



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

EVOLUÇÃO TEMPORAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NOS MUNICÍPIOS DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA – PARANÁ

Kharyn de Freitas Fezer⁽¹⁾; Diana Signor^(2,3); Jorge Luiz Moretti de Souza⁽⁴⁾; Volnei Pauletti⁽⁴⁾; Antonio Carlos Vargas Motta⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo; Departamento de Solos e Engenharia Agrícola; Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, Cep 80035-050. Curitiba - PR, khafezer@gmail.com; ⁽²⁾ Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo; ⁽³⁾ Pesquisadora; Embrapa Cocais, Rua Santos Dumont, 18, São Luís – MA, CEP 65046-660, diana.signor@embrapa.br; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540. Cep 80035-050, Curitiba - PR, Brasil.

Resumo – A análise química do solo é a técnica mais utilizada para a avaliação da fertilidade e quantificação da necessidade de adubos e corretivos. Os atributos químicos do solo podem apresentar variabilidade ao longo do tempo, por isso é importante o monitoramento. Este trabalho avalia a evolução temporal de atributos químicos de fertilidade presentes em análises de solo feitas para Curitiba e Região Metropolitana (RMC), com base no banco de dados das análises de solo realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS), do DSEA/SCA/UFPR, entre os anos de 1999 e 2007. Nas análises realizadas verificou-se que: os valores de Ca, Mg e P são elevados na região, dado ao uso intensivo de corretivos da acidez e adubação orgânica, uma vez que a região destaca-se na produção de horticultura. Valores elevados de carbono orgânico vêm sendo mantidos pelo uso intensivo de adubos orgânicos em dose elevada. Aumento no pH durante o período estudado indica intensificação do uso de corretivos, mas não se refletiu nos níveis de Ca e Mg disponível. O calcário mais utilizado na região é o dolomítico, visto que a relação Ca/Mg, na maioria das análises, ficou abaixo de 2. A avaliação de bancos de dados de análises de solo permite identificar mudanças no manejo da fertilidade, sendo uma ferramenta importante para o planejamento de políticas públicas, visando o uso racional da terra.

Palavras-Chave: análise do solo, nutrientes, fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

Informações acerca da fertilidade do solo, incluindo conhecimentos de níveis de nutrientes e acidez, são fundamentais para o uso sustentável e racional da terra e o planejamento de atividades agrícolas (Grego et al., 2007; Lopes, 1984; Silva et al., 2006). Entretanto, as propriedades químicas e físicas do solo possuem grande variabilidade, tanto no tempo quanto no espaço, as quais podem ser explicadas pelas complexas interações entre fatores e processos de formação do solo, tais como: material de origem, clima, relevo,

microbiota do solo, tempo, práticas de manejo e espécies cultivadas (Silva et al., 2006; Zanão Junior et al., 2007).

A análise química do solo é a técnica mais utilizada para a avaliação de sua fertilidade e para a quantificação da necessidade de adubos e de calagem para as áreas analisadas. Conhecendo-se a procedência das amostras e tendo em mãos os resultados das análises é possível ter uma visão geral dos níveis de fertilidade dos solos de uma determinada região ao longo do tempo (Araújo e Oliveira, 2003). Sendo assim, a análise de solo tem a função de: indicar os níveis de nutrientes e outras propriedades químicas dos solos, fornecendo informações para o programa de adubação e calagem da área, assim como permite o monitoramento do desempenho da produção e dos teores de nutrientes no solo, racionalizando o uso de insumos (Lima, 2003).

Os atributos químicos do solo, embora possuam certa dependência espacial (Angelico, 2006), apresentam variabilidade maior do que os atributos físicos, uma vez que podem sofrer constantes reações químicas na solução do solo. Além disso, o efeito do manejo agrícola realizado pelo homem contribui ainda mais para o aumento dessa variabilidade (Cavalcante et al., 2007).

A análise da variabilidade das propriedades químicas do solo, feita por meio da estatística descritiva, é necessária para a definição de um manejo adequado da área, embora essas técnicas não considerem a estrutura espacial existente entre os solos amostrados (Chaves et al., 2006). A amplitude dos dados e o coeficiente de variação dos mesmos são grandezas diretamente proporcionais e a variabilidade espacial de determinado atributo é maior quando este tem origem nos fatores intrínsecos de formação do solo (Carvalho et al., 2003).

A variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos dos solos não tem sido alvo de muita atenção nos processos produtivos. Conhecê-la e disponibilizar esta informação aos agricultores pode viabilizar uma agricultura moderna, economicamente competitiva e ecologicamente correta (Mercante et al., 2003).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a evolução temporal de atributos químicos de fertilidade em análises de solo feitas para Curitiba e Região Metropolitana, Paraná, entre os anos de 1999 e 2007.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações utilizadas neste estudo fazem parte do banco de dados de análises de solo feitas pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS), do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). As análises de solo utilizadas foram realizadas em amostras coletadas entre os anos de 1999 e 2007, provenientes de Curitiba e dos 25 municípios que formam a Região Metropolitana de Curitiba (RMC - Adrianópolis, Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva Sul, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Cerro Azul, Colombo, Contenda, Dr. Ulysses, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Lapa, Mandirituba, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Quitandinha, Rio Branco Sul, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul e Tunas do Paraná).

Curitiba e RMC ocupam uma área de 15.519,4 km², estando geograficamente localizadas quase totalmente no Primeiro Planalto Paranaense. De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região é Cfb, com temperaturas médias anuais entre 15°C e 20°C.

Para cada localidade, foram considerados os dados relativos a pH CaCl₂, pH SMP, cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono (C) e fósforo (P). A acidez ativa (H⁺) foi determinada com solução de CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) com solução tamponada SMP; os cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺) com solução de KCl 1 mol.L⁻¹, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis através de EDTA, P e potássio (K) disponível com extrator ácido (Mehlich-1) e o carbono pelo método colorimétrico (Pavan et al., 1992).

Para cada atributo químico do solo, foram montadas planilhas anuais com informações sobre cada município e sobre Curitiba, bem como uma planilha com todos os dados, fornecendo um resumo geral dos dados de todas as análises. Com essas planilhas, para cada ano e para todos os anos (planilha com todos os dados), obteve-se: número de amostras, maior valor, menor valor, média, desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude. A variabilidade do coeficiente de variação (CV) foi analisada de acordo com a metodologia empregada por Chaves et al. (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de parâmetros estatísticos para cada atributo químico analisado estão apresentados na Tabela 1. O histórico de cada atributo ao longo do período considerado, bem como sua média, pode ser visualizado na Figura 1.

Os valores de pH SMP e pH em CaCl₂ apresentaram tendência de aumento ao longo dos anos. Observou-se valores máximos atingidos nos anos de 2003 e 2006, para as medições feitas em CaCl₂, e 2004 e 2005 para as medições em solução SMP, sugerindo ampliação do uso de corretivos da acidez. As médias obtidas foram 4,87 e 5,65 para pH CaCl₂ e SMP, respectivamente. A avaliação da acidez do solo é extremamente relevante no planejamento das atividades agrícolas, pois como foi observado, a média

obtida em pH CaCl₂ foi inferior a 5,0, podendo gerar toxidez nas plantas por alumínio e manganês (Zhang, 2001), afetar a atividade e a diversidade dos microrganismos edáficos, além de alterar a disponibilidade de macro e micro nutrientes para as plantas (Chaves, 2006; Silva et al., 2006).

Já os valores máximos de pH em torno de 9,0 indicam que a aplicação excessiva de corretivos de acidez pode estar ocorrendo em algumas áreas, podendo levar à deficiência dos micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn) e Boro (B). Lima (1974) encontrou valores de pH para os solos da RMC na faixa de 3,5 a 3,9, indicado que os solos da região têm sofrido calagem ao longo dos anos. A região metropolitana de Curitiba detém mais de 90% das reservas de corretivo de acidez do solo do Estado, possuindo inúmeras indústrias de calcário, o que reduz o custo deste insumo. Os valores do coeficiente de variação para as medições de pH foram os menores dentre todos os parâmetros analisados, embora a variação tenha sido classificada como média de acordo com Chaves et al. (2006). Machado et al. (2007) e Souza et al. (2004), analisando a variabilidade espacial dos atributos de solos, também encontraram baixo coeficiente de variação para o pH.

Lima (1974) encontrou valores máximos de 1,76 cmol_c dm⁻³ de magnésio para solos de horizontes A e B da RMC, na condição natural, ou seja, abaixo dos valores médios observados para os solos avaliados no período de 1999 e 2007. Assim como o observado pelo pH, maiores valores de magnésio (Mg) em comparação com a condição natural indicam o uso de calcário dolomítico na correção da acidez. Os elevados valores médios confirmam ainda a elevada CTC dos solos da região. O coeficiente de variação obtido foi considerado alto, discordando do obtido por Montezano et al. (2006), embora, neste caso, os estudos tenham sido feitos no cerrado brasileiro.

Os valores de fósforo (P) encontrados nas amostras analisadas são considerados altos, em média 22,5 mg dm⁻³, visto que valores comuns para a região ficam em torno de 3 mg dm⁻³ (Pauletti 2004). Com relação a esta evidente discrepância, vale ressaltar que a maioria das amostras analisadas no LQFS é oriunda de áreas de horticultura, que recebem grandes quantidades de adubação mineral e orgânica, contribuindo de maneira significativa para o aumento no teor do nutriente no solo. Além disso, durante muitos anos, grandes áreas da RMC foram cultivadas com batata, cultura que também recebe grande aporte de fósforo (P). Devido à sua alta capacidade de adsorção e baixa mobilidade, o fósforo (P) aplicado possui efeito acumulativo (Raj, 1991) e, desta maneira, mesmo após muitos anos, os resquícios da adubação ainda podem ser observados. A Figura 1 evidencia uma tendência de concentração dos dados em torno da média, embora no ano de 2002 as amostras tenham apresentado valor superior à média. Altos valores devem ser compreendidos como um alerta para prováveis problemas ambientais, visto que o fósforo (P) é o principal elemento no processo de eutrofização de rios e lagos.

A variabilidade do coeficiente de variação (CV) para as análises de fósforo (P) foi alta, o que também foi encontrado por Montezano et al. (2006) e Machado et al. (2007). Dados de Zhang (2001) revelam que 57% dos solos

de Oklahoma apresentam níveis insuficientes de fósforo (P) para o desenvolvimento das culturas, enquanto que um quarto das amostras analisadas apresentou níveis de fósforo (P) nos quais os ganhos advindos da adubação não justificariam tal investimento. Níveis elevados de fósforo (P) foram encontrados em 18% das amostras e o autor associa esse fato ao uso de esterco animal na adubação, o que possivelmente pode estar ocorrendo na RMC, já que na região há grandes áreas de cultivo de hortaliças que usam esse tipo de adubação.

O teor de cálcio (Ca) nas amostras apresentou valores máximos de $48,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, superiores aos encontrados por Lima (1974), que obteve dados entre 0,13 e $8,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Valores muito elevados de cálcio (Ca) indicam pH muito alto e presença de argila do tipo 2:1 e podem também estar relacionados a áreas de horticultura, onde há elevada presença de matéria orgânica. O menor valor encontrado nas amostras analisadas foi de $0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que pode ser limitante para a produção agrícola e, possivelmente, está associado a solos de horizonte B, nos quais a calagem superficial geralmente exerce pouca ou nenhuma influência. Em função dos valores máximos e mínimos encontrados, o valor médio de $4,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ também é considerado alto, devido à calagem. A variabilidade do coeficiente de variação (CV) foi alta, diferente do observado por Montezano et al. (2006), que encontrou variabilidade média para este parâmetro.

Era esperado aumento do cálcio (Ca) e magnésio (Mg) disponível na análise em função do aumento do pH do solo no período de 1999 a 2007. A relação Ca/Mg calculada a partir dos valores médios, indicam valores menores que 2, sugerindo o uso de calcário dolomítico. Os valores da relação Ca/Mg são baixos e merecem estudo para verificar seu efeito para culturas mais sensíveis ao balanço entre os mesmos.

O carbono (C), ao longo dos anos, indicou relativa estabilidade, apresentando valor médio de $31,19 \text{ g dm}^{-3}$ nas 15.483 amostras. Esse valor corresponde, a um teor aproximado de 5,4% de matéria orgânica, sendo considerado elevado. Todavia, é considerado normal para a região, visto que o clima é ameno (temperatura média anual entre 16°C e 18°C) e a textura do solo geralmente é argilosa. A elevada quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos da RMC pode ser responsável pela redução na disponibilidade de elementos tóxicos, como alumínio (Al). Lima (1974) obteve valores de carbono orgânico para solos da RMC entre 5,24% e 6,36%; 0,11% e 2,01%; 0,10% e 0,49% para horizontes A, B e C, respectivamente. Portanto, os menores valores observados possivelmente são provenientes de amostras coletadas em horizontes subsuperficiais, enquanto os maiores valores podem ser associados aos solos turfosos da região, justificando a grande amplitude observada.

CONCLUSÕES

1) Os valores de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e principalmente fósforo (P) são elevados na região, indicando o uso intensivo de corretivos e adubos;

2) Valores elevados de carbono orgânico vêm sendo mantidos pelo uso intensivo de adubos orgânicos em dose elevada;

3) Aumento no pH durante o período estudado indica intensificação do uso de corretivos, mas não se refletiu nos níveis de Ca e Mg disponível;

4) O calcário mais utilizado na região é o dolomítico, visto que a relação Ca/Mg, na maioria das análises, ficou abaixo de 2.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS) do DSEA/SCA/UFPR, pela concessão dos dados.

REFERÊNCIAS

- ANGELICO, J. C. Co-kriging performance in the determination of variability of soil attributes. R. Bras. Ci. Solo, 30: 931-936, 2006.
- ARAÚJO, P. M. D. B. de e OLIVEIRA, M. de. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo e potássio em solos das regiões Oeste e do Baixo Açu, estado do Rio Grande do Norte. Caatinga, Mossoró-RN, 16(1/2): 69-78, dez. 2003.
- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). R. Bras. Ci. Solo, 27: 695-703, 2003.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. R. Bras. Ci. Solo, 31:1329-1339, 2007.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. de B.; SILVA, P. C. M.; VASCONCELOS, A. C. F. de. Variabilidade de propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Picos, Pernambuco. R. de Biologia e Ci. da Terra, 6:13-19, 2006.
- GREGO, C. R.; VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M.; MIRANDA, E.E. de. Espacialização e correlação entre os nutrientes do solo de Machadinho d' Oeste, RO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 31., Gramado, 2007. Anais. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. CD-ROM.
- LIMA, M. R. Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas. 2.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, v.1. 2003. 106p.
- LIMA, V. C. Estudo pedológico de perfis de solos do grande grupo Rubrozem da bacia de Curitiba, PR. 1974. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo.
- LOPES, A. S. Solos sob "cerrado": Características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.
- MACHADO, L. de O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. R. Bras. Ci. Solo, 31:591-599, 2007.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. R. Bras. Ci. Solo, 27:1149-1153, 2003.
- MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. R. Bras. Ci. Solo, 30: 839-847, 2006.
- PAULETTI, V. Nutrientes: Teores e Interpretações. 2. ed. Castro, Fundação ABC, 2004.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. de; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. IN: Circular 76, Londrina: IAPAR, 1992. 40 p.

RAIJ, B. V.. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo; Ceres, 1991. 343p.

SILVA, P. C. M. da; CHAVES, L. H. G. Avaliação da variabilidade espacial de atributos químicos de um solo do perímetro irrigado de Petrolina, PE. Agropecuária Técnica, 27:5-12, 2006.

SOUZA, Z. M. de 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 , 34:1763-1771, 2004 .

ZANÃO J. et al. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. Ciência Rural, 37:1000-1007, 2007.

ZHANG, H. Fertility of Oklahoma Agricultural Soils. In: Better Crops with plant food, 35, 2001.

Tabela 1. Resumo dos atributos químicos do solo nos municípios de Curitiba e Região Metropolitana (RMC), considerando o período entre 1999 a 2007.

Parâmetro	Parâmetros químicos do solo					
	pH SMP ---- adimensional ----	pH CaCl ₂	Magnésio cmol _c dm ⁻³	Cálcio cmol _c dm ⁻³	Carbono cmol _c dm ⁻³	Fósforo mg dm ⁻³
Nº amostras	16.361	18.481	18.487	18.445	15.483	18.386
Menor valor	3,50	3,00	0,04	0,08	0,10	0,10
Maior valor	8,30	9,00	24,58	48,70	598,59	765,0
Média	5,65	4,87	2,46	4,63	31,19	22,5
Desvio padrão	0,73	0,71	1,99	3,94	30,38	55,8
CV	13	15	81	85	97	248
Amplitude	4,80	6,00	24,54	48,62	598,49	764,90
Variabilidade CV	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta

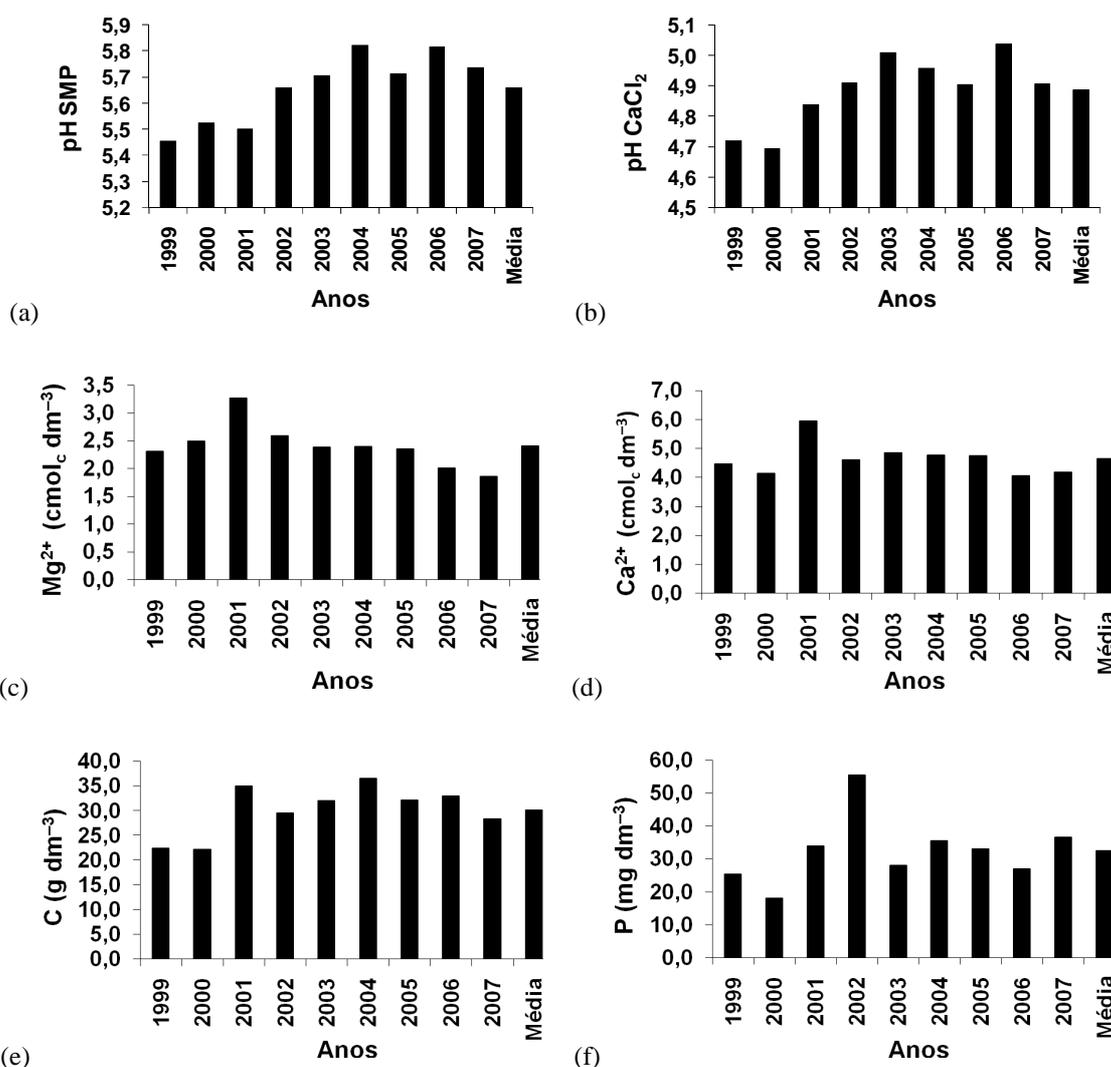


Figura 1. Evolução temporal dos atributos químicos do solo nos municípios de Curitiba e Região Metropolitana (RMC), Paraná, entre os anos de 1999 e 2007: (a) pH SMP; (b) pH CaCl₂; (c) magnésio (Mg) - cmol_c dm⁻³; (d) cálcio (Ca) - cmol_c dm⁻³; (e) carbono (C) - g dm⁻³; e., (f) fósforo (P) - mg dm⁻³