
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DOS SOLOS DA CAPTA-FRUTAS EM JUNDIAÍ, SÃO PAULO

Nara Nubia de Lima **CRUZ**

Mestranda do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal do Piauí
E-mail: nnlc.16@hotmail.com

Gustavo Souza **VALLADARES**

Professor Adjunto, Departamento de Geografia e História. Universidade Federal do Piauí -
UFPI.

E-mail: valladares@ufpi.edu.br

Ismail SOARES

Dr. em Agronomia, docente do Departamento de Ciências do Solo/CCA/UFC

E-mail: ismail@ufc.br

Otávio Antônio **CAMARGO**

Pesquisador Científico. Instituto Agrônomico

E-mail: ocamargo@iac.sp.gov.br.

RESUMO: A qualidade do solo é entendida como a capacidade de sustentar a produtividade biológica do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e ou animais e do próprio ser humano. O objetivo do presente trabalho foi gerar um índice de qualidade do solo e avaliar sua distribuição espacial, diante dos diferentes usos na área experimental do Capta-Frutas da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo em Jundiaí. O índice foi baseado nos atributos químicos dos solos, considerando as análises de rotina e os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn, Ni e B. Os resultados demonstraram que a metodologia empregada no desenvolvimento do índice teve sucesso e que o índice apresenta dependência espacial. Os solos cultivados com vinhedos tiveram maior qualidade química, comparados aos solos com outras fruteiras e nas áreas sob vegetação nativa. Todavia deve-se ter cuidado com a elevação dos teores de Cu e Zn nos solos sob vinhedos, em razão da aplicação de fungicidas.

Palavras-Chave: Índice de qualidade de solos. Multicritério. Geoestatística.

SUMARY: Soil quality is understood as the ability to sustain the biological productivity of the ecosystem, maintaining the environmental balance and promoting the health of plants and or animals and human being. The aim of this study was to generate an index of soil quality and assess their spatial distribution on the different uses in the experimental area Capta Fruits of the Secretary of Agriculture of the State of São Paulo in Jundiaí. The index was based on the chemical characteristics of the soil, whereas the routine tests and the content of micronutrients Cu, Zn, Mn, Ni and B. The results demonstrate that the methodology used to develop the index was successful and that the index has spatial dependence. The soils cultivated with vineyards had higher chemical quality compared to soils with other fruit trees

and in areas under native vegetation. However one should be careful with the elevation of the levels of Cu and Zn in soils under vineyard, through the application of fungicides

Keywords: Soil quality index. Multicriterium. Geoestatistic.

RESUMEN: La calidad del suelo se entiende como la capacidad de sostener la productividad biológica del ecosistema, manteniendo el equilibrio ambiental y promoviendo la salud de plantas y animales y del propio ser humano. El objetivo del presente trabajo fue generar un índice de calidad del suelo y evaluar su distribución espacial, frente a los diferentes usos en el área experimental del Capta-Frutas de la Secretaría de Agricultura y Abastecimiento del Estado de São Paulo en Jundiá. El índice se basó en los atributos químicos de los suelos, considerando las análisis de rutina y los contenidos de los micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn, Ni y B. Los resultados demostraron que la metodología empleada en el desarrollo del índice tuvo éxito y que el índice presenta dependencia espacial. Los suelos cultivados con viñedos tuvieron mayor calidad química, comparados a los suelos con otras frutales y en las areas con vegetación nativa. Sin embargo, se debe tener cuidado con la elevación de los niveles de Cu y Zn en los suelos con viñedos, debido a la aplicación de fungicidas.

Palavras claves: Índice de qualidade del suelo. Multicriterio. Geoestadística.

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo refere-se à capacidade de sustentar a produtividade biológica, manter a água, a qualidade do ar, e fornecer apoio para a habitação humana (DORAN e ZEISS, 2000; NRCS, 2012). Karlen et al., (1997) definem qualidade de solo como sendo sua adaptação para desempenhar suas funções no ambiente, sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, e sustentar a sobrevivência do homem. A qualidade do solo pode ser afetada pelo uso da terra e práticas de manejo agrícola, alterando propriedades físicas e químicas do solo (CARAVACA et al., 2002). Embora a qualidade do solo seja uma tarefa complexa sua determinação tem sido sugerida como uma ferramenta importante para avaliar a sustentabilidade de longo prazo dos sistemas agrícolas (HUSSAIN et al., 1999).

A influência da agricultura sobre a qualidade do solo pode ser inferida por meio da medição de atributos ou parâmetros que são indicadores de qualidade, e que possam permitir comparações com solos não agrícolas, ou entre diferentes usos e manejos do solo (BREDJA et al., 2000). Como o sistema solo é muito dinâmico, é importante que, na avaliação da sua qualidade, seja levada em consideração a sustentabilidade ambiental, da qual ele é um componente básico, e os indicadores sejam escolhidos dentre aqueles que mais respondam ao uso e manejo e que causem maior impacto (LARSON e PIERCE, 1994). A definição de índices quantitativos para a qualidade do solo é um importante desafio para a ciência, especialmente, quando muitas mudanças ocorrem no longo prazo e as variações da qualidade

do solo só podem ser percebidas, quando todos os efeitos são combinados durante um longo período (NORTCLIFF, 2002).

Independentemente das aplicações, índices de qualidade de solo (IQS) são geralmente constituídos por um conjunto de parâmetros biológicos, físicos e químicos que tentam modelar a complexidade de um sistema, por meio de vários processos correlativos, em uma métrica de um solo ou da capacidade do ecossistema para a realização de uma ou mais funções (PAPENDICK e PARR, 1992, HALVORSON et al, 1996). Para avaliar corretamente a qualidade, indicadores de solo apropriados ou propriedades devem ser identificados. Esses indicadores devem ser quantificados em uma base local e da paisagem como um meio para a tomada de decisões de manejo em escala local ou regional (DORAN e PARKIN, 1994).

A avaliação da qualidade do solo envolve a medição de várias propriedades do solo que representam os atributos físicos, químicos e biológicos. A seleção de indicadores de qualidade do solo é dependente de suas características, influências ambientais, uso da terra e metas de gestão e proteção ambiental (STOTT et al, 2010). Onde podemos destacar como indicadores químicos da qualidade do solo o pH (SMITH e DORAN, 1996), nutrientes minerais e matéria orgânica (KARLEN et al., 2008). O presente trabalho objetivou gerar índices de qualidade química dos solos de uma área experimental ocupada por diferentes usos e cobertura do solo, e avaliar sua distribuição espacial, empregando a geoestatística como ferramenta básica.

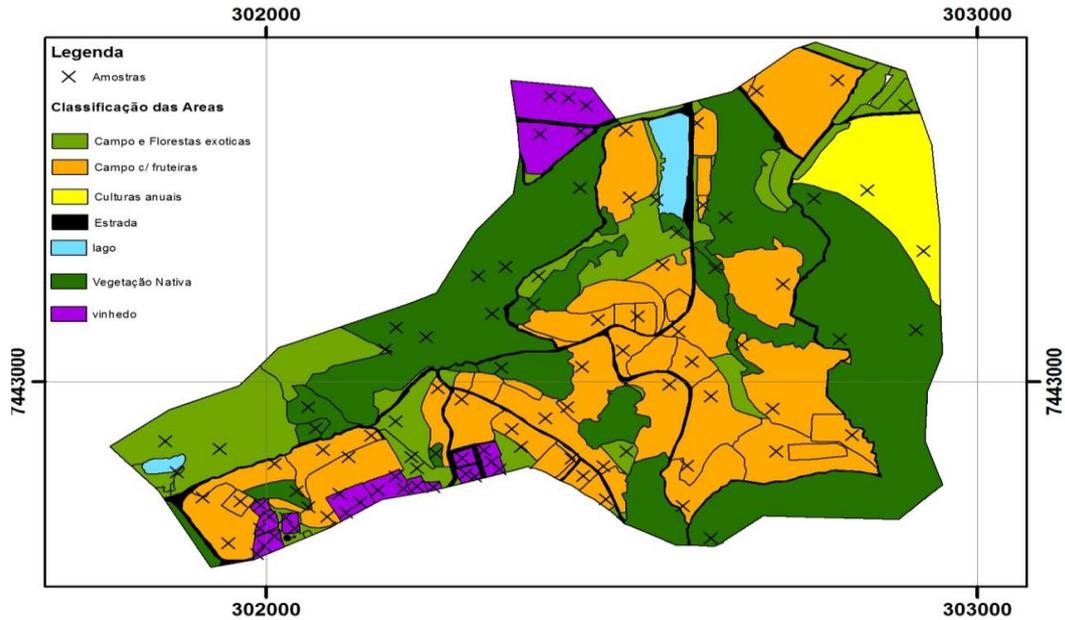
MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Centro CAPTA – Frutas, do Instituto Agronômico de Campinas da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e em área comercial adjacente, no Município de Jundiaí, SP. A área de estudo pertence a duas microbacias hidrográficas, com aproximadamente 50 ha, que apresentam variado uso do solo, como fruticultura, vegetação nativa, plantios florestais e pastagem (Figura 1). Esta área localiza-se entre 680 e 760m de altitude, com geomorfologia de morros e relevo ondulado e forte ondulado. O clima corresponde ao Cwa de Köppen. Quanto à geologia, predominam os xistos. Os solos são classificados como: Cambissolo háplico Tb Distrófico, Latossolo amarelo Distrófico, Argissolo amarelo Distrófico e Gleissolo háplico Tb Distrófico.

Foram coletados 100 pontos em duas profundidades (0-15 e 15-30 cm), totalizando 200 amostras. As amostras foram enviadas para o laboratório do Instituto Agronômico de

Campinas (IAC) para a análise de fertilidade de rotina, micronutrientes e metais pesados segundo a metodologia de Raij et al. (2001). Os micronutrientes foram determinados pelo método do DTPA.

Figura 1. Área de estudo no CAPTA – Frutas em Jundiá, SP com a localização dos pontos amostrais de solos e os usos e cobertura das terras.



Índice de qualidade de rotina (IQrot)

Para a obtenção do IQrot foram selecionados os seguintes atributos: matéria orgânica (MO), pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺ + Al³⁺, CTC e V%. Os valores de cada atributo foram padronizados em uma escala de 0 (zero) a 100 (cem), em que os valores mais próximos de zero indicam baixa qualidade do solo e valores próximos de 100 indicam alta qualidade do solo. Os parâmetros utilizados na padronização dos dados são apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Atributos de rotina indicadores de qualidade do solo utilizados na elaboração do IQrot, seus respectivos pesos, faixa de valores e valores padronizados.

Atributo	Unidade	Peso	Faixa de valor	Pad.								
pH	-	14	<4,0	0	4,0-4,4	30	4,5-5,4	70	5,5-6,5	100	>7,3	75
MO	g kg ⁻¹	14	<15	20	16-30	90	>30	100	-	-	-	-
P	mg dm ⁻³	14	<5	20	6-12	40	13-30	60	31-60	80	>60	100
K ⁺	mmol _c dm ⁻³	10	<0,7	20	0,7-1,5	40	1,6-3,0	60	3,1-6,0	80	6	100
Ca ²⁺	mmol _c dm ⁻³	10	<3,0	20	3,0-7,0	50	7,1-15	90	>15,0	100	-	-
Mg ²⁺	mmol _c dm ⁻³	10	<3,0	20	3,0-7,0	50	7,1-15	90	>15,0	100	-	-
CTC	mmol _c dm ⁻³	6	<50	20	50-100	40	101-150	70	>150	100	-	-
H ⁺ +Al ³⁺	mmol _c dm ⁻³	10	>75	20	>50	40	>25	80	>100	0	-	-
V	%	12	< 25	15	< 50	40	< 70	70	< 90	100	-	-

Pad. = Valor padronizado

Índice de qualidade dos micronutrientes (IQmicr)

Para o desenvolvimento do índice de qualidade dos micronutrientes foram utilizados os seguintes atributos: B, Fe, Cu, Mn, Zn e Ni. Os valores de cada nutriente foi padronizado em uma escala de 0 (zero) a 100 (cem) e sua interpretação é semelhante a do IQrot (Quadro 2).

Quadro 02. Micronutrientes indicadores de qualidade do solo utilizados na elaboração do IQ micr e respectivos pesos, faixa de valores e valores padronizados.

Atributo	Unidade	Peso	Faixa de valor	Pad.								
B	mg dm ⁻³	18	< 0,20	20	0,21-0,6	40	0,61-1,10	80	1,11-3,0	100	> 3,0	0
Cu	mg dm ⁻³	18	<0,2	20	0,3-0,8	40	0,9-1,5	80	>1,5	100		
Zn	mg dm ⁻³	18	<0,5	20	0,6-1,2	40	1,3-2,3	80	2,4-15	100	>130	0
Fe	mg dm ⁻³	18	<4	20	5 – 12	40	13-24	80	>24	100		
Mn	mg dm ⁻³	18	<1,2	20	1,3-5,0	40	5,1-9,0	80	>9,0	100		
Ni	mg dm ⁻³	10	<0,05	20	0,06-0,1	40	0,11-0,19	80	>0,19	100		

Pad. = valor padronizado

Índice de Qualidade dos Solos

O Índice foi gerado por meio de média ponderada entre o IQrot e IQmicr com os pesos de cada índice iguais a 70% e a 30%, respectivamente, conforme equação 1. Foram calculadas as razões para os índices IQrot, IQmicr e IQS nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm.

$$A_i = \sum_{k=1}^n (P_k \cdot N_k) / 100$$

Eq. 1.

A_i = Amostra de um determinado solo

n = numero de atributos indicadores da qualidade do solo envolvido

P = peso atribuído do solo na escala de 0 a 100

N = valor padronizado de 0 a 100, atribuído aos solos.

Os dados foram analisados, para exploração inicial, por meio da estatística descritiva pelo programa STAT segundo Vieira et al. (2002) e para a verificação da normalidade da distribuição de frequência dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, cujos valores de assimetria e curtose devem ser, respectivamente, próximos de zero e três para distribuições normais.

Para verificar a dependência espacial das variáveis, interpolar dado e elaborar os mapas, foi empregada a análise geoestatística, segundo Vieira (2000). Foram construídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância (ROBERTSON, 1998).

Os semivariogramas com dependência espacial foram ajustados com o modelo matemático de melhor correspondência. Onde o efeito pepita é um parâmetro importante do semivariograma e indica variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada (MCBRATNEY e WEBSTER, 1986). Os programas computacionais e procedimentos para construção e ajuste do modelo do semivariograma foram desenvolvidos por Vieira et al. (2002). Calculou-se o grau de dependência espacial (GD), que é a proporção em porcentagem do “partial sill” (C1) em relação ao patamar (C0+C1) (equação 2), sendo, segundo Zimback (2001) e Trangmar et al. (1985), dependência fraca < 25%, dependência moderada de 26% a 75% e dependência forte > 75%.

$$GD = \left(\left(\frac{C_1}{C_0 + C_1} \right) \cdot 100 \right) \quad \text{Eq. 2}$$

Para a melhor visualização da distribuição e arranjo espacial dos atributos químicos estudados, utilizou-se o SIG Arc GIS 10 para a confecção dos mapas. Uma imagem mosaico do satélite IKONOS II ponto órbita 159/539, datas 07/04/2001 – 13:19 e 11/08/2001 – 13:24 e mapas topográficos na escala 1:10.000 com curvas de nível equidistantes de 5m (MELO & LOMBARDI NETO, 1999), foram utilizados na confecção do mapa de uso e cobertura das terras apresentado na figura 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo apresenta grande variabilidade de usos agrícolas e coberturas das terras, o que reflete em um manejo diferenciado dos solos e conseqüentemente na sua qualidade. No quadro 3 são apresentadas medidas de posição e dispersão dos atributos estudados, e pode-se perceber que todos têm grande variabilidade, esta característica indica que a área de estudo foi adequadamente selecionada para a presente pesquisa, pois dessa forma os índices podem ser testados de forma mais eficiente. Percebe-se que a qualidade dos solos varia de baixa a alta, havendo solos com baixa e com alta fertilidade química.

Quadro 3. Valores mínimos, máximos, média e desvio-padrão dos indicadores de qualidade dos solos estudados.

Atributo	Mínimo		Máximo		Média		Desvio-padrão	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Prof (cm)	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
pH	3,6	3,7	6,5	6,4	4,8	4,7	0,6	0,6
MO (g kg⁻¹)	13	7	105	80	34	22	14	11
S (cmol_c dm⁻³)	6	5	298	334	49	33	49	37
P (mg dm⁻³)	2	3	982	725	118	94	165	129
K⁺ (mmol_c dm⁻³)	1	0	8	9	3	3	2	2
Ca²⁺ (mmol_c dm⁻³)	3	2	211	229	35	23	35	25
Mg²⁺ (mmol_c dm⁻³)	1	1	95	97	11	7	14	12
CTC (mmol_c dm⁻³)	41	33	313	347	91	75	44	37
H⁺+Al³⁺ (mmol_c dm⁻³)	11	11	121	121	42	42	44	44
V (%)	6	5	95	96	50	42	23	22
B (mg dm⁻³)	0,1	0,1	0,6	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1
Cu (mg dm⁻³)	0,6	0,4	18,5	15,5	3,9	3,2	3,5	3,2
Zn (mg dm⁻³)	0,6	0,3	41,6	261,7	7,6	7,4	6,4	26,2
Fe (mg dm⁻³)	19	10	481	438	110	87	88	81
Mn (mg dm⁻³)	2,7	0,7	66,1	70,3	17,5	12,7	12,1	11,6
Ni (mg dm⁻³)	0,1	0,0	3,2	4,7	0,6	0,5	0,4	0,5

Os dados foram submetidos à análise geoestatística para investigar a dependência espacial dos atributos do solo, por meio da análise dos semivariogramas e definir o modelo de variabilidade espacial que melhor se ajusta, e em etapa posterior mapeamento dos atributos químicos estudados e dos índices de qualidade obtidos. Os resultados da análise geoestatística evidenciaram que os atributos químicos avaliados apresentaram dependência espacial moderada ou forte (Zimback, 2001). Os modelos que se ajustaram aos atributos foram esférico, exponencial e gaussiano (Quadro 4 e Figura 2).

Quadro 4. Parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas dos atributos analisados, estatística (assimetria e curtose) e grau de dependência.

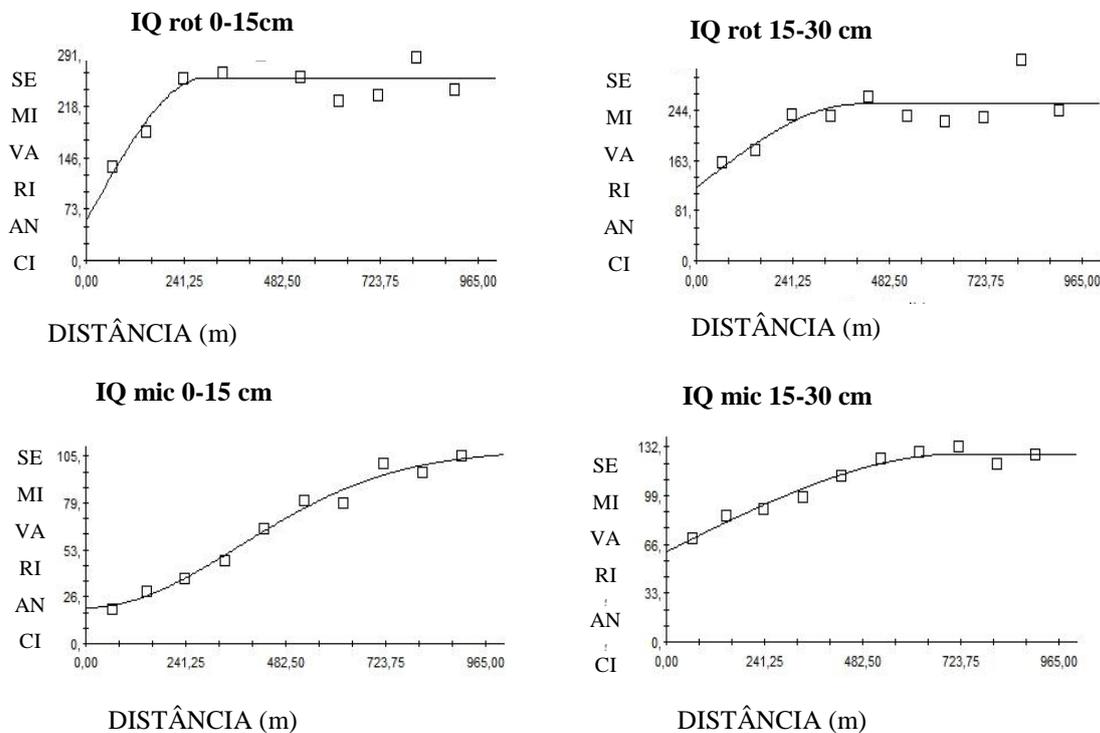
Atributo	Prof. (cm)	Modelo	C ₀	C ₁	Alcance	R ²	Assimetria	Curtose	GD (%)
M.O	0-15	Esférico	0,0194	0,1408	100	0,250	0,40	0,46	87,89
	15-30	Exponencial	0,0678	0,2776	401	0,943	0,41	0,17	80,37
pH	0-15	Exponencial	0,0981	0,4032	60	0,387	0,53	0,13	80,43
	15-30	Exponencial	0,0854	0,3678	38	0,128	0,69	0,06	81,16
Sb	0-15	Esférico	0,101	0,564	102	0,206	0,39	0,50	86,79
	15-30	Exponencial	0,095	0,555	68	0,382	0,21	0,89	85,38
V%	0-15	Exponencial	0,181	0,867	687	0,714	-1,06	0,95	95,27
	15-30	Esférico	0,047	0,485	328	0,804	-0,97	0,61	91,16

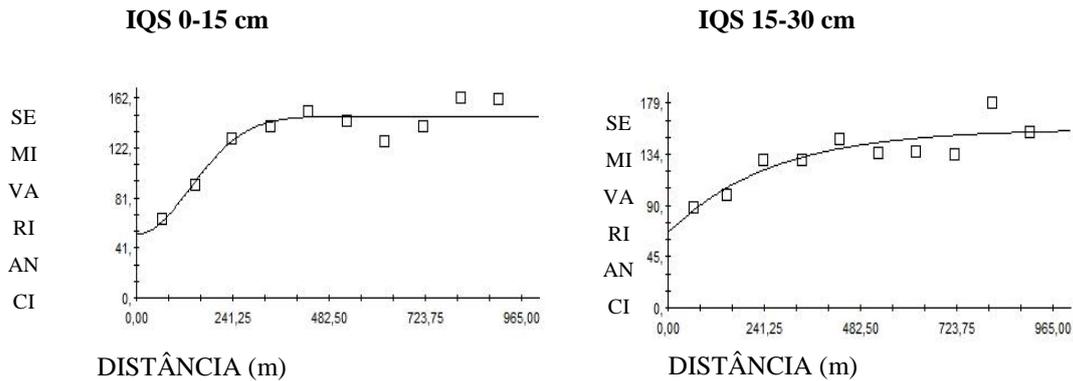
IQ rot	0-15	Esférico	56,2	258,7000	292	0,800	-0,34	-0,37	78,28
	15-30	Esférico	119	254,5000	406,00	0,592	0,02	-0,65	53,24
IQ mic	0-15	Gaussiano	20,2	108,4000	912	0,982	-1,60	2,75	81,36
	15-30	Esférico	60,9	127,2000	724,00	0,962	-1,17	0,90	52,12
IQS	0-15	Gaussiano	51,6	147,2000	333,00	0,892	-0,44	0,06	64,95
	15-30	Exponencial	65,3	156,7000	259,00	0,767	-0,14	-0,59	58,33

Prof. = Profundidade ; GD = Grau de dependência espacial

O efeito pepita foi menor para a saturação por bases de 15 - 30cm e maior para IQrot 15 - 30 cm. O alcance variou de 38m para o pH (15 - 30cm) a 912m com IQ rot de (0 - 15cm). A figura 2 apresenta os semivariogramas ajustados dos índices de qualidade dos solos, nos quais é possível perceber os bons ajustes aos modelos. O IQrot ajustou-se ao modelo esférico nas duas profundidades estudadas, o IQmicr e o IQS ajustaram-se na camada superficial ao modelo gaussiano e na subsuperficial ao esférico e exponencial, respectivamente (Quadro 4 e Figura 2). Com base nos resultados apresentados pode-se inferir a dependência espacial dos dados e devido ao bom ajuste ao modelo geoestatístico, utilizar esta técnica para espacializar os atributos dos solos estudados.

Figura 2. Semivariogramas ajustados dos índices de qualidade do solo gerados.





Os teores de matéria orgânica variaram de 7 a 105 g kg⁻¹, ocorrendo teores mais elevados na camada superficial. O teor de matéria orgânica do solo está intimamente relacionado ao manejo adotado, e por esta razão, utilizado amplamente como indicador da qualidade (SPOSITO; ZABEL, 2003). A predominância de maior teor na camada superficial (Figura 3) deve-se à presença do sistema radicular e da adição superficial de restos vegetais e adubos orgânicos, nas áreas com exploração agrícola com fruteiras.

Os valores de soma de bases variaram de 5 a 334 mmol_c dm⁻³ com média maior na profundidade de 0 - 15cm, em que valores maiores que 50 indicam uma alta fertilidade dos solos. Para os valores de pH, os valores variaram de inferiores a 4 a superiores a 6, com média abaixo de 5. Segundo COSTA e OLIVEIRA (2001) a faixa de pH ideal dos solos para a agricultura está entre 5,5 e 6,5, indicando que a maioria dos solos estudados são ácidos.

Os valores de saturação por bases variaram de 5 a 96%, com média mais alta para as amostras superficiais, o que reflete a adição de bases ao solo pelo manejo da adubação e calagem. Segundo Alves et al. (1999) pode-se considerar que a saturação por bases seja alta quando maior ou igual a 50% e conseqüentemente o solo é mais rico em nutrientes como Ca, Mg e K (REICHERT et al., 2009).

Ao analisar os valores de metais pesados somente uma amostra indica contaminação por zinco, segundo Abreu et al. (2005), com teor de 261,7 mg dm⁻³ na camada 15 - 30cm. Esta contaminação provavelmente deve-se ao cultivo com vinhedo por algumas décadas, em que o solo sofreu muitas aplicações de agroquímicos que contém o elemento Zn (VALLADARES et al., 2009a; VALLADARES et al., 2009b; SANTOS et al., 2013).

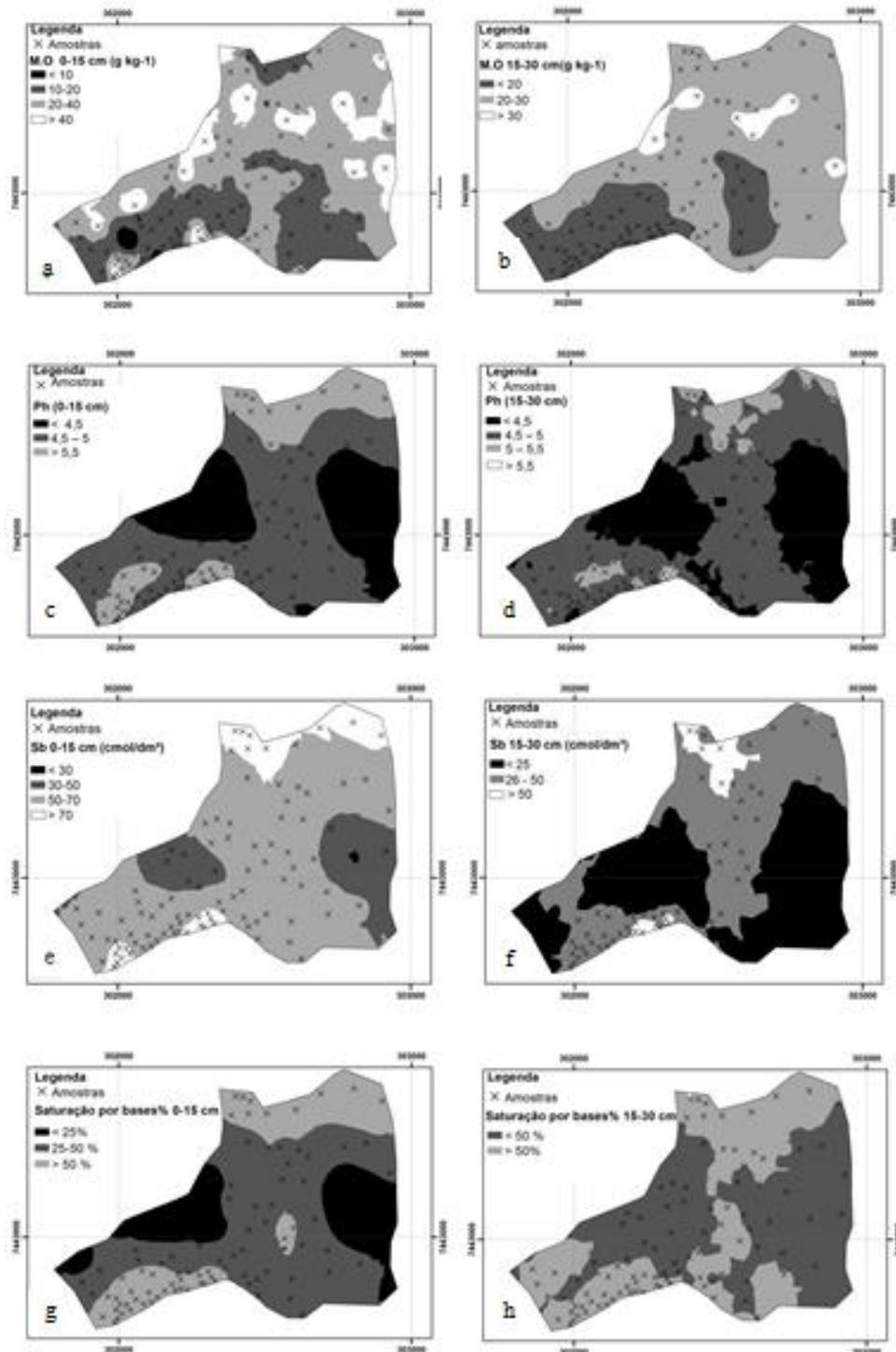
A distribuição espacial dos valores de IQrot indicam valores mais elevados nas áreas de vinhedos ou nas proximidades (Figuras 1, 3i e 3j), sendo superiores a 75 para a camada superficial e entre 50 e 75 nas camadas subsuperficiais dos solos. Estes valores refletem os altos valores de MO, pH, valor S e V%, sendo maiores nas áreas de vinhedos, principalmente

nas camadas superficiais (Figura 3a, 3c, 3e e 3g). Este resultado deve-se às altas quantidades de aplicação de fertilizantes nos solos sob vinhedos.

Os valores IQmic foram sempre elevados, normalmente superiores a 50, indicando que o material de origem, um xisto (VALLADARES et al., 1971), forneceu aos solos os elementos no processo de formação. Quanto aos teores de cobre e zinco, a aplicação de fungicidas pode ter contribuído com os altos teores desses elementos nas áreas com vinhedos (VALLADARES et al., 2009a; VALLADARES et al., 2009b), porém segundo Abreu et al. (2005), os teores nos solos embora encontrem-se altos, estão abaixo dos níveis de risco, o que é interessante, pois desta forma sugere boa disponibilidade dos nutrientes às plantas cultivadas. Nas duas profundidades observa-se tendência de aumento do IQmicr de leste para oeste, o que provavelmente deve estar relacionado aos teores naturais dos micronutrientes estudados (Figura 3l e 3m). Os micronutrientes cobre, ferro, manganês, zinco e níquel, tem sua biodisponibilidade aumentada com a redução dos valores de pH, como na maior parte da área de estudo os valores de pH são inferiores a 5,5, este atributo pode estar favorecendo a maior disponibilidade dos micronutrientes.

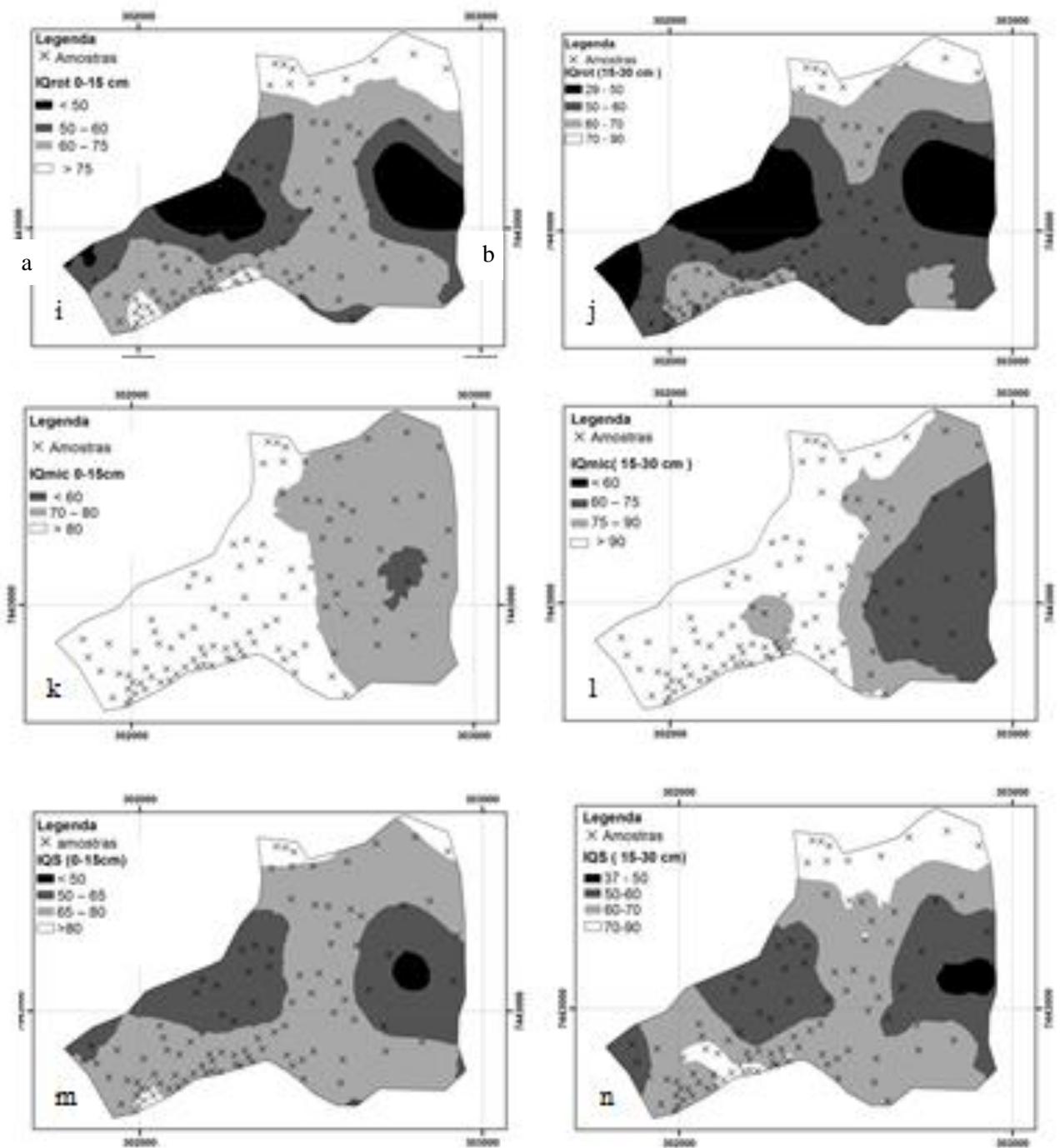
O índice de qualidade do solo (IQS) foi superior a 50 em quase toda a área de estudo (Figura 3n e 3o), indicando que o manejo da adubação e os teores naturais dos atributos indicadores de qualidade dos solos estudados, podem ser considerados em sua maioria de moderados a altos. Todavia, como já discutido anteriormente, a variabilidade dos atributos é alta, e existem solos que para serem cultivados necessitam de correções e adubações. Destaca-se a maior fertilidade química nas áreas com vinhedos, seguida das demais fruteiras e por último sob vegetação nativa, ao se comparar visualmente as figuras 2 com 3n e 3o.

Figura 2. Distribuição espacial dos atributos químicos nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm na área da Capta frutas em Jundiá, SP.



(a – Matéria Orgânica 0-15 cm; b – Matéria Orgânica 15-30 cm; c – pH 0-15cm; d – pH 15-30 cm; e – Soma de bases 0-15cm; f – Soma de bases 15-30 cm; g – Saturação por bases 0-15cm; h – Saturação por bases 15-30 cm; i – Índice de qualidade de rotina 0-15cm; j – Índice de qualidade de rotina 15-30cm; k – Índice de qualidade de micronutriente 0-15cm; l – Índice de qualidade de micronutriente 15-30cm; m – Índice de qualidade do solo 0-15cm; n – Índice de qualidade do solo 15-30 cm.

Continuação da Figura 2. Distribuição espacial dos atributos químicos nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm na área da Capta frutas em Jundiá, SP.



(a – Matéria Orgânica 0-15 cm; b – Matéria Orgânica 15-30 cm; c – pH 0-15cm; d – pH 15-30 cm; e – Soma de bases 0-15cm; f – Soma de bases 15-30 cm; g – Saturação por bases 0-15cm; h – Saturação por bases 15-30 cm; i – Índice de qualidade de rotina 0-15cm; j – Índice de qualidade de rotina 15-30cm; k – Índice de qualidade de micronutriente 0-15cm; l – Índice de qualidade de micronutriente 15-30cm; m – Índice de qualidade do solo 0-15cm; n – Índice de qualidade do solo 15-30 cm.

CONCLUSÃO

Os índices de qualidade propostos foram adequados para se avaliar a fertilidade química dos solos estudados. O manejo agrícola dos solos, com aplicação de fertilizantes e corretivos melhorou sua qualidade química, principalmente na camada superficial.

Trabalho enviado em Novembro de 2018
Trabalho aceito em Dezembro de 2018

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; RAIJ, B. Van.; ABREU, M. F.; GONZÁLEZ, A. P. Routine soil testing to monitor heavy metals and boron. **Scientia Agrícola** (USP. Impresso), Piracicaba, v. 62, n.6, p. 564-571, 2005.

BREDJA, J.J., MOORMAN, T.B., KARLEN, D.L., DAO, T.H., 2000. Identification of regional soil quality factors and indicators, I Central and Southern High Plains. **Soil Science Society of America Journal** 64, 2115–2124

CARAVACA F, MASCIANDARO G, CECCANTI B (2002) Land use in relation to soil chemical and biochemical properties in a semiarid Mediterranean environment. **Soil e Tillage Research** 68:23–30

CHAER, G.M. Modelo para determinação de índices de qualidade dos solos baseado em indicadores físicos; químicos microbiológicos. Viçosa. UFV. 89 p **Tese** (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa (2001)

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. Campo Mourão: **COAMO/CODETEC**, 89 p. 1998.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B., “Defining and assessing soil quality,” in *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, J.W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart, Eds., pp. 3–21, **Soil Science Society of America**, Madison, Wis, USA, 1994.

DORAN, J.W., ZEISS, M.R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology** 15, 3–11

EPSTEIN, E. BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. 3 ed. Londrina, Planta, 2006 .403p.

GOVAERTS, B., SAYRE, K.D., DECKERS, J., 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. **Soil & Tillage Research** 87, 163–174.

HALVORSON, J.J., SMITH, J.L., PAPENDICK, R.I., 1996. Integration of multiple soil parameters to evaluate soil quality: a field experiment example. **Biology and Fertility of Soils** 21, 207–214

HUSSAIN, I., ;OLSON, K. R.;WANDER,M.M;KARLEN D.L. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois . **Soil e Tillage Research** v.50 , pag 237-249,1999

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for valuation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 1, p. 4-10, Jan./Feb. 1997.

KARLEN, D.L., ANDREWS, S.S., WIENHOLD, B.J., ZOBECK, T.M. (2008) Soil quality assessment: past, present and future. **Journal Integrative Bioscience** 6(1):3–14

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: Doran, J.W. at al. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **Soil Science Society of America Spec. Pub.**, 35:37-52, 1994.

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.

MELO, A.R.; LOMBARDI NETO, F.; Planejamento Agroambiental do Centro Avançado de Pesquisa do Agronegócio de Frutas. **IAC/APTA**. 1999. (CD-ROM)

NORTCLIFF, S., 2002.Standardisati on of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 88, 161–168.

NRCS, 2012. **Soil quality concept**, Natural Resources Conservation Service (NRCS).

PAPENDICK, R.I., PARR, J.F., 1992. Soil quality the key to a sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture** 7, 2–3

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. v. 1. 285 p

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente** p.26-48, Jul/Dez. 2003.

REICHERT, J. M. **Solos Florestais**. Universidade Federal de Santa Maria. 2009.

ROBERTSON, G.P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences (version 5.1 for windows). Plainwell: **Gamma Design Software**, 1998. 152p.

SANTOS, G. C. G.; VALLADARES, G. S.; ABREU, C. A.; CAMARGO, O. A.; GREGO, C. R. Assessment of Copper and Zinc in Soils of a Vineyard Region in the State of São Paulo, Brazil. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2013, p. 1-10, 2013.

SMITH, J. L.; DORAN, J.W. (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: Doran JW, Jones AJ (eds) **Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Inc.**, Madison, pp 169–185.

SOUZA, R. T. Tecnologia para aplicação de produtos fitossanitários em videira. **Circular Técnica**. Embrapa, 2007.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. 2003. The assessment of soil quality. **Geoderma**, 114(3/4): 143-144.

STOTT, D.E.; ANDREWS, S.S.; LIEBIG, M.A.; WIENHOLD, B.J.; KARLEN, D.L. (2010) Evaluation of b-glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Science Society of America Journal** 74:107–119

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

VALADARES, J.; LEPSCH, I.F.; KUPPER, A. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Jundiaí, SP. **Bragantia**, v.30, p.337–386, 1971.

VALLADARES, G. S.; CAMARGO, O. A.; CARVALHO, J. R. P.; SILVA, A. M. Assessment of heavy metals in soils of a vineyard region with the use of principal component analysis. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 361/367, 2009.

VALLADARES, G. S.; AZEVEDO, E. C.; CAMARGO, O. A.; GREGO, C. R.; RASTOLDO, A. M. C. S. Variabilidade espacial e disponibilidade de cobre e zinco em solos de vinhedos e adjacências. **Bragantia** (São Paulo, SP. Impresso), v. 68, p. 733-742, 2009.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK.J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 743-755, 2009.

VIEIRA, S. R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R. F. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo 1**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. p. 3-87.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J. A.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters. In: ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo 2**. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2002. p 1-45.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise especial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo**. 2001, 114 p. Tese de livre docência - Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Botucatu.