

Distribuição espacial de atributos químicos do solo no Estado de Santa Catarina¹

Carla Maria Pandolfo² e Milton da Veiga³

Resumo – A elaboração de mapas de atributos químicos do solo constitui-se em uma ferramenta para o planejamento de ações regionalizadas para correção daqueles que apresentam níveis limitantes à produção agrícola. A distribuição espacial de dez atributos químicos no Estado de Santa Catarina foi determinada a partir de coleta padronizada de amostras de solos em lavouras dos dois sistemas de uso e manejo mais representativos de cada região, na camada de até 20cm de profundidade. As médias dos valores dos atributos determinados nas lavouras de cada município foram georreferenciadas nas coordenadas geográficas de sua sede, elaborando-se mapas com a distribuição espacial de classes de valores com o software ILWIS 3.2 Academic. Observou-se grande variação espacial dos atributos químicos do solo no Estado, com maiores teores de potássio e manganês trocáveis e de fósforo, cobre e zinco extraíveis na região Oeste; menores valores de pH em água e teor de matéria orgânica ao longo do Litoral e no Alto Vale do Itajaí; e maior teor de matéria orgânica e menores pH em água, saturação por bases e fósforo disponível no Planalto Sul. Essas informações são fundamentais para a elaboração de planos de uso e manejo do solo considerando as peculiaridades regionais.

Termos de indexação: pH em água, matéria orgânica, saturação por alumínio, saturação por bases, macronutrientes, micronutrientes.

Spatial distribution of chemical soil attributes in the State of Santa Catarina, Southern Brazil

Abstract: The mapping of soil chemical properties constitutes a tool for planning actions to correct those who have limiting values for agricultural production in some region. The spatial distribution of some of these attributes in the State of Santa Catarina, was determined from standardized collection of samples of two fields with the use and management systems more representative of each region. The samples were collected in the 0-20cm layer, in which were determined the organic matter content and the attributes related to soil acidity and soil exchange complex. The mean values of certain attributes in the fields of each municipality were georeferenced in geographic coordinates of its headquarters, and elaborating maps of the spatial distribution of class values with the software ILWIS 3.2 Academic. It was observed a large spatial variation in soil chemical properties in the state, with higher content of exchangeable manganese and potassium and extractable phosphorus, copper and zinc in the west; lower pH in water and organic matter along the Coast region and in the Upper Itajaí Valley, and higher organic matter content and lower pH, base saturation and phosphorus available in the plateau. These information's are fundamental for the development of land use and management plans considering regional peculiarities.

Index terms: pH in water, soil organic matter, base saturation, aluminum saturation, macronutrients, micronutrients.

Introdução

O Estado de Santa Catarina apresenta diversidade geológica (Silva & Bortoluzzi, 1987) e climática (Pandolfo et al., 2002) e, conseqüentemente, de solos (Embrapa, 2004). Adicionalmente, os sistemas de uso e manejo do solo variam entre regiões com relação tanto às culturas como aos tipos de preparo do solo e uso de corretivos de acidez e de fertilizantes minerais e orgânicos (Veiga et al., 2011). Isso resulta em

variação na distribuição espacial dos atributos do solo que, quando conhecidas, permitem o planejamento de estratégias regionalizadas para o manejo e a correção daqueles que apresentam níveis limitantes à produção vegetal, bem como informam sobre aqueles que apresentam teores adequados ou elevados, aumentando a eficiência técnica e econômica das ações planejadas e executadas.

Os mapas de atributos do solo de áreas em uso agrícola poderiam ser

elaborados a partir dos resultados de análises de amostras de solo enviadas pelos agricultores para os laboratórios com a finalidade de caracterizá-las para fins de fertilidade do solo, uma vez que eles utilizam metodologia padronizada de análise. No entanto, Veiga et al. (2011) constataram que o diagnóstico de atributos a partir dessas amostras pode não representar adequadamente as condições reais do solo das áreas em uso agrícola de uma região, principalmente em função da diferença na estra-▶

Recebido em 9/8/2012. Aceito para publicação em 20/9/2013.

¹ Trabalho executado com recursos do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (Prapem/MB2).

² Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, BR-282, Km 342, Trevo, Campos Novos, SC, fone: (47) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

tégia de coleta das amostras. Por isso, a realização de diagnóstico de atributos químicos do solo a partir de amostras coletadas de forma padronizada, mesmo que em menor número, pode gerar uma informação mais real sobre as características dos solos dessas lavouras, possibilitando a elaboração de mapas de distribuição espacial dos valores dos atributos mais próximos da realidade.

No sul do Brasil, foram realizados alguns estudos da distribuição regional ou estadual de atributos relacionados com a fertilidade do solo em classes de interpretação a partir de resultados de análise de amostras de solo enviadas por agricultores para os laboratórios. A finalidade era diagnosticar as condições de fertilidade das lavouras (Pandolfo et al., 1995; Rheinheimer et al., 2001; Veiga et al., 2008) com base em amostras coletadas de forma padronizada em lavouras de sistemas de produção representativos de regiões edafoclimáticas (Veiga et al., 2011). Nesses estudos foram apresentados os valores médios dos atributos do solo ou os percentuais de amostras por classe de interpretação para fins de fertilidade do solo, sem a elaboração de mapas que permitissem a visualização da distribuição espacial dessas classes.

Este trabalho tem como objetivo elaborar mapas de distribuição espacial de atributos químicos do solo no estado de Santa Catarina a partir de coleta padronizada de amostras em lavouras dos dois sistemas mais representativos de uso e manejo do solo na região.

Material e métodos

Foram utilizados resultados de análise de amostras de solo coletadas em 6.894 lavouras distribuídas na maioria dos municípios do Estado. A amostragem foi realizada em microbacias com atuação do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural de Santa Catarina, conhecido como Programa Microbacias 2 (MB2) e, dessa forma, os resultados das análises representam as condições das lavouras dos beneficiários desse projeto, predominantemente

agricultores familiares. Em cada microbacia foram coletadas amostras de solo em quatro lavouras dos dois sistemas mais representativos de uso e manejo do solo da região, considerando-se tanto as culturas cultivadas como o manejo do solo para sua implantação, identificados em Veiga et al. (2011). Essa definição foi feita com o objetivo de não coletar as amostras de forma aleatória, o que poderia resultar em resultados discrepantes entre municípios da mesma região, dificultando a espacialização das classes. A coleta foi realizada na camada de até 20cm de profundidade com o uso de um trado tipo “calador”, confeccionado especificamente para esse fim, sendo cada amostra constituída de, pelo menos, dez subamostras.

As análises do solo foram realizadas utilizando-se as metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). Foram determinados o pH em água (pH) e os teores de matéria orgânica (MO), alumínio (Al), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis e fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) extraíveis, assim como calculada a saturação por bases (V%) e por alumínio (m%)

(Sociedade..., 2004). Os valores médios dos resultados das análises de cada atributo por município foram referenciados no ponto correspondente às coordenadas geográficas da sede do município, elaborando-se mapas de distribuição espacial dos valores dos atributos com o software ILWIS 3.2 Academic. O número de classes que melhor representasse espacialmente a variação do atributo foi definido com o objetivo de melhor visualizar essa espacialização, exceto para o P e o K. Para esses, foram utilizadas as classes de interpretação estabelecidas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CQFS/NRS), considerando-se o teor de argila e a capacidade de troca de cátions do solo respectivamente (Sociedade..., 2004). O método de interpolação utilizado para espacialização das classes foi a média móvel, com uma definição digital de 100 metros. Segmentos pouco representativos de determinada classe foram excluídos do mapa, utilizando-se o software Windows Paint. Para discussão dos resultados foi utilizada como referência a divisão regional do Estado apresentada na Figura 1.



Figura 1. Regiões geográficas de Santa Catarina utilizadas neste estudo: 1) Extremo Oeste; 2) Oeste; 3) Meio-Oeste; 4) Planalto Norte; 5) Planalto Sul; 6) Alto Vale do Itajaí; 7) Litoral Norte; 8) Grande Florianópolis; e 9) Litoral Sul

Resultados e discussão

pH em água (pH) e teor de matéria orgânica (MO)

Ao longo do Litoral, observa-se a ocorrência de uma faixa de lavouras com $\text{pH} < 5,0$ (Figura 2), interpretada como muito baixa pela CQFS/NRS (Sociedade..., 2004). Ao lado dessa faixa, assim como no Vale do Itajaí e no Planalto Sul, ocorrem solos com pH entre 5,0 e 5,5, enquanto nas áreas de menor altitude do Oeste e Extremo Oeste são observados solos com $\text{pH} > 5,5$. O menor pH observado nas lavouras do Litoral está relacionado com o uso predominante do solo com a cultura de arroz irrigado por inundação, onde normalmente não há necessidade de aplica o de calcário. Essa não necessidade de calcário   devida   eleva o do pH do solo até próximo   neutralidade, que ocorre após a inunda o, em fun o do consumo de prótons (H^+) nas rea o es de redu o do nitrato, sulfato e óxidos de manganês e ferro (Sousa et al., 2010). Nas pastagens perenes ocorre o mesmo, e nelas se utilizam menores doses de corretivo da acidez. A varia o de pH observada nas lavouras do Planalto Sul ao Extremo Oeste do Estado pode estar relacionada tanto às condi o es originais do solo (solos mais ácidos em maiores altitudes) quanto ao histórico da aplica o de calcário ao longo do período de uso dos solos para a agricultura, especialmente na região Oeste.

A distribui o espacial dos teores de MO (Figura 2) parece estar relacionada com a altitude de cada região. Observa-se um aumento gradual do teor de MO no sentido da região de menor para maior altitude (Litoral Planalto e Oeste Planalto), o que está relacionado com a redu o na temperatura média no mesmo sentido, resultando, inclusive, em tipos climáticos diferentes (Pandolfo et al., 2002). O maior acúmulo de MO nos locais com menor temperatura está associado tanto ao efeito direto dela na redu o na taxa de oxida o do material orgânico adicionado ao solo como da manuten o do solo mais

 mido em fun o da redu o na taxa de evapotranspira o (Bayer e Mielniczuk, 1999). O aumento no teor de argila, que ocorre no mesmo sentido (Veiga et al., 2012), também determina maior acúmulo de MO no Planalto Sul e Planalto Norte, pois as fra o es finas promovem prote o física a determinadas fra o es de MO, favorecendo seu acúmulo no solo (Bayer & Mielniczuk, 1999). A maior ado o de sistemas de manejo com menor revolvimento, como plantio direto e cultivo mínimo, também pode estar contribuindo para o aumento

do teor de MO no Meio-Oeste e Planalto Sul (Veiga et al., 2011). Esses aspectos, considerados em conjunto, determinam que o balanço entre adi o e decomposi o seja favorável   manuten o de maior teor de MO no Planalto Sul. Teores intermediários de MO (3% a 4%) são observados em várias regi o es do Estado, enquanto as classes com menores valores ($< 2\%$ e 2% a 3%) são observadas no Extremo Oeste, Alto Vale do Itajaí e em uma faixa ao longo do Litoral, que correspondem aproximadamente às regi o es mais

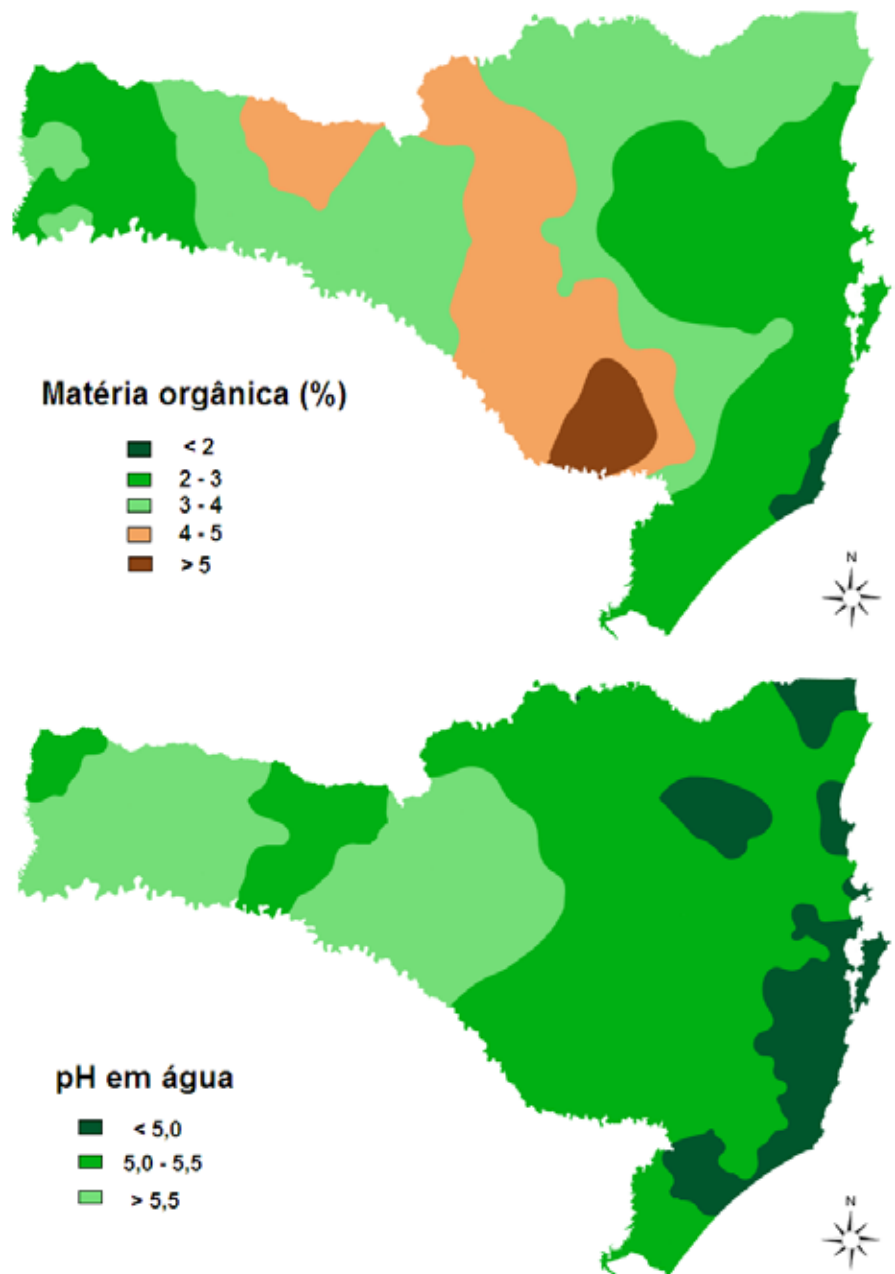


Figura 2. Distribui o espacial de classes de teor de matéria orgânica do solo e de pH em água no Estado de Santa Catarina

quentes e com menores teores de argila no solo.

Saturação por bases e por alumínio

A distribuição espacial das faixas de saturação da capacidade de troca de cátions do solo por bases trocáveis (Ca, Mg e K) está estreitamente relacionada ao pH do solo, sendo menor no Litoral e aumentando no sentido do leste para oeste do Estado (Figura 3), fenômeno inverso ao da saturação por alumínio, que reduz nesse mesmo sentido (Figura 3). No Oeste ocorrem

as classes de saturação por bases (V%) > 60% e por alumínio (m%) < 7,5%, que correspondem aproximadamente às classes interpretadas, respectivamente, como média ou alta e baixa ou muito baixa pela CQFS/NRS (Sociedade..., 2004).

Analisando-se conjuntamente os mapas de pH em água e de saturação por bases e por alumínio, pode-se inferir que no Oeste são observadas as condições mais favoráveis ao cultivo da maioria das culturas, enquanto no Planalto Sul, Alto Vale do Itajaí e Litoral ainda é necessário investir na aplicação

de corretivos da acidez para melhorar esses atributos na maioria das lavouras. Nas regiões onde o pH em água médio das lavouras é mais elevado, observa-se, inclusive, grande percentual de lavouras com pH em água maior do que 6,0 (Veiga et al., 2011), podendo ser ainda maior na camada superficial quando o calcário não é incorporado. A elevação do pH para valores superiores a 6,5 reduz a disponibilidade de alguns micronutrientes nessa camada, mas não necessariamente limitará o crescimento das plantas, uma vez que o pH do solo continuará menor abaixo dessa camada, suprimindo a planta desses micronutrientes quando as raízes se aprofundarem no perfil (Ernani, 2008).

Fósforo extraível (P) e potássio trocável (K)

Menores teores de P no solo foram observados no Planalto Sul (Figura 4), que corresponde aproximadamente à região com ocorrência de lavouras com maior teor de matéria orgânica e com menor pH em água, indicando não ter ocorrido investimento suficiente em calagem e adubação fosfatada nas lavouras amostradas. Nessa região ainda ocorrem remanescentes de vegetação do tipo Campos Subtropicais de Altitude, utilizados em pastejo extensivo de gado de corte, com pequenas áreas intercalares com lavouras, conduzidas com baixo nível tecnológico (Dufloth et al., 2005).

Os teores de K no solo são altos em praticamente todo o Estado (Figura 4), destacando-se a região Oeste, com teores muito altos na média das lavouras amostradas. Esses valores elevados de K estão relacionados ao material de origem dos solos (Formação Serra Geral) e ao histórico de adubações, com destaque para a aplicação de cama de aviário e de dejetos líquidos de suínos nas lavouras. A ocorrência concomitante de altos teores de P e de K nas lavouras dessa região comprova essa relação, uma vez que o maior efetivo de aves e suínos de Santa Catarina se encontra nas regiões Meio-Oeste e Oeste do Estado (Epagri, 2010).

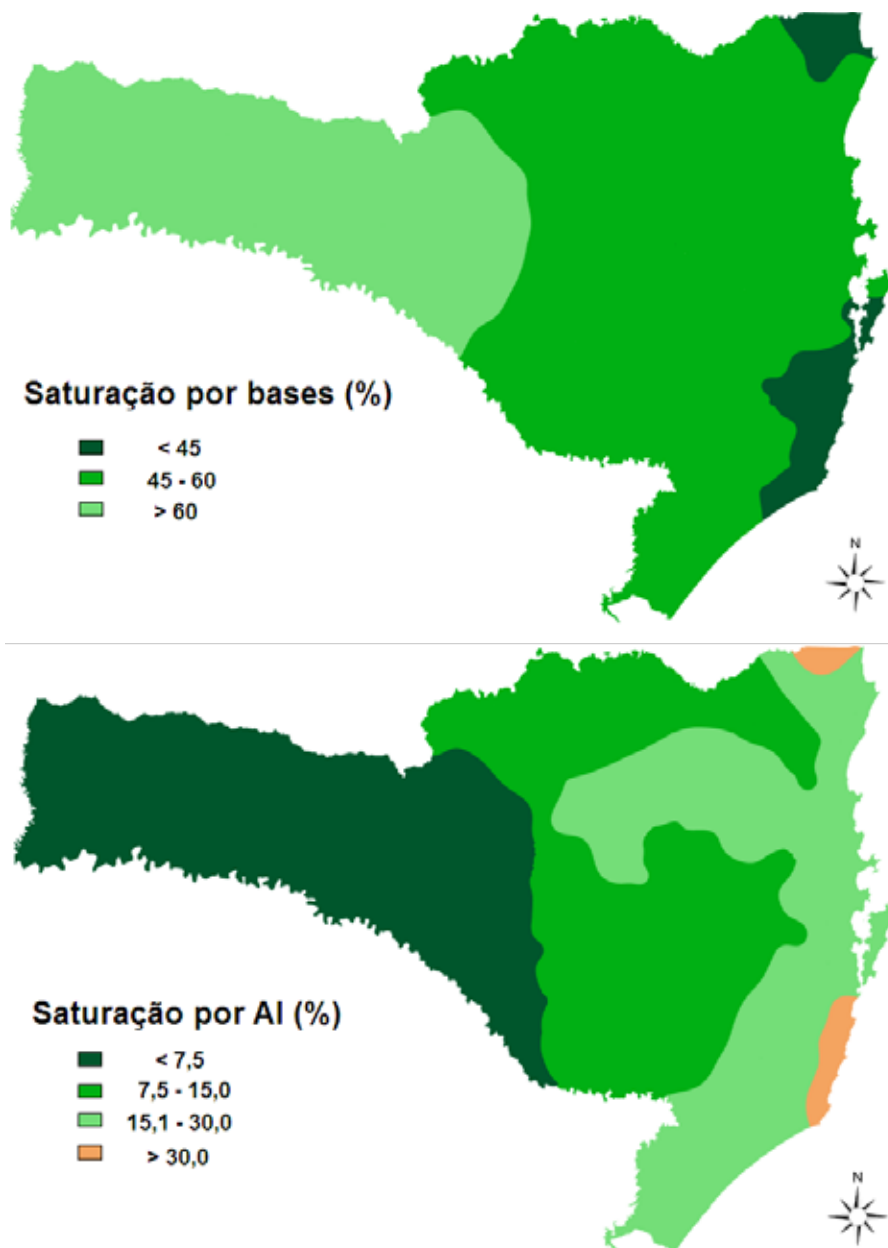


Figura 3. Distribuição espacial de classes de saturação por bases e por alumínio no complexo de troca do solo no estado de Santa Catarina

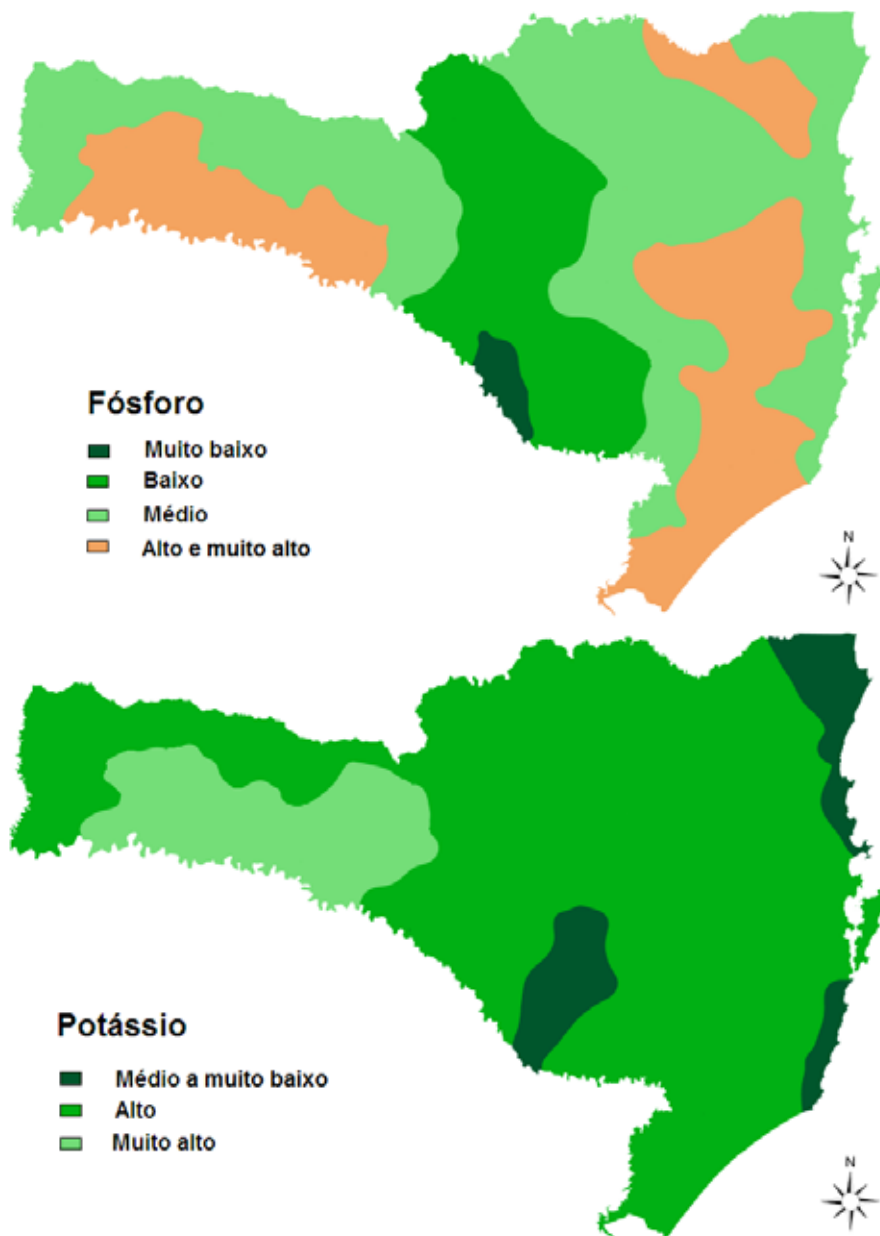


Figura 4. Distribuição espacial das classes de interpretação de fósforo extraível e de potássio trocável no solo no Estado de Santa Catarina

Micronutrientes

Nas regiões tropicais e subtropicais normalmente são encontrados altos teores de Fe e Mn na forma de óxido no solo em função do material de origem e de seu estágio de intemperismo (Inda Junior et al., 2006), mas os teores extraíveis no solo dependem de seu pH e da condição de drenagem. Assim, os teores de Fe extraível abaixo de $5\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ em parte do Planalto Sul, Meio-Oeste e no norte do Extremo Oeste (Figura 5) podem estar relacionados ao maior pH do solo observado nessas regiões. Por

outro lado, teores acima de $20\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ são encontrados ao longo do Litoral, o que pode estar associado ao sistema de irrigação utilizado nas lavouras de arroz, pois a inundação cria um ambiente redutor no solo, que resulta em solubilização do Fe presente em óxidos (Souza et al., 2010). Com relação ao Mn extraível, teores acima de $75\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ são verificados do Meio-Oeste ao Extremo Oeste Catarinense (Figura 5), região de ocorrência de rochas ígneas extrusivas.

À semelhança do Mn, os teores de Cu e Zn aumentam no sentido do

Litoral para Oeste do Estado (Figura 6), o que pode ser explicado tanto pela diferença no material de origem dos solos como pelo uso de dejetos de suínos na adubação das culturas. Esses dejetos apresentam em sua composição quantidades consideráveis de Cu e Zn (Scherer et al., 1996) em função do enriquecimento da ração dos animais com esses elementos (Mattias, 2006). A aplicação de doses altas e sucessivas de dejetos de suínos pode aumentar a quantidade desses nutrientes em formas solúveis e trocáveis (Giroto et al., 2010), potencializando sua transferência, via sedimentos, para mananciais de águas superficiais, podendo causar sua contaminação.

Conclusões

O Estado de Santa Catarina apresenta grande variação espacial dos principais atributos químicos do solo, com maiores teores de potássio trocável e de fósforo, cobre, zinco e manganês extraíveis nas lavouras das regiões Meio-Oeste e Oeste.

Ao longo do Litoral (Sul, Grande Florianópolis e Norte) e no Alto Vale do Itajaí, as lavouras apresentam menor pH em água e teor de matéria orgânica do solo e maior teor de ferro extraível.

No Planalto (Sul e Norte), as lavouras apresentam maior teor de matéria orgânica e menor pH em água, saturação por bases e fósforo extraível.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Executiva Estadual do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (Prapem/MB2) pela liberação dos recursos para realizar este trabalho; aos secretários executivos regionais pelo auxílio no esclarecimento e na organização das equipes municipais; aos extensionistas municipais e facilitadores do projeto, pela coleta e envio das amostras; e aos funcionários do Laboratório de Análises de Solos do Cepaf pela realização do grande número de análises demandadas pelo projeto. ▶

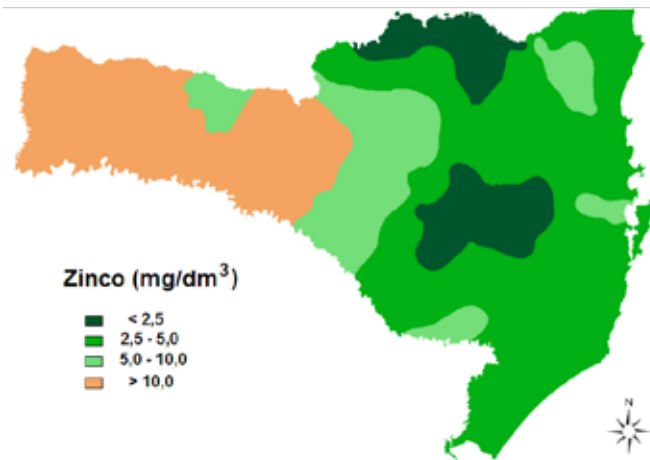
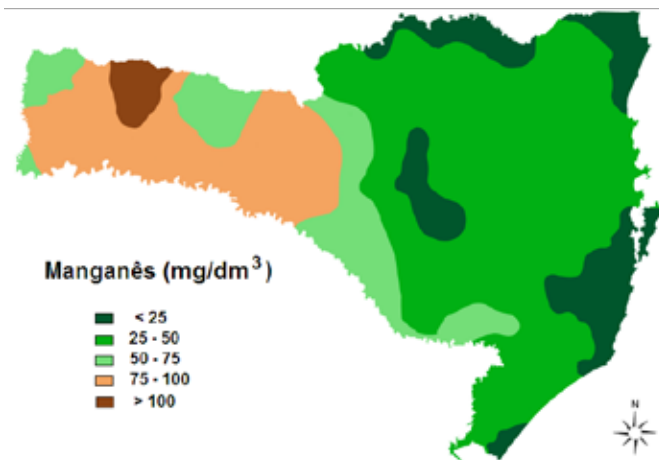
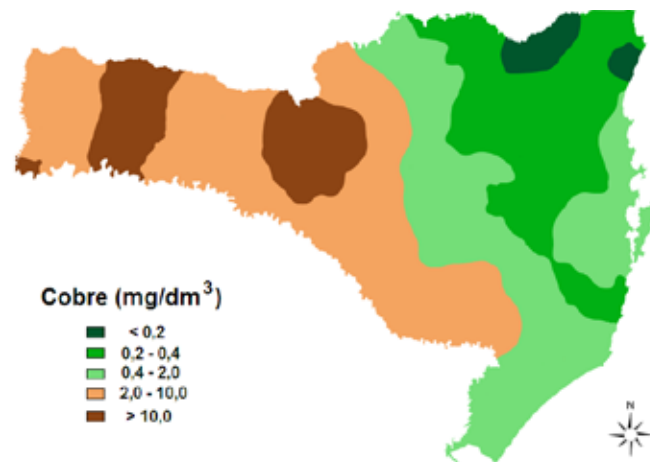
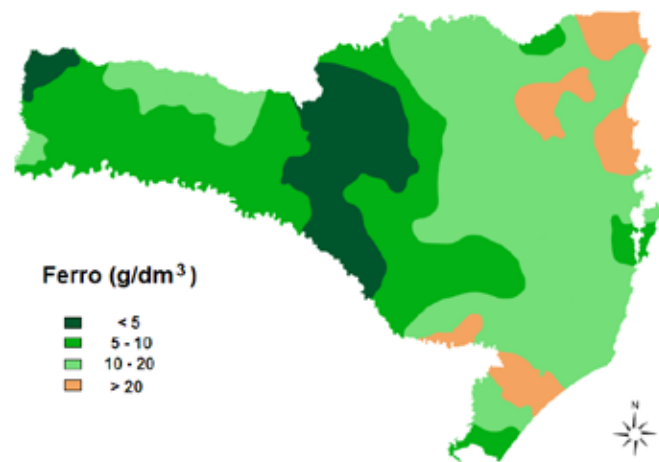


Figura 5. Distribuição espacial de classes de ferro e manganês extraíveis no solo no estado de Santa Catarina

Figura 6. Distribuição espacial de classes de cobre e zinco extraíveis no solo no estado de Santa Catarina

Referências

1. BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.
2. DUFLOTH, J.H.; CORTINA, N.; VEIGA, M. et al. (Orgs). **Estudos básicos regionais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2005. CD-ROM.
3. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 2004. 1 CD-ROM.; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
4. SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2009-2010. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2010. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2010/sintese%202010_inteira.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2011.
5. ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: Edição do Autor, 2008. 230p.
6. GIROTTI, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G. et al. Acúmulo de formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.955-965, 2010.
7. INDA JUNIOR, A.V.; KLANT, E.; NASCIMENTO, P.C. Composição da fase sólida mineral do solo. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.29-57.
8. MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquido de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
9. PANDOLFO, C.M.; VEIGA, M.; BALDISSERA, I.T. **Evolução da fertilidade do solo nas mesorregiões Serrana e Oeste Catarinense**. Florianópolis: Epagri, 1995. 99p. (Epagri. Documentos, 163).
10. PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM
11. RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, A. et al. **Situação**

- da fertilidade dos solos no Estado do Rio Grande do Sul.** Santa Maria: Departamento de Solos, UFSM, 2001. 41p. (UFSM. Boletim Técnico, 2)
12. SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Epagri. Boletim Técnico, 79).
13. SILVA, L.C.; BORTOLUZZI, C.A. (Eds.). **Texto explicativo para o mapa geológico do estado de Santa Catarina.** Florianópolis: DNPM, 1987. 216p.
14. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre, RS: Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS, 2004. 400p.
15. SOUSA, R.O.; CAMARGO, F.A.O.; VAHL, L.C. Solos alagados (reações de redox). In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo.** Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.171-195.
16. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
17. VEIGA, M.; PANDOLFO, C.M.; MULLER NETTO, J.M. et al. Diagnóstico da fertilidade em solos cultivados de Santa Catarina, em 2004. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.21, n.3, p.79-84, 2008.
18. VEIGA, M.; PANDOLFO, C.M.; SPAGNOLLO, E. Sistemas de manejo e atributos do solo na área de atuação do projeto Microbacias 2 em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.24, n.1, p.54-59, 2011.
19. VEIGA, M.; SANTOS, O.; HAMMES, L.A. et al. Distribuição espacial dos teores de argila, silte e areia na camada superficial do solo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.25, n.1, p.63-68, 2012. ■

Não deixe sua consciência escorrer pelo ralo:
preserve a água e evite o desperdício.



Cuide do planeta com carinho.

