove) e  $11,7 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço seis), ou seja, uma variação de 46,2%.

E por fim, o teor de zinco variou entre  $1,3 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço nove) e  $3,5 \text{ mg (dm}^3)^{-1}$  (terraço quatro), ou seja, uma variação de 169,2%, também classificados como alto, nos dois casos (Figura 9 e 10).



**Figura 9:** Teores de cobre e ferro, na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).



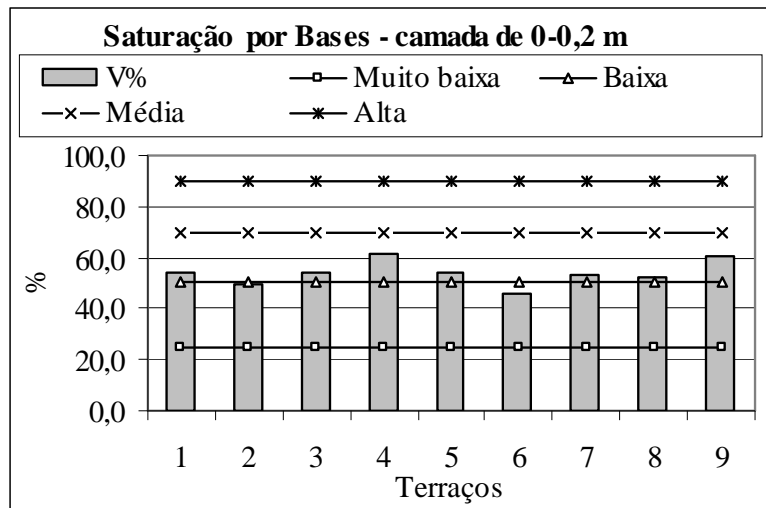
**Figura 10:** Teores de manganês e zinco na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).

Os dados das Figuras 9 e 10 revelam que as classes não alteraram para os limites de interpretação dos níveis de fertilidade e, no caso, por exemplo, a recomendação de adubação e a formulação do adubo comercial com aqueles micronutrientes seria a mesma para todos os terraços, pois cobre, ferro, manganês e zinco apresentaram teores altos, e a adubação seria somente para substituir o que a cultura extrair do solo.

Analisando a Figura 11, nota-se que a saturação por bases, entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre 45,8% (terraço quatro) e 61,5% (terraço seis), ou seja, uma variação de 34,3%. Os terraços dois e seis apresentaram teores classificados como baixo e os demais, médio de acordo com os critérios de Raij et al. (1996).

Na figura 11 pode se notar que a saturação por bases teve uma variação entre os níveis de fertilidade, e tal variação é suficiente para alterar a recomendação de calagem para cada terraço. Para Raij et al. (1996), na cultura da soja, que necessita elevar a saturação por bases a

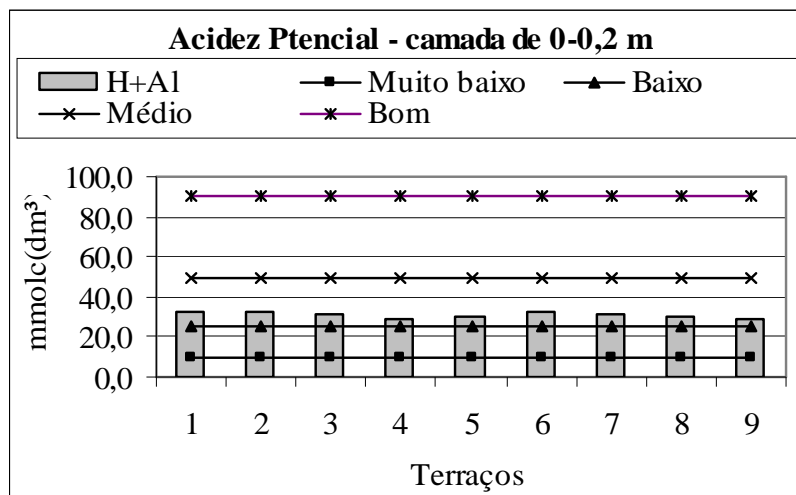
60% no estado de São Paulo (RAIJ et al 1996), os valores estão abaixo, exceto no quarto (61,5) e nono (61,0) que estão acima (>60%).



**Figura 11:** Saturação por base na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior, de acordo com Raij et al (1996).

Transferindo a experiência para a cultura do algodão, seria necessário elevar a saturação por base a 70% (RAIJ et al., 1996), o que mudaria toda a calagem, e as dosagens seriam individuais para cada terraço.

A acidez potencial ( $H+Al$ ) (Figura 12), na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre  $29,5 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço seis) e  $33,0 \text{ mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço quatro e nove), ou seja, uma variação de 11,8%. De acordo com as grandezas de Morel (2006), os terraços apresentaram teores de acidez potencial classificados como médio.

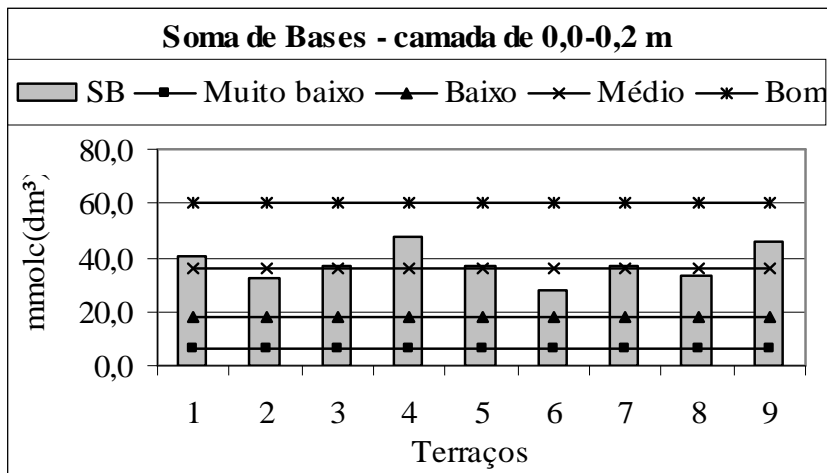


**Figura 12:** Acidez potencial na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior de acordo com Morel (2006)

O cálculo de saturação por bases (V%), índice utilizado na recomendação de calagem, requer o conhecimento do total de cargas existentes no solo (CTC total). Embora existam metodologias de determinação direta da CTC total, no Brasil ela é calculada somando-se as cargas dos cátions (K, Ca, Mg e Al) com os H<sup>+</sup> não-trocáveis. Daí a necessidade de determinação da chamada acidez potencial. Quanto maior for a quantidade de íons Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> existentes, maior será a dose de calcário requerido para atingir o efeito desejado, razão pela qual, a soma de H<sup>+</sup> Al ser denominado de acidez potencial (TOMÉ JUNIOR, 1997).

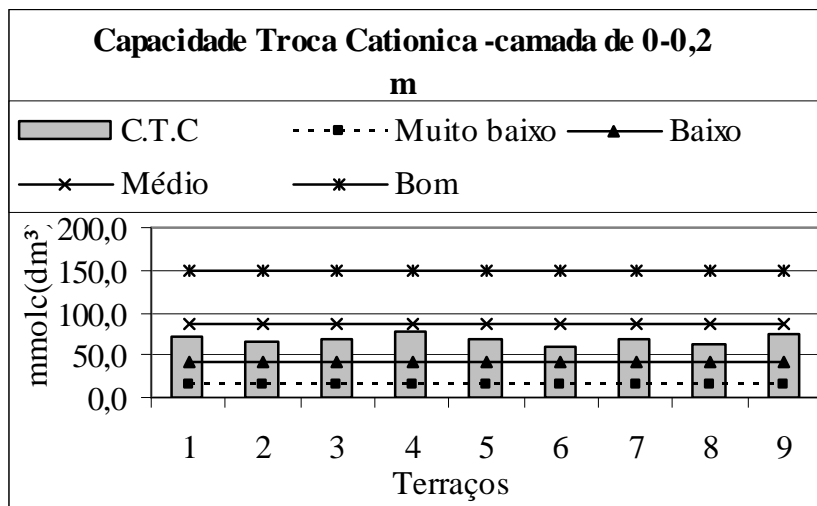
A soma de bases entre os terraços, na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, é apresentada na Figura 13, a qual variou entre 28,0 mmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço quatro) e 47,5 mmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> (terraço seis), ou seja, uma variação de 69,6%. Considerando os intervalos propostos por Morel (2006), os terraços dois, seis e oito apresentaram teores classificados como médio, e os demais, bom (Figura 13).

Observando a Figura 13, nota-se que alguns terraços (dois, seis e oito), estão com médio nível de fertilidade, sugerindo a necessidade de se acrescentar diferentes quantidades para nivelar os teores entre as glebas.



**Figura 13:** Soma de bases na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior de acordo com Morel (2006).

A capacidade de troca de cátions (C.T.C.) (Figura 14), na camada de solo de 0,0-0,2 m de profundidade, variou entre 61,0  $\text{mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço quatro) e 77,0  $\text{mmol}_c (\text{dm}^3)^{-1}$  (terraço seis), ou seja, uma variação de 26,2%. Todos os terraços apresentaram teores classificados como médio (Figura 14) acordo com os intervalos de Morel (2006).



**Figura 14:** Capacidade de troca de cátions (C.T.C.) na camada de 0,0-0,2 m nas glebas (terraços) amostradas e limites de interpretação dos níveis de fertilidade na classe superior acordo com Morel (2006)..

O número total de cátions trocáveis que um solo pode reter é chamado de capacidade de troca de cátions (CTC). Assim, quanto mais alta for a CTC de um solo, mais cátions ele pode reter. Os três principais fatores que afetam a CTC do solo são a textura, a quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica.

## CONCLUSÃO

Pode - se concluir que:

- A menor e a maior variação foram observadas para o pH2 (6%) e Zn (169,2%), respectivamente. As demais variáveis químicas apresentaram valores intermediários a esses.
- As variações nos teores de P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn entre as glebas não foram suficientes para mudar as classe de fertilidade, tendo oscilado dentro da classe alta, ocorrendo o mesmo para pH2, H+Al, porém na classe de interpretação média.
- MO, K, soma de bases, CTC, pH1, S, B e V% apresentaram-se em diferentes classes de fertilidade e com diferenças entre as glebas.
- As variações observadas sugerem que as amostragens se solo e o manejo de adubação na área estudada devem ser feitos de forma individualizada.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.151-157, 1996.

CARVALHO FILHO, Alberto. **Levantamento detalhado e alterações de alguns atributos provocados pelo uso e manejo dos solos da Faculdade de Agronomia de Ituverava/SP**. 1999. 88p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Jaboticabal.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa, v. 27, n. 4, p.695-703, 2003.

CASSEL, D.K.; UPCHURCH, D.R.; ANDERSON, S.H. Using regionalized variables to estimate field variability of corn yield four tillages regimes. In: ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.151-157, 1996.

CORA, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa, v. 28, n. 6, p.1013-1021, 2004.

GANDAH, M. et al. Dynamics of spatial variability of millet growth and yields at three sites in Niger, west Africa and implications for precision agriculture research. In: SOUZA, et al. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência. Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 6, p.1763-1771, 2004.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MELLO, F. A . F et al. **Fertilidade do solo**. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.

MOREL, F. **Solos**: interpretação de resultados de análise de solo. 2.ed. Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2006. (Sistemas de produção, 2). Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo\\_2ed/solos\\_interpreta.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_2ed/solos_interpreta.htm)>. Acesso em: 13 jun. 2007. 15:57h.

OLIVEIRA, J.J. et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.783-789, 1999.



- RAIJ, B. van **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. et al. van (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim IAC, 100).
- SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.24, p.85-91, 2000.
- SILVA, Paulo C. M. da; CHAVES, Lúcia H. G.. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola ambiental**. Campina Grande, v. 5, n. 3, p.431-436, 2001.
- SILVA, V. R. et al . Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p.1013-1020, 2003.
- SILVEIRA, P. M. da et al. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 10, p.2057-2064. 2000.
- SOUZA, L.S. et al. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo, em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.77-86, 1998.
- SOUZA, Z M, et al . Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n 6, p.1763-1771, 2004.
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Curitiba: Agropecuária, 1997. 247 p.

## ANEXO



Anexo A: Foto da área experimental.