

## **Diagnóstico de atributos químicos e físicos de solos sob plantio direto em propriedades agrícolas familiares do Sudoeste do Paraná**

**Renato Yagi; Henrique von Hertwig Bittencourt; Jonez Fidalski; Luís César Cassol; Hadrien François Pierre-Henry Constanty**

Eng. Agrônomo, Doutor, Instituto Agronômico do Paraná. Eng. Agrônomo, Mestre, Faculdade Federal da Fronteira Sul. Eng. Agrônomo, Doutor, Instituto Agronômico do Paraná. Eng. Agrônomo, Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Eng. Agrônomo, Mestre, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

**Resumo** - Fertilizantes e corretivos contribuem substancialmente com os custos de produção de uma propriedade agrícola familiar, e tanto a falta quanto o excesso deles, prejudicam as produtividades das culturas e a sustentabilidade de um empreendimento rural. O objetivo com o presente trabalho foi o de realizar um diagnóstico de atributos químicos e físicos dos solos sob sistema plantio direto de propriedades pertencentes ao projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, na região Sudoeste do Paraná, coordenado pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e pelo Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Foram coletadas amostras de solo, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, em 52 glebas uniformes de 15 propriedades, as quais foram submetidas às análises químicas e físicas. Cerca de 80% das glebas das propriedades familiares amostradas não apresentaram problemas de acidez ativa do solo em profundidade. Há indícios de que as adubações possam ser diminuídas ou até mesmo dispensadas para P e K em determinadas propriedades familiares do Sudoeste do Paraná. A aplicação superficial de calcário, típica em sistema plantio direto, possui notadamente efeito sobre a camada superficial do solo, havendo diminuição paulatina deste efeito em profundidade nas glebas das propriedades familiares. As amostras de solo pertencem às classes texturais argilosa e muito argilosa. A análise granulométrica do solo é importante para caracterizar os teores de argila, os quais se diferenciaram entre as glebas e propriedades.

**Palavras-Chave:** Fertilidade do solo, física do solo, sistema plantio direto, calagem, adubação, agricultura familiar.

**Abstract**- Fertilizers and correctives contribute substantially to the production cost of a farm family, and both lack and excess of these harms crop yields and sustainability of a rural enterprise. The aim of the present work was to carry out a diagnosis on chemical and physical soil attributes of no-tillage plots on small farms followed by the project Redes de Referências para a Agricultura Familiar in the Southwest region of Paraná State (Brazil), coordinated by the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) and by the Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Soil samples were collected at 0-5, 5-10 and 10-20 cm in 52 plots on 15 farms, which were submitted to chemical and physical analysis. Nearly 80% of sampled plots had no active acidity problems on soil depth. There is evidence that fertilization can be reduced or even exempted for P and K in certain family farms of the Southwest of Paraná. Surface application of lime, in typical no-tillage systems has mainly effect on the topsoil, with gradual decrease of this effect in depth. Soil samples belong to textural classes clay and clayey. The soil granulometric analysis is important to characterizer content clay, which there was differences between the farmers and plots.

**Keyword:** Soil fertility, soil physical, no-tillage system, liming, fertilizing, familiar agriculture.

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes e corretivos para a produção agrícola constitui-se em uma tomada de decisão complexa devido à interação do ambiente e cultura e por estes insumos serem um dos componentes mais onerosos dos custos variáveis de produção (Oliveira, 2003). A título de exemplo, na região Sudoeste do Paraná os fertilizantes representaram aproximadamente 48% dos custos variáveis com insumos para o cultivo de milho na safra 2003/2004 (Zanolla & Gallante, 2004). Para a agricultura familiar, a caracterização adequada dos atributos de um solo em vista à aplicação racional de insumos está diretamente relacionada com as sustentabilidades econômica e ambiental do empreendimento. Ademais, o uso adequado de insumos não renováveis e potencialmente poluentes pode favorecer futuras gerações agrícolas.

O levantamento dos atributos químicos do solo pode auxiliar na identificação de problemas intrínsecos ao solo da região ou do seu manejo. Chaves et al. (1998), avaliando solos do município de Sousa (PB), observaram problemas de salinidade e sodicidade em 19% e 52% das áreas avaliadas, respectivamente. Em lavouras cultivadas com soja sob sistema plantio direto espalhadas pelo norte do Rio Grande do Sul, Martinazzo (2006), observou que 30% das amostras de solo de 20 lavouras apresentaram problemas de baixa disponibilidade de P, enquanto 50% das amostras apresentaram problemas de acidez na camada subsuperficial do solo.

No Noroeste do Paraná, Fidalski (1997) caracterizou na profundidade de 0-20 cm que as pastagens apresentaram teores superiores de K e matéria orgânica (MO) do solo, em relação às lavouras anuais e permanentes. As pastagens e lavouras anuais apresentaram baixos teores de P no solo. Maior acidez do solo em lavouras permanentes foi atribuída às fertilizações com adubos nitrogenados. As lavouras anuais utilizadas, na reforma das pastagens, apresentaram fertilidade do solo inferior às pastagens e às lavouras permanentes.

Ao nível nacional, dados obtidos concomitantemente ao Rally da Safra 2009, indicaram que na região constituída por inverno frio e úmido, com trigo e aveia no inverno (RS, SC e parte do PR), os teores de K e P extraídos por resina, foram classificados como altos em solos argilosos na camada de 0-5 cm de profundidade (Bataglia, 2011). Segundo este autor, dogmas, conceitos e pré-conceitos precisam ser superados para os diagnósticos e recomendações de adubação, particularmente em relação à P. Há tempos, atributos químicos dos solos sob sistema plantio direto foram identificadas e diferenciadas do sistema convencional (Muzilli, 1983), as quais são atribuídas às mobilidades de íons em profundidade, a não incorporação de fertilizantes e corretivos e ao

enriquecimento das camadas superficiais pela decomposição dos resíduos culturais (Vieira, 1996).

A fertilidade do solo, ou a capacidade do solo em fornecer nutrientes às plantas em quantidades adequadas e proporções convenientes, tem na análise química de solo uma ferramenta técnica de excelente relação custo/benefício, visando obter maiores produtividades com custos menores com a calagem e a adubação. Neste sentido, discussões técnicas a respeito dos procedimentos que envolvem os sistemas brasileiros de recomendação de calagem e adubação para sistema plantio direto têm sido constantes (Schlindwein & Anghinoni, 2000; Silveira & Stone, 2002; Santos et al., 2008; Pauletti et al., 2009; Andrade & Cantarella, 2010; Bataglia, 2011).

No Estado do Paraná, o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) conjuntamente com o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), coordenam o Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, o qual utiliza metodologia de pesquisa e desenvolvimento para transferências de tecnologias viáveis para os sistemas de produção estudados. Associado a este projeto interinstitucional, foram realizados diagnósticos de atributos químicos dos solos de propriedades familiares em diversas regiões do Estado. Na região Norte do Paraná, Falkoski Filho et al. (2010a) realizaram trabalho de diagnóstico de atributos químicos do solo em diversos sistemas de produção regionais, observando-se que em sistema de produção de grãos, o P nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade foi o principal fator limitante à produção de grãos, enquanto na camada de 20-40 cm de profundidade, foram observadas limitações quanto a teores de Al tóxico e baixo índice de saturação por bases (V%) em diversas propriedades. No território Cantuquiriguaçu, Falkoski Filho et al. (2010b) observaram, por meio de amostragens de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, que o P também foi o elemento cujos teores foram considerados restritivos à produtividade das pastagens. Já no chamado Norte Pioneiro, Falkoski Filho et al. (2010c) observaram que em sistema de produção que envolve produção de grãos mais leite, os solos apresentaram as piores fertilidades nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade em relação a outros quatro sistemas de produção que envolvem café, café mais leite, café mais morango e café mais olericultura.

Assim, o objetivo com o presente trabalho foi o de realizar um diagnóstico de atributos químicos e físicos dos solos cultivados em sistema plantio direto na região Sudoeste do Paraná, manejados por agricultores familiares colaboradores do projeto interinstitucional Redes de Referências para a Agricultura Familiar.

## DESENVOLVIMENTO

De setembro a outubro de 2010 foram realizadas amostragens de solo na região Sudoeste do Paraná, em propriedades ligadas ao Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar, em 52 glebas uniformes de 15 propriedades sob sistema plantio direto, cultivadas com culturas graníferas ou milho silagem no verão e aveia preta no inverno.

Para as amostragens de solo, foram consideradas as seguintes características para a identificação de glebas uniformes: vegetação, topografia, drenagem, cor do solo e histórico de adubação e de calagem, coletando-se 10-15 amostras simples por amostra composta, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, com auxílio de pá-de-corte. As quantidades de cada amostra simples foram padronizadas a partir da coleta de amostras de solo com cerca de 7 cm de largura por 5 cm de espessura, as quais foram devidamente misturadas para a retirada da amostra composta de solo. As amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas em peneira de 2 mm de abertura de malha e caracterizadas quimicamente quanto à matéria orgânica (MO) (Walkley & Black), pH (CaCl<sub>2</sub>), P e K (Mehlich-1), Ca e Mg (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) e H+Al (solução tampão SMP), conforme métodos descritos em Pavan et al. (1992), e quanto à granulometria, conforme métodos descritos em Embrapa (1997).

A partir da regressão linear entre teores de carbono (C) (matéria orgânica do solo/1,724) e capacidade de troca de cátions (CTC), estimou-se a contribuição dos colóides orgânicos na CTC, empregando-se o valor do coeficiente angular, multiplicado por 1000, como a contribuição dos colóides orgânicos, e o valor do coeficiente de regressão linear, como a contribuição da fração mineral do solo, corrigido para 100% de argila (Costa et al., 1999).

Com base nos resultados das análises químicas, foram calculados os valores dos índices de saturação por bases (V%), e classificados em termos absolutos e percentuais os teores de P e K no solo, conforme classes de interpretação de P e K para a cultura do milho em solos com teores de argila acima de 360 g kg<sup>-1</sup> (Oliveira, 2003). Assim, as classes de interpretação consideradas para P foram: baixa, média, alta e muito alta referentes à ≤ 2,0; 2,1-4,5; 4,6-11,0 e ≥ 11,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; e as consideradas para K foram: baixa, média e alta referentes à ≤ 0,10; 0,11-0,30 e ≥ 0,31 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As classes de interpretação para V% e pH (CaCl<sub>2</sub>) foram norteadas por critérios adotados por Bataglia (2011) em que solos não ácidos foram os representados por valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) ≥ 5,0 e de V% ≥ 50%. Análises de correlação linear simples a 0,1% de probabilidade também foram realizadas entre atributos químicos do solo.

Os teores de MO nos solos das propriedades

familiares do Sudoeste do Paraná são típicos do sistema plantio direto. Se na profundidade de 0-5 cm, cerca de 58% das glebas apresentavam teores de MO acima de 40 g dm<sup>-3</sup>, nas profundidades de 5-10 cm e de 10-20 cm, cerca de 63% e 83% das glebas apresentaram teores de MO abaixo de 40 g dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 3). Na região Norte do Paraná, cerca de 80% e 50% das propriedades em sistema de produção de grãos apresentaram teores de MO acima de 40 g dm<sup>-3</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Falkoski Filho et al., 2010a).

O não revolvimento do solo e a produção da palhada diminuem as perdas de MO por erosão e por oxidação microbiana, havendo seu acúmulo na camada superficial, que com o tempo, atinge camadas mais profundas do solo (Bayer & Mieniczuk, 1997). Considerando o período de tempo em que o sistema plantio direto foi implantado no Estado do Paraná, os resultados apresentados no presente trabalho podem ser reflexos deste acúmulo paulatino de MO ao longo do tempo e em profundidade do solo, conforme citado anteriormente. Segundo Llanillo et al. (2006), a MO do solo é um atributo capaz de garantir sustentabilidade dos sistemas plantio direto e de preparo mínimo do solo em longo prazo, devido ao seu papel preponderante na estrutura do solo e na estabilidade dos agregados, sendo um dos fatores mais importantes na concessão de maior resistência à compactação nestes sistemas.

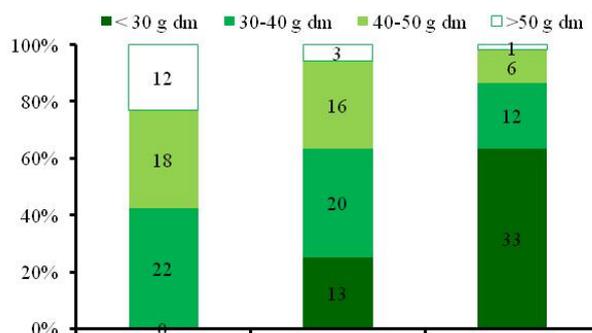


Figura 1: Teores de MO do solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm de profundidade em glebas de propriedades agrícolas familiares da região Sudoeste do Paraná, em classes de <30, 30-40, 40-50 e >50 g dm<sup>-3</sup>.

Foram obtidas correlações lineares entre os teores de MO do solo e os valores de CTC, cujos coeficientes de correlação (r) foram de 0,58 (P < 0,001); 0,65 (P < 0,001) e 0,34 (P < 0,05) para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. As relativas baixas correlações entre os teores de MO e CTC observadas no presente trabalho, podem ser indícios de que a CTC potencial do solo determinada por método indireto, pelo somatório de Ca, Mg, K e H+Al, pode estar sendo superestimada, havendo acúmulo de Ca, Mg

e K na camada superficial do solo não coerente com o acúmulo de matéria orgânica nesta camada.

Estimou-se que os valores de CTC referentes aos colóides orgânicos seriam em média 297,7; 289,4 e 173,1 cmolc dm<sup>-3</sup> para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, enquanto a contribuição dos colóides inorgânicos seria de 4,6; 5,0 e 6,3 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Estes valores são menores do que os observados por Costa et al. (1999) e Sambatti et al. (2003), os quais observaram concentração de valores de CTC referentes à fração orgânica de solos paranaenses na faixa dos 400-500 cmolc dm<sup>-3</sup>. No presente trabalho, partindo-se dos valores de CTC referentes à fração orgânica citados anteriormente, e dos teores médios de 25,9; 21,1 e 17,3 g dm<sup>-3</sup> de C orgânico nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente, a fração orgânica dos solos do Sudoeste do Paraná representariam 50,0%; 42,5% e 22,9% de sua CTC, respectivamente. Por outro lado, deve-se considerar o acúmulo hipotético de bases trocáveis que estaria superestimando a CTC potencial, conforme citado anteriormente, assim como os valores baixos de r referentes às correlações entre os teores de MO e os valores de CTC.

Houve correlações significativas ( $P < 0,001$ ) entre os teores de MO e os de P (Mehlich-1) nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, com valores de r iguais a 0,44; 0,45 e 0,43, que apesar de baixos, são possíveis consequências do bloqueio dos sítios de adsorção do complexo coloidal do solo por ácidos orgânicos de massas moleculares variáveis, diminuindo a capacidade de adsorção de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, além do próprio fornecimento de P associado ao aporte de material orgânico ao solo (Pavinato & Rosolem, 2009).

Observa-se que a quase totalidade dos solos possuem caráter eutrófico nas três camadas de solo avaliadas, porém, cerca de 19%, 25% e 23% das glebas apresentam pH abaixo de 5,0 nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 2). Na região brasileira delimitada por Bataglia (2011), em que provavelmente se insere a região Sudoeste do Paraná, em média 75% e 89% das amostras das camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade, respectivamente, não foram consideradas ácidas.

Correlações lineares significativas foram observadas entre valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) e V%, porém, havendo diminuição dos valores de r com o aumento da profundidade dos solos (Figura 3). Com a aplicação superficial de calcário, típica em sistema plantio direto, ocorre a neutralização do Al<sup>3+</sup> e do H<sup>+</sup> e o complexo de troca catiônica é ocupado por Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>, principalmente, aumentando concomitantemente o pH e o V% paulatinamente nas camadas de solo em profundidade, conforme observado neste trabalho.

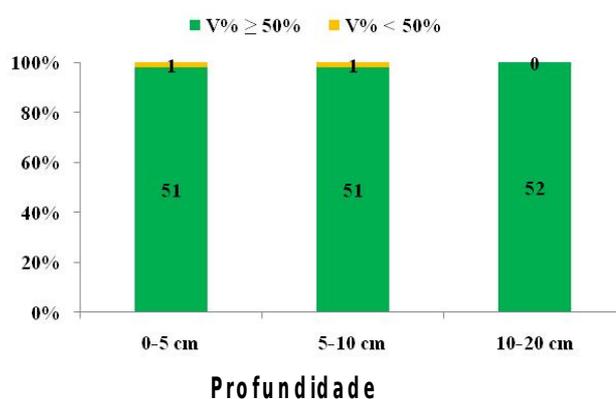
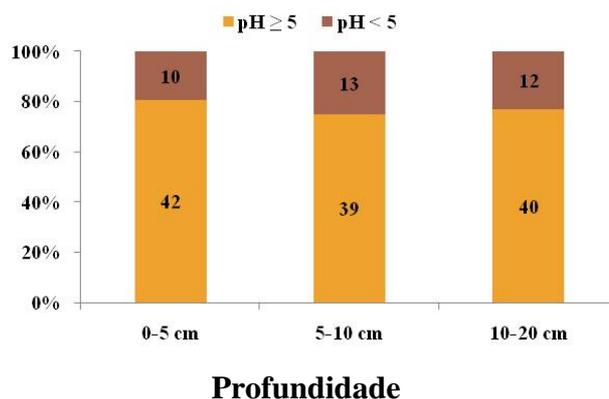


Figura 2: Distribuição percentual e absoluta dos solos das glebas das propriedades familiares em relação ao pH em CaCl<sub>2</sub> e ao índice de saturação por bases (V%).

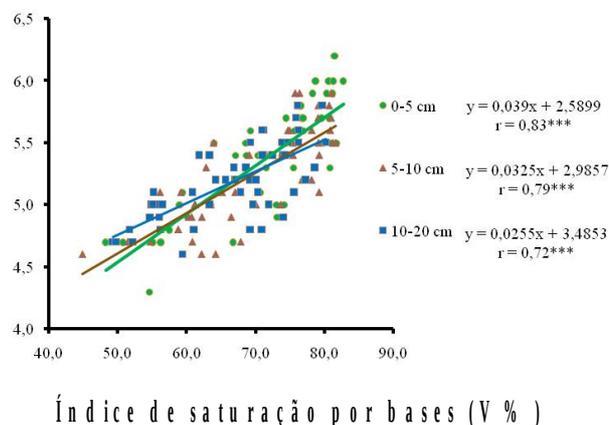


Figura 3: Correlações lineares entre índice de saturação por bases (V%) e acidez ativa (pH em CaCl<sub>2</sub>) nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. \*\*\*: significativo a 0,1% de probabilidade para o coeficiente de correlação de Pearson.

Os valores de P e K são médios a altos ou muito altos (Figura 4), tendo-se como critérios, o uso adaptado das classes de interpretação para a cultura do milho (Oliveira, 2003), ajustadas para a profundidade de 0-20 cm. No caso do P, observa-se que 52,6% e 29,5% das amostras de 0-5 cm e 5-10 cm de solo, respectivamente, das propriedades familiares estavam acima dos limiares entre as classes média e alta de P para a cultura do milho,

enquanto 67,3% e 51,9% das amostras possuem teores de K classificados como altos para a cultura do milho, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm de solo, respectivamente. Na camada de 10-20 cm de profundidade, 100% das amostras apresentaram baixos teores de P, enquanto 21,2% delas apresentaram teores altos de K.

Estes resultados são atribuídos ao uso pouco freqüente da amostragem de solo feita rigorosamente nos moldes técnicos recomendados, associado também, à comercialização indiscriminada de formulações NPK não compatíveis às necessidades da cultura, em quantidades e proporções de nutrientes inadequadas, ao longo do tempo para as propriedades agrícolas familiares. Quando utilizados, sistemas de adubação baseados em critérios técnicos de amostragem de solo e de tabelas de recomendação específicas ao Estado do Paraná têm sido ignorados para as propriedades agrícolas familiares da Região Sudoeste. Esta inferência vêm de encontro com o citado por Santos et al. (2008), de que o uso de fórmulas desbalanceadas, aplicadas em épocas e em quantidades inadequadas, que não levam em consideração ou com interpretação inadequada da análise de solo, negligenciam as recomendações técnicas.

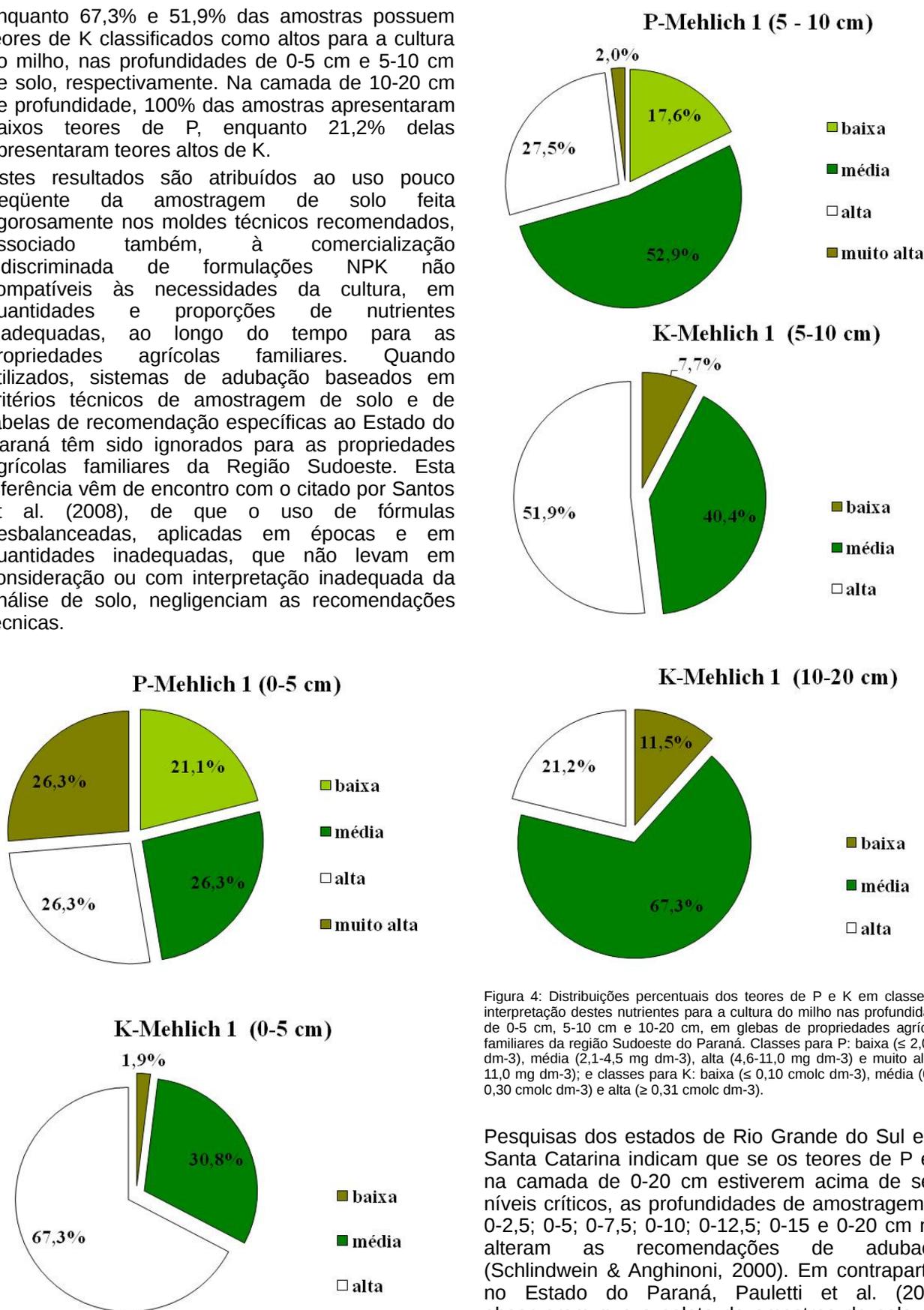


Figura 4: Distribuições percentuais dos teores de P e K em classes de interpretação destes nutrientes para a cultura do milho nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em glebas de propriedades agrícolas familiares da região Sudoeste do Paraná. Classes para P: baixa ( $\leq 2,0$  mg dm<sup>-3</sup>), média (2,1-4,5 mg dm<sup>-3</sup>), alta (4,6-11,0 mg dm<sup>-3</sup>) e muito alta ( $\geq 11,0$  mg dm<sup>-3</sup>); e classes para K: baixa ( $\leq 0,10$  cmolc dm<sup>-3</sup>), média (0,11-0,30 cmolc dm<sup>-3</sup>) e alta ( $\geq 0,31$  cmolc dm<sup>-3</sup>).

Pesquisas dos estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina indicam que se os teores de P e K na camada de 0-20 cm estiverem acima de seus níveis críticos, as profundidades de amostragem de 0-2,5; 0-5; 0-7,5; 0-10; 0-12,5; 0-15 e 0-20 cm não alteram as recomendações de adubação (Schlindwein & Anghinoni, 2000). Em contrapartida no Estado do Paraná, Pauletti et al. (2009) observaram que a coleta de amostras de solo sob sistema plantio direto nas camadas de 0-10 cm ou

de 0-20 cm de profundidade não alteraram as interpretações das análises químicas e as recomendações baseadas nelas.

Por outro lado, sub-fertilizações podem ocorrer com o fracionamento da profundidade de amostragem de solo, comprometendo a médio e longo prazos a manutenção da fertilidade do solo, em função da ausência de calibrações de análises de solo específicas para o sistema plantio direto (Andrade & Cantarella, 2010). Schlindwein & Anghinoni (2000) afirmam que as pesquisas demonstraram que a amostragem de solo a 0-10 cm de profundidade, transversal às linhas de cultivo com pá-de-corte, adotada nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foi a alternativa mais prática e viável de se adaptar a amostragem de solo ao sistema de recomendação de adubação para as culturas, calibrada para a camada de 0-20 cm de profundidade, uma vez que pesquisas típicas de calibração demandam consideravelmente tempo e capital. Em Minas Gerais, a experiência destes últimos estados foi aproveitada para a recomendação de amostragem de solo em sistema plantio direto (Ribeiro et al., 1999). No Estado de São Paulo, a recomendação é que a camada de solo a ser amostrada é a de 0-20 cm de profundidade, até que eventualmente, a pesquisa indique alternativa melhor (Rajj et al., 1996). Em sistema plantio direto no Estado do Paraná, Vieira (1996) recomenda amostragens de solo nas profundidades de 0-5 cm e 5-20 cm, a fim de se detectar ou não, um gradiente em fertilidade do solo.

Com base em semelhança de resultados, em termos de valores, interpretações e região, pode ser citado o especulado por Bataglia (2011), de que a camada de 5-10 cm de profundidade pode ser viável para diagnosticar a disponibilidade de P do solo em sistema plantio direto, e que, a aplicação de fertilizantes potássicos nos sulcos de plantio por anos consecutivos e a reciclagem de K de camadas mais profundas do solo pelas culturas e plantas de cobertura tenha propiciado seu acúmulo ao longo do tempo na camada superficial do solo. Schlindwein & Anghinoni (2000) afirmam que o ajuste de profundidades de amostragem em sistemas de cultivo deve ser feita com base em semelhanças de valores observados para a camada de 0-20 cm de profundidade do solo no sistema de cultivo convencional. A partir desta premissa, Silveira & Stone (2002) observaram que a camada de 10-20 cm de profundidade em solo sob sistema plantio direto apresentou teores de P similares aos observados na profundidade de 0-20 cm em sistema convencional de cultivo.

Devido à baixa mobilidade vertical do P e conforme mecanismos para incorporação de adubo de plantio, sulcador do tipo haste ou do tipo disco duplo, as camadas de 0-10 ou 0-15 cm são as profundidades que caracterizam a concentração do

nutriente no solo sob sistema plantio direto (Pauletti et al., 2009). No caso do P para os solos argilosos da região Sudoeste do Paraná, os primeiros 5 ou 10 cm de profundidade do solo em sistema plantio direto podem ser viáveis para o diagnóstico da disponibilidade do nutriente e para a recomendação de adubação fosfatada, desde que a pesquisa comprove a eficácia do princípio deste procedimento. Esta discussão também recai sobre o questionamento feito por Santos et al. (2008), de qual seria a dose de adubo fosfatado a ser aplicado com P do solo na faixa ótima na camada de 0-10 cm de profundidade, e muito abaixo da ótima na camada de 10-20 cm de profundidade, onde há predomínio do sistema radicular, e eventualmente, condições químicas e físicas desfavoráveis ao crescimento das raízes, como presença de  $Al^{3+}$  e resistência à penetração.

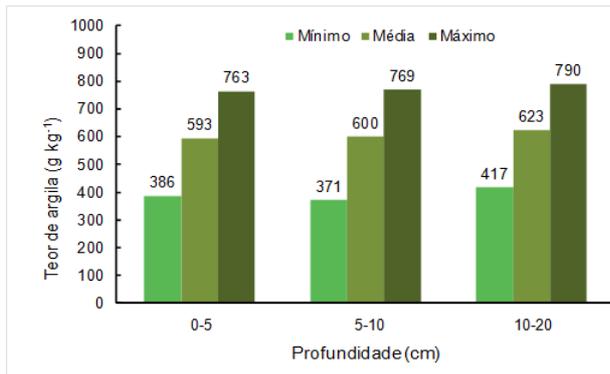


Figura 5: Teores mínimos, médios e máximos de argila nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm das glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná (1 g kg<sup>-1</sup> de argila = 0,1 % de argila).

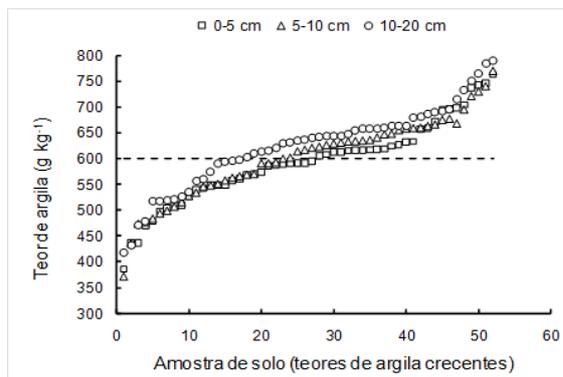


Figura 6: Teores de argila nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm para as 52 amostras com valores crescentes de argila das glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná. A linha pontilhada separa as classes texturais argilosa (350-600 g kg<sup>-1</sup> de argila) e muito argilosa (>600 g kg<sup>-1</sup>) (Santos et al., 2006).

Os solos das 52 glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná apresentaram amplitudes de 377, 398 e 373 g kg<sup>-1</sup> de argila, respectivamente, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, e amplitude de 404 g kg<sup>-1</sup> de argila para a profundidade de 0-20 cm (Figura 5). Essa similaridade na amplitude dos teores de argila pode ser observada também pela pelos valores mínimos, médios e máximos, com valor médio de 605 g kg<sup>-1</sup> de argila, na profundidade do 0-20 cm.

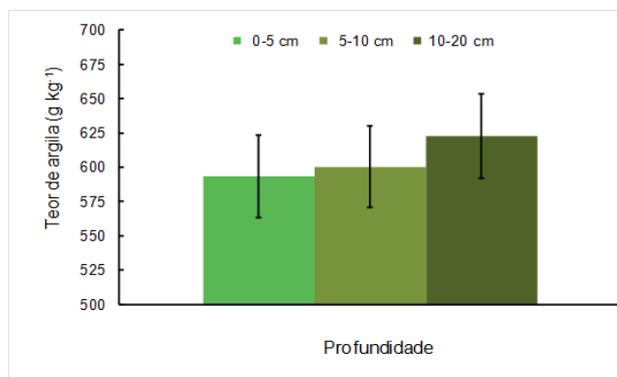


Figura 7: Teores médios de argila e intervalos de confiança da média nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm para as 52 amostras das glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná. As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média (P < 0,01).

A similaridade dos teores de argila das 52 glebas entre as três profundidades pode ser observada na Figura 6. Nessa figura é possível observar a distribuição normal dos teores de argila, os apresentaram probabilidades pelo teste Shapiro-Wilk (Schlotzhauer & Littell, 1997) de 0,58; 0,52 e 0,20, respectivamente, para as profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os intervalos de confiança das médias dos teores de argila variaram entre 563 e 654 g kg<sup>-1</sup>, e não houve diferenças significativas (P < 0,01) entre as três profundidades para o conjunto de 52 amostras de solo (Figura 7). Esses resultados reiteram o conhecimento da assistência técnica da região Sudoeste do Paraná, de que os solos pertencem à classe textural argilosa e muito argilosa, de acordo com Silva et al. (2006).

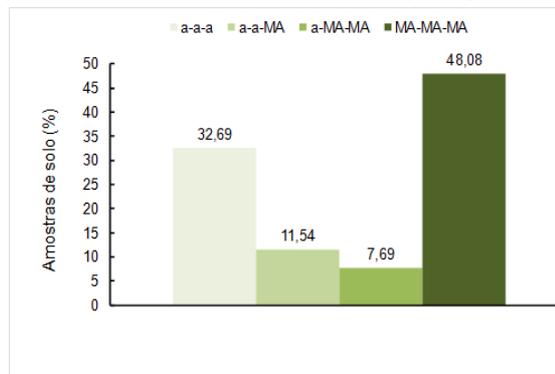


Figura 8: Frequência relativa de amostras de solo com teores de argila pertencentes às classes texturais argilosa (350-600 g kg<sup>-1</sup>) e muito argilosa (>600 g kg<sup>-1</sup>) das 52 das glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná. Legenda: a (classe textural argilosa) e MA (classe textural muito argilosa). A sequência das três letras corresponde às profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, da esquerda para a direita.

Os gradientes dos teores de argila variaram de 0,87 a 1,23 entre as profundidades de 0-5 cm/5-10cm, 0-5 cm/10-20 cm e 0-5/10-20 cm. Essas amplitudes indicam que há pequenas diferenças dos teores de argila entre as profundidades amostradas na mesma gleba. Das 52 glebas estudadas, a maioria delas, 25 (48,08%) apresentou teores de argila pertencente à classe textural muito argilosa com teores médios de 668 g kg<sup>-1</sup> em todas as profundidades; 17 glebas (32,69%) com teores médios de 517 g kg<sup>-1</sup> de argila, pertencentes à classe textural argilosa; e outras 10 glebas (19,23%) apresentaram variações crescentes de argila no perfil amostrado com teores de argila pertencentes às classes texturais argilosa e muito argilosa, com teor médio de 573 e 616 g kg<sup>-1</sup> de argila, respectivamente (Figura 8).

A distribuição dos teores de argila é semelhante na profundidade de 0-5 cm, com 51,9 e 48,1% das amostras, respectivamente, para as classes texturais argilosa e muito argilosa (Figura 9). Em profundidade, os teores de argila aumentam, e com 67,3% das amostras de solo na profundidade de 10-20 cm apresentam teores de argila na classe textural muito argilosa.

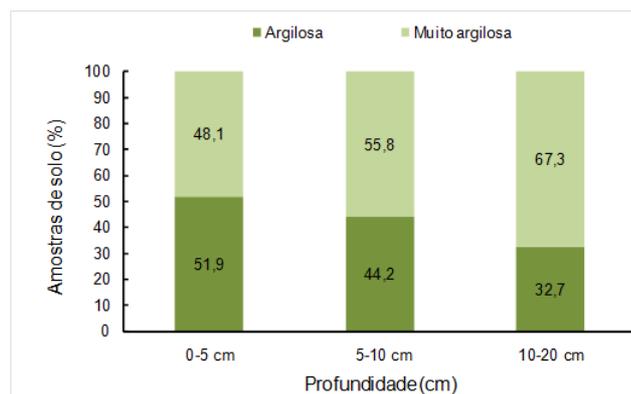


Figura 9: Distribuição percentual dos solos nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm das glebas das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná em relação à classe textural argilosa (350-600 de argila g kg<sup>-1</sup>) e muito argilosa (>600 g kg<sup>-1</sup>) (Santos et al., 2006).

A análise granulométrica do solo das propriedades familiares do Sudoeste do Paraná é importante para caracterizar os teores médios de argila e se determinada gleba pertence à classe textural argilosa e/ou muito argilosa (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9). Essa informação é importante para o manejo físico desses solos porque quanto maior o teor de argila, maior será a capacidade de retenção de água e menor resistência do solo à penetração (Silva et al., 2008). Por sua vez, a eficiência da adubação é dependente da disponibilidade de água no solo às plantas, dependente dos teores de argila do solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Cerca de 80% das glebas das propriedades familiares amostradas não apresentaram problemas de acidez ativa do solo em profundidade;
2. Há indícios de que as adubações possam ser diminuídas ou até mesmo dispensadas para esses P e K em determinadas propriedades familiares do Sudoeste do Paraná;
3. A aplicação superficial de calcário, típica em sistema plantio direto, possui notadamente efeito sobre a camada superficial do solo, havendo diminuição paulatina deste efeito em profundidade nas glebas das propriedades familiares;
4. As amostras de solo pertencem às classes texturais argilosa e muito argilosa;
5. A amostragem de solo para análise granulométrica é importante para caracterizar os teores de argila que se diferenciaram entre as glebas e propriedades.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo recebeu apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Brasil). O primeiro autor agradece aos pesquisadores Rafael Fuentes Llanillo e Norma Kiyota, da Área de Socioeconomia do IAPAR, pelo apoio no desenvolvimento desta

pesquisa na região Sudoeste do Paraná. Os autores agradecem à EMATER pelo suporte às pesquisas no Sudoeste do Paraná, quanto ao Projeto Redes de Referências para a Agricultura Familiar.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.A.A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: VALE, D.W.; SOUSA, J.I.; PRADO, R.M. (Org.). Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas. Jaboticabal, FCAV, 2010. p.361-406.
- BATAGLIA, O.C. A fertilidade dos solos cultivados com milho e soja. A Granja, p.65-67, 2011.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.105-112, 1997.
- CHAVES, L.H.G.; MENINO, I.B.; ARAUJO, I.A.; CHAVES, I.B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, p.262-267, 1998.
- COSTA, A.C.S.; TORINO, C.A.; RAK, J.G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de latossolos do Estado do Paraná. Acta Scientiarum Agronomy, v.21, p.491-496, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- FALKOSKI FILHO, J.; COSTA, A.; LLANILLO, R.F.; GOMES, B.B.; CAMPOS, M.; OLIVEIRA, E.P. Avaliação da fertilidade química dos solos nos sistemas de produção em assentamentos rurais nos municípios de Tamarana, Londrina e Ortigueira (PR), Brasil. In: VIII Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção. São Luís, Anais... SBSP. 2010a.
- FALKOSKI FILHO, J.; COSTA, A.; LLANILLO, R.F.; LUGÃO, S.M.B.; SOARES JR., D.; GOMES, B.B.; MORO, V. Avaliação da fertilidade química dos solos em sistema de produção leiteira no território Cantuquiriguaçu, Paraná, Brasil. In: Fertbio 2010. Guarapari, Anais... SBCS. 2010b.
- FALKOSKI FILHO, J.; COSTA, A.; LLANILLO, R.F.; SOARES JR., D.; FONSECA, H.N.; FEIJÓ, J.C.; GOMES, B.B.. Avaliação da fertilidade química dos solos em sistema de produção no Território Norte Pioneiro, Paraná, Brasil. In: Fertbio 2010. Guarapari, Anais... SBCS. 2010c.
- FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região Noroeste do Paraná. Revista Unimar, v. 19, p, 853-861, 1997.
- LLANILLO, R.F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F.; FERREIRA, R.R.M. Evolução de propriedades físicas do solo em função de sistemas de manejo em culturas anuais. Semina: Ciências Agrárias, v.27, p.205-220, 2006.
- MARTINAZZO, R. Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado. 2006. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.
- MUZILLI, O. Influência do sistema plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p.95-102, 1983.
- OLIVEIRA, E.L. Milho. In: OLIVEIRA, E.L. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 2003. p.22-23.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. Atributos químicos de um latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.581-590, 2009.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C., MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análise química do solo e controle de

qualidade. IAPAR, 1992. 40p. (Circular técnica, 76)

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.911-920, 2009.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a Aproximação*. Viçosa, CFSEMG, 1999. 359p.

SAMBATTI, J.A.; SOUZA Jr., I.G.; COSTA, A.C.S.; TORMENA, C.A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação Caiuá – Noroeste do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.257-264, 2003.

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.38, p.576-586, 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F. e CUNHA, T.J.F. (Ed.). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.30, p.611-617, 2000.

SCHLOTZHAUER, S.R.; LITTELL, R.C. *SAS® System for elementary statistical analysis*. 2.ed. Cary, SAS Institute, 1997. 456p.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. ; IMHOFF, S.C. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1-10, 2008.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.157-162, 2002.

VIEIRA, M.J. Plantio direto. In: IAPAR. *Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras*. Londrina, IAPAR. 1996. 28p. (Circular, 90).

ZANOLLA, C.A.; GALLANTE, V.A. O cultivo de milho na região sudoeste do Paraná: Viabilidade e alternativas. In: XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2004, Cuiabá. *Anais... Cuiabá, Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional*, 2004.

