

Foto: George W. Melo.



Acúmulo de fósforo em solos cultivados com videiras na região da Campanha Gaúcha

George Wellington Melo¹
Gustavo Brunetto²
Djalma Eugênio Schmitt³
Luciano Colpo Gatiboni⁴
Janaína Heinzen⁵
Bruno Salvador Oliveira⁵
Vítor Gabriel Ambrosini⁵
Marcel Pires de Moraes⁵
Alcione Miotto⁶

1. Introdução

O Rio Grande do Sul (RS) possui a maior área cultivada com videiras no Brasil, contando com, aproximadamente, 50.000 hectares (IBGE, 2011). A maior área ocupada com a cultura encontra-se na região da Serra Gaúcha, mas a partir da década de 80, parte dos solos sob campo nativo na Campanha Gaúcha, região Oeste do RS, foram incorporados ao sistema de produção de uvas. Nessa região, em geral, os solos se localizam em topografia plana ou ondulada, são profundos e bem drenados, apresentam predomínio de argila 1:1,

baixos teores de óxido de ferro, textura arenosa, acidez elevada e baixos teores de matéria orgânica (BRUNETTO et al., 2006; BRUNETTO et al., 2008; BRUNETTO et al., 2009). Assim, antes da instalação dos vinhedos, torna-se necessária a aplicação de calcário para a correção da acidez do solo e a adubação de pré-plantio com fertilizantes, como os nitrogenados, fosfatados e potássicos, para aumentar a disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no solo. Mas, também, depois da instalação dos vinhedos e quando diagnosticada a

¹ Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho. E-mail: wellington.melo@embrapa.br.

² Eng. Agr., Dr., Professor do Departamento de Engenharia Rural e do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da UFSC. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com.

³ Eng. Agr., M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UDESC, Campus de Lages, SC. E-mail: djalma.schmitt@gmail.com.

⁴ Eng. Agr., Dr., Professor do Departamento de Solos e Recursos Naturais da UDESC, Campus de Lages, SC. E-mail: lгатiboni@gmail.com

⁵ Acadêmico do Curso de Agronomia da UFS. E-mail: heinzen6@gmail.com; brunosalvador@agronomo.eng.br; vgambrosini@gmail.com; marcelpmoraes@gmail.com.

⁶ Eng. Agr., M.Sc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM. E-mail: alcionemiotto@gmail.com.

necessidade de aplicação de fertilizantes, através da análise de solo, de tecido e de expectativa de produção de uva (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004; BRUNETTO et al., 2007; BRUNETTO et al., 2011), novas aplicações de N, P e K, que caracterizam a adubação de manutenção ou produção, são realizadas na

superfície do solo, sem incorporação. No entanto, nem sempre a aplicação de nutrientes, como o P, é definida com base nos critérios técnicos. Com isso, ao longo dos anos e com as sucessivas aplicações de P acima da demanda das plantas, espera-se o acúmulo do nutriente no solo, incrementando as suas diferentes frações, como a lábil, moderadamente lábil e não lábil (Figura 1).

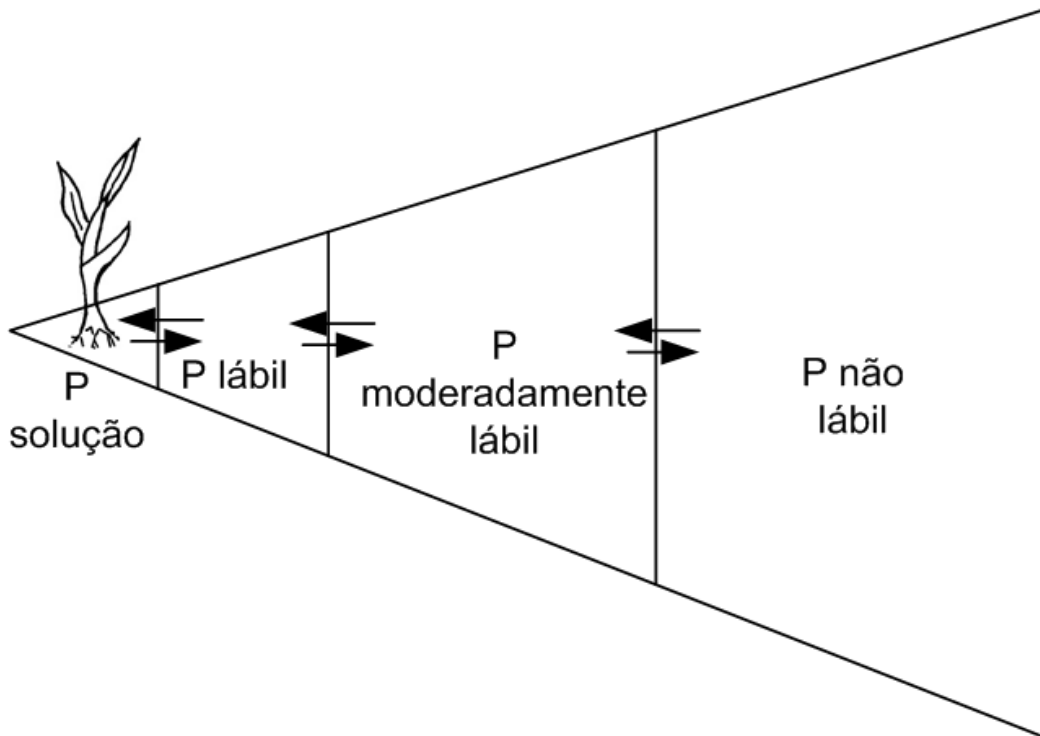


Fig. 1. Diagrama do P na solução e do P lábil, moderadamente lábil e não lábil no solo (Adaptado de RAIJ, 1983).

Com o uso da técnica do fracionamento químico de P (HEDLEY et al., 1982), tem-se observado que em solos com histórico de aplicações sucessivas de fertilizantes fosfatados, em geral, cultivados com culturas anuais, ocorre o acúmulo de frações inorgânicas e orgânicas do nutriente no solo em diferentes graus de energia de ligação. Entretanto, o acúmulo mais pronunciado acontece nas frações inorgânicas. Assim, espera-se que, quanto maior for a quantidade aplicada de fertilizantes fosfatados ao longo dos anos, maior seja a saturação dos sítios de maior energia de ligação e, por consequência, mais disponível será o P. As frações lábeis podem ser facilmente transferidas para a solução do solo e contribuir para o suprimento do nutriente às plantas; parte dessa solução pode ser perdida pela água escoada na superfície do solo ou percolada no perfil do solo (GATIBONI et al., 2007; DELGADO;

SCALENGHE, 2008). Já o P extraído pelo NaOH 0,1 mol.L⁻¹ e NaOH 0,5 mol.L⁻¹ representa o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas com energia de ligação intermediária e o P orgânico de frações moderadamente lábeis (CROSS; SCHLESINGER, 1995). O HCl extrai o P inorgânico contido nos fosfatos de cálcio, fortemente adsorvido e, finalmente, a digestão do solo com H₂SO₄ + H₂O₂ + MgCl₂ extrai o P residual inorgânico + orgânico do solo, denominado de P não lábil, que pode contribuir para a nutrição das plantas em situações de extrema carência no solo, porém não em taxas adequadas ao suprimento das plantas (GATIBONI et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de frações de P em solos cultivados com videiras e com histórico de aplicação de fertilizantes fosfatados na região da Campanha Gaúcha do RS.

2. Descrição do experimento

O trabalho foi realizado com amostras de solos derivadas de vinhedos comerciais, localizados no município de Santana do Livramento, região da Campanha Gaúcha do RS. Em dezembro de 2010, foi selecionada uma área de campo nativo, sem histórico de cultivo e aplicação de fertilizantes fosfatados (que foi utilizada como referência) e também dois vinhedos com idades distintas e, por consequência, com diferentes históricos de adubação com fontes de P. O vinhedo 1 (latitude 30°46'50" S e longitude 55°23'22" W) era formado pela cultivar Tannat, enxertada sobre o porta-enxerto SO4, implantado em 1996, na densidade de 2.525 plantas por hectare (1,2 x 3,3 m), no sistema de condução espaldeira, e ocupava uma área de, aproximadamente, seis hectares. O vinhedo 2 (latitude 30°47'12" S e longitude 55°22'25" W) era formado pela cultivar Tannat, enxertada sobre o porta-enxerto SO4, implantado em 1980, na densidade de 1.429 plantas por hectare (2,2 x 3,5 m), no sistema de condução espaldeira, e ocupava uma área de cerca de cinco hectares. Em ambos os vinhedos, antes do plantio das videiras, foi aplicado calcário para elevar o pH em água até 6,0, na superfície do solo, seguido de incorporação. No vinhedo 1, na adubação de pré-plantio, foram aplicados 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na superfície do solo, com posterior incorporação. No vinhedo 2, na adubação de pré-plantio, foram aplicados 145 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na superfície do solo, com posterior incorporação. Nos vinhedos 1 e 2,

a partir do terceiro ano depois do plantio, quando iniciou-se a produção de uva e, por consequência, a adubação de manutenção (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), foram aplicados, anualmente, cerca de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹. ano⁻¹ na superfície do solo, sem incorporação na forma de superfosfato triplo.

Em janeiro de 2011, quatorze anos após a implantação do vinhedo 1 e trinta anos depois da instalação do vinhedo 2, seis trincheiras (0,3 x 0,5 x 0,5 m) foram abertas em cada vinhedo, aleatoriamente, em linhas de plantio e na área de campo nativo adjacente aos vinhedos. Em seguida, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm e reservadas. Logo depois, o solo foi seco em estufa com temperatura de 45°C. Após, o solo foi moído, passado em peneira com malha de 2 mm e reservado em três partes. A primeira parte foi submetida à análise da distribuição granulométrica dos constituintes do solo, pelo método da pipeta (EMBRAPA-CNPS, 1997). Além disso, foram determinados os valores de pH em água (1:1) e P extraídos por Mehlich 1 (TEDESCO et al., 1995) (Tabela 1). A determinação do carbono orgânico total (COT) foi realizada conforme metodologia proposta pela EMBRAPA-CNPS (1997). Também foram determinados os teores de Fe extraído por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (MEHRA; JACKSON, 1960) e por oxalato de amônio (TEDESCO et al., 1995). Na Tabela 1, são apresentados os atributos químicos e físicos do solo.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos, em três camadas, em um Argissolo Vermelho de uma área sob campo nativo, no vinhedo 1 (quatorze anos de idade) e no vinhedo 2 (trinta anos de idade), na região da Campanha Gaúcha do RS.

Atributos do solo	Campo nativo			Vinhedo 1 (14 anos de idade)			Vinhedo 2 (30 anos de idade)		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
Argila ⁽¹⁾ (g.kg ⁻¹)	36,0	135,0	81,0	132,0	112,0	119,0	47,0	72,0	100,0
Areia ⁽¹⁾ (g.kg ⁻¹)	825,0	826,0	804,0	764,0	764,0	735,0	793,0	799,0	786,0
Silte ⁽¹⁾ (g.kg ⁻¹)	139,0	39,0	116,0	104,0	124,0	146,0	160,0	130,0	114,0
COT ⁽²⁾ (g.kg ⁻¹)	7,0	5,0	2,0	9,0	4,0	4,0	8,0	4,0	4,0
pH-H ₂ O ⁽³⁾	4,0	4,0	4,2	5,9	5,3	5,3	6,0	5,8	5,7
P disponível ⁽⁴⁾ (mg.kg ⁻¹)	11,5	7,5	5,0	45,9	31,4	15,8	70,2	58,5	57,6
Fe DCB ⁽¹⁰⁾ (g.kg ⁻¹)	4,6	4,9	5,4	10,8	10,7	10,4	5,1	4,6	5,1
Fe oxalato ⁽¹¹⁾ (g.kg ⁻¹)	0,4	0,5	0,6	1,5	1,4	1,2	0,6	0,5	0,6

⁽¹⁾ Método da pipeta (EMBRAPA-CNPS, 1997); ⁽²⁾ Determinado conforme EMBRAPA-CNPS (1999); ⁽³⁾ Determinado conforme Tedesco et al. (1995); ⁽⁴⁾ P disponível: Extraído por Mehlich 1 (TEDESCO et al., 1995); ⁽⁵⁾ Fe extraído por ditionito-citrato bicarbonato (MEHRA; JACKSON, 1960); ⁽⁶⁾ Fe extraído por oxalato de amônio (TEDESCO et al., 1995).

As amostras de solo foram submetidas ao fracionamento químico de P, conforme metodologia proposta por Hedley et al. (1982), descrita resumidamente a seguir: amostras de 0,5 g de solo foram submetidas à extração sequencial com resina trocadora de ânions e NaHCO_3 0,5 mol.L⁻¹ (P lábil); em seguida o solo foi extraído com NaOH 0,1 mol.L⁻¹, HCl 1 mol.L⁻¹ e NaOH 0,5 mol.L⁻¹. Após as extrações, o solo remanescente foi seco em estufa a 50°C e submetido à digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$, conforme descrito por Gatiboni (2003). Os extratores NaOH 0,1 e 0,5 mol.L⁻¹ acessam o P com energia de ligação intermediária aos colóides do solo (P moderadamente lábil). Já o HCl 1 mol.L⁻¹ e o $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$ detectam o P ligado aos colóides do solo com grande energia, não estando disponíveis a curto prazo para as plantas (P não lábil).

Os teores de P obtidos no solo foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 5\%$), utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2007).

3. Resultados obtidos

Os maiores teores de P lábil no solo foram encontrados, especialmente, na camada de 0-5 cm do solo, principalmente no vinhedo 1 (quatorze anos de idade) e no vinhedo 2 (trinta anos de idade), comparativamente ao solo de campo nativo, sem histórico de cultivo e aplicação de fertilizantes fosfatados (Figura 2A). Os maiores teores de P lábil na camada superficial do solo dos dois vinhedos podem ser atribuídos, especialmente, a aplicação de fertilizantes fosfatados na adubação de manutenção, realizada na superfície do solo e sem incorporação, durante o ciclo das videiras. No entanto, convém destacar que, ao longo dos anos, o teor de P total nas folhas completas de videira foi interpretado, em geral, como normal (0,12-0,40%) (dados não publicados) (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004) e, com isso, não é recomendada a aplicação de P. Porém, os vinhedos receberam, anualmente, a adição média de 50 kg de P_2O_5 ha⁻¹. Assim, constata-se que a quantidade de P aplicada via adubação de manutenção forneceu ao solo quantidades do nutriente acima da demanda das videiras. Além disso, verifica-se que os teores

de P lábil na camada de 5-10 e 10-20 cm foram maiores que os encontrados no solo de campo nativo, o que pode ser atribuído à incorporação de fertilizantes fosfatados na adubação de pré-plantio realizada antes da implantação do vinhedo. Porém, isso também pode ser atribuído à migração de P em profundidade, uma vez que, ao longo do perfil do solo, predomina a fração de areia e são baixos os teores de óxidos de ferro (Tabela 1), o que diminui a adsorção de P. O aumento do teor de P lábil nos solos dos vinhedos está intimamente relacionado ao seu incremento na solução do solo e, com isso, pode ser absorvido pelas videiras, mas também pelas plantas que as co-habitam nas linhas e nas entrelinhas. No entanto, caso o P não seja utilizado pelas plantas, ele pode ser transferido pela solução escoada na superfície do solo ou mesmo percolado no perfil do solo (GATIBONI et al., 2008; PIZZEGHELLO et al., 2011), especialmente naqueles com textura arenosa, como o Argissolo do presente trabalho.

Os maiores teores de P moderadamente lábil, em todas as profundidades, foram encontrados no solo dos vinhedos 1 e 2, comparativamente ao solo do campo nativo (Figura 2B). Além disso, tais teores também foram verificados na camada mais superficial do solo (0-5 cm) o que provavelmente está associado à aplicação de P na adubação de manutenção, na superfície do solo e sem incorporação. Em geral, o P moderadamente lábil representa o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas com energia de ligação intermediária, bem como o P orgânico de média e baixa labilidade (CROSS; SCHLESINGER, 1995). Assim, o P moderadamente lábil pode ser transformado em P lábil, desde que haja a diminuição dos seus teores. Isso normalmente acontece quando as plantas absorvem o P ou quando ele é transferido por escoamento ou percolação.

Os maiores teores de P não lábil, especialmente nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, foram encontrados no solo dos vinhedos 1 e 2, comparativamente ao solo do campo nativo (Figura 2C). Porém, em ambos os vinhedos, os maiores teores tiveram a tendência de ser encontrados na camada de 0-5 cm, concordando, especialmente, com os dados de P moderadamente lábil (Figura 2B). O P não lábil é uma fração recalcitrante do nutriente, de difícil acesso pelos extratores químicos do solo, e pode contribuir

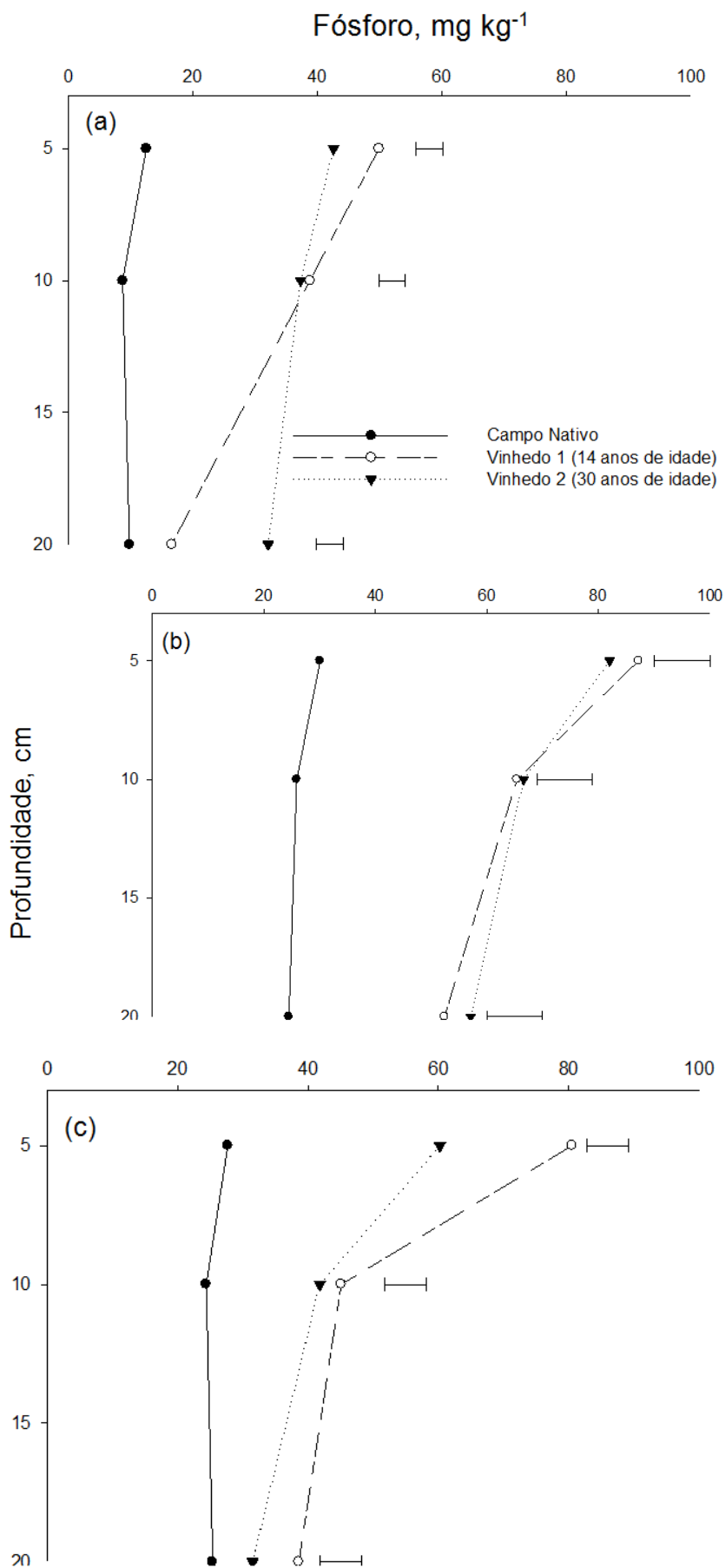


Fig. 2. Fração de fósforo lábil (A), moderadamente lábil (B) e não lábil (C) no solo de uma área sob campo nativo, do vinhedo 1 (quatorze anos de idade) e do vinhedo 2 (trinta anos de idade), na região da Campanha Gaúcha do RS.

para a nutrição das plantas apenas em situações de extrema carência de P no solo. Além disso, é baixo o seu potencial de contaminação ambiental (GATIBONI et al., 2007).

Considerações finais

As aplicações de fertilizantes fosfatados em solos com textura arenosa e cultivados com videiras na região da Campanha Gaúcha do RS aumentaram os teores de fósforo em todas as frações analisadas (P lábil, moderadamente lábil e não lábil). Isso ocorreu tanto no vinhedo com quatorze anos de idade como no vinhedo com trinta anos de idade. Os maiores teores de P nos solos dos vinhedos, principalmente da fração lábil, aumentam a disponibilidade do nutriente para as plantas, mas também aumentam o potencial de transferência por escoamento na superfície do solo, contaminando águas adjacentes aos vinhedos, e por percolação no perfil, o que pode contaminar o lençol freático.

Referências

BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; BRUNING, F. S.; MALLMANN, F. Destino do nitrogênio em videiras 'Chardonnay' e 'Riesling Renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 497-500, 2006.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, p. 389-393, 2007.

BRUNETTO, G.; BORGIGNON, C.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; MELO, G. W. B. de; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2622-2625, 2008.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. de; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva em videiras submetidas à adubação nitrogenada na Serra Gaúcha

do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2035-2041, 2009.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; KAMINSKI, J. Critérios de predição da calagem e da adubação em frutíferas. **Boletim Informativo da SBCS**, v. 36, n. 1, p. 16-21, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400 p.

CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, v. 64, p. 197-214, 1995.

DELGADO, A.; SCALENGHE, R. Aspects of phosphorus transfer from soils in Europe. **Journal of Plant Nutrient Soil Science**, v. 171, p. 552-575, 2008.

EMBRAPA-CNPS. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro, 1999. 372 p.

EMBRAPA-CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 5.0**. Lavras: UFLA, Departamento de Ciências Exatas, 2007.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1753-1761, 2008.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 691-669, 2007.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 970-976, 1982.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2011.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays & Clay minerals**, v. 7, p. 317-327, 1960.

PIZZEGHELLO, D.; BERTI, A.; NARDI, S.; MORARI, F. Phosphorus forms and P-sorption properties in three alkaline soils after long-term mineral and manure applications in north-eastern Italy.

Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 141, p. 58-66, 2011.

RAIJ, B. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: IPF: IPI, 1983. 142 p.

SCHMITT, D. E. **Acúmulo de fósforo e potencial contaminante em solos cultivados com videira**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise do solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

Comunicado Técnico, 131

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130
95700-000 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx) 54 3455-8000

Fax: (0xx) 54 3451-2792

<http://www.cnpuv.embrapa.br>

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1ª edição

Comitê de Publicações

Presidente: Mauro Celso Zanus

Secretária-Executiva: Sandra de Souza Sebben

Membros: Alexandre Hoffmann, César Luís Girardi, Flávio Bello Fialho, Henrique Pessoa dos Santos, Kátia Midori Hiwatashi, Thor Vinícius Martins Fajardo e Viviane Maria Zanella Bello Fialho

Expediente

Editoração gráfica: Alessandra Russi

Normalização bibliográfica: Kátia Midori Hiwatashi