

DEMONSTRAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE TAXA VARIÁVEL EM ÁREA MANEJADA COM AGRICULTURA DE PRECISÃO

Maurício Roberto Cherubin¹, Antônio Luis Santi², Moacir Tuzzin de Moraes¹, Andervan Amaral³

¹Acadêmico do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil (mauricio_eafs@yahoo.com.br)

²Professor Doutor do Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil

³Pós-Graduando do Curso de Pós-Graduação – MBA - Agricultura de Precisão, Complexo Educacional FAISA Faculdades - Ijuí – Rio Grande do Sul, Brasil

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

Objetivou-se, com o trabalho, analisar a viabilidade técnica e econômica da utilização de taxa variável em área manejada com agricultura de precisão. Para tanto, utilizou-se uma área comercial localizada em Santo Antonio das Missões, RS. Os valores dos atributos de acidez e fertilidade do solo foram obtidos a partir de amostragens de solo georreferenciadas. Os mapas temáticos dos atributos de fertilidade e de aplicação de taxa variável foram gerados utilizando o método geoestatístico de interpolação de dados, krigagem linear, e seguindo como parâmetro as recomendações da CQFS - RS/SC (2004). Para análise econômica utilizou-se os preços médios de insumos e serviços adotados na região. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a aplicação de insumos em taxa variável possibilitou racionalizar a quantidade de insumos aplicada, intervindo na fertilidade do solo conforme as necessidades da cultura, bem como promovendo a redução nos custos de produção, caracterizando-se como uma ferramenta de agricultura de precisão economicamente viável para utilização em lavouras comerciais.

PALAVRAS - CHAVE: Viabilidade econômica, agricultura de precisão, racionalização de utilização de insumos, aplicação em sítio específico

DEMONSTRATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF THE USE OF VARIABLE RATE IN AREA MANAGED WITH PRECISION FARMING.

ABSTRACT

The objective of the work was to analyze the technical and economic feasibility of using variable rate in the area managed with precision agriculture. To this end, we used a commercial area located in Santo Antônio das Missões, RS. Attribute values of acidity and soil fertility were obtained from georeferenced soil sampling. The thematic maps of

the attributes of fertility and variable rate application were generated using the geostatistical method of interpolation, linear kriging, as a parameter and following the recommendations of the CQFS - RS/SC (2004). For economic analysis used the average prices of inputs and services adopted in the region. Based on the results we can conclude that the application of variable rate inputs possible to rationalize the amount of inputs applied, intervenes in soil fertility as the needs of culture and promoting the reduction in production costs, characterized as a tool for precision farming economically feasible for use in commercial fields.

KEYWORDS: economic feasibility, farming precision, rationalization of use of inputs, application specific site

INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e o aumento da competitividade no setor agrícola vêm proporcionando a agricultura uma nova forma de se enxergar a propriedade rural (TSCHIEDEL & FERREIRA, 2002), onde a valorização da variabilidade espacial dos atributos do solo e a possibilidade de manejá-la, visando aumentar a eficiência técnica e econômica do uso de insumos, tem sido um desafio para técnicos e produtores (SANTI et al., 2009). Desta forma, a redução dos custos de produção e a aplicação de métodos de controle dos mesmos, tornam-se importantes instrumentos de planejamento e gerenciamento dos negócios agropecuários (OLIVEIRA, 2000).

Nesse sentido, nos últimos anos, tem se popularizado a agricultura de precisão (AP), que consiste em um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola que emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para que as lavouras e fatores de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos (MOLIN, 2001). WERNER (2007) afirma que a utilização das ferramentas de AP por parte dos produtores rurais, ocorre pela busca da máxima eficiência gerencial da propriedade.

Assim, conhecer a variabilidade espacial dos atributos do solo permite a adoção do manejo em sítio específico ou em taxa variável com possíveis reduções nos custos de produção (DURIGON, 2007; WERNER, 2007). No entanto FRAISSE & FAORO (1998), ressaltam que os benefícios econômicos da aplicação de novas tecnologias variam em função da cultura, da heterogeneidade do solo, da mão-de-obra capacitada e também de outras variáveis pouco controláveis, como o clima.

Neste contexto, objetivou-se, com o trabalho, analisar a viabilidade técnica e econômica da utilização de taxa variável em área manejada com agricultura de precisão.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em área comercial de 66,64 ha, localizada no município de Santo Antônio das Missões – RS. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho, com textura predominantemente argilosa (EMBRAPA, 2006). Segundo KOPPEN (1948), o clima foi classificado de mesotérmico úmido (Cfa).

Para caracterizar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo (pH, potássio, fósforo), inicialmente foram realizadas amostragens e análises de solo utilizando uma malha amostral regular georreferenciada de 173,21m x 173,21m, totalizando, 21 amostras na área. A opção por esta dimensão de malha amostral visou representar a caracterização preconizada por empresas prestadoras de serviço em AP. Considerando os atributos avaliados e o tipo de solo em questão, é possível uma boa representação, tendo em vista os valores dos alcances encontrados por AMADO et al. (2009) e CORA et al. (2004) para tais variáveis. Para fins de comparação, no manejo de agricultura tradicional (AT), foram utilizados os valores médios dos laudos, constituindo apenas uma amostra de solo, refletindo assim, a fertilidade média da área e consequentemente adotando a aplicação de fertilizante com taxa fixa.

A necessidade de calcário, para a correção do solo ($\text{pH}_{\text{água}}$ 6,0) foi determinada a partir dos resultados obtidos nas análises de solo e recomendações da CQFS - RS/SC (2004), ajustando ao Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário de 75%. A quantidade de fertilizantes, fosfatado e potássico, foi determinada para a cultura do milho, sendo usado o fosfato monoamônico (MAP), com 52% de P_2O_5 ; e Cloreto de Potássio (KCl), com 60% de K_2O , respectivamente, para uma expectativa de rendimento de 9 t ha^{-1} , de acordo com os resultados das análises de solo e recomendações da CQFS - RS/SC (2004).

Na caracterização da variabilidade espacial dos atributos de acidez, de fertilidade do solo e de geração dos mapas temáticos utilizou-se métodos geoestatísticos, estruturando os modelos digitais de cada elemento estudado e interpolando os valores através do método de krigagem, auxiliado pelo *software* *SGIS Agronomy*. Segundo, JOHANN et al. (2004), para proceder à modelagem desta variabilidade dos atributos do solo, a geoestatística é usada como ferramenta auxiliar, permitindo estabelecer um modelo de semivariograma que melhor a descreve, podendo então utilizar no processo de interpolação dos valores e geração de mapas temáticos.

Para proceder à análise (simplificada) da viabilidade econômica da aplicação de insumos com taxa variada plena, foram utilizados os preços dos insumos agrícolas e da prestação de serviço para amostragem de solo e aplicação em taxa variada a lanço, baseando-se nos preços médios de mercado adotados na região de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a área apresenta uma alta variabilidade espacial dos atributos de acidez do solo (Figura 1), verificando valores de pH que variaram de 5 à 5,5, com média de 5,2. Os valores do índice SMP, utilizado pela CQFS - RS/SC (2004), para definir a demanda de calcário, variaram de 5,1 à 5,7, obtendo como média 5,5.

Desta forma, na definição da necessidade de calagem, auxiliado por métodos geoestatísticos, estratificou-se a área em quatro classes (Figura 1), de acordo com o Índice SMP, e suas respectivas áreas abrangidas, sendo as seguintes: a) 5,0 à 5,2: abrangeu 14,95 ha (22,44%); b) 5,2 à 5,4: abrangeu 13,26 ha (19,89%); c) 5,4 à 5,6: abrangeu 27,98 ha (42%); d) 5,6 à 5,8: abrangeu 10,45 ha (15,68%). Deste modo, utilizando ferramentas de AP com aplicação à taxa variada para correção da área, a demanda foi de 513,61 t de calcário. Por outro lado, quando analisado tradicionalmente,

com base na média, (SMP 5,5), necessitaria de 8,13 t ha⁻¹ de calcário, totalizando na área 541,76 t.

Portanto, a utilização de taxa variável permitiu a redução de 28,15 t de calcário, sendo eficiente tecnicamente na racionalização do uso deste insumo.

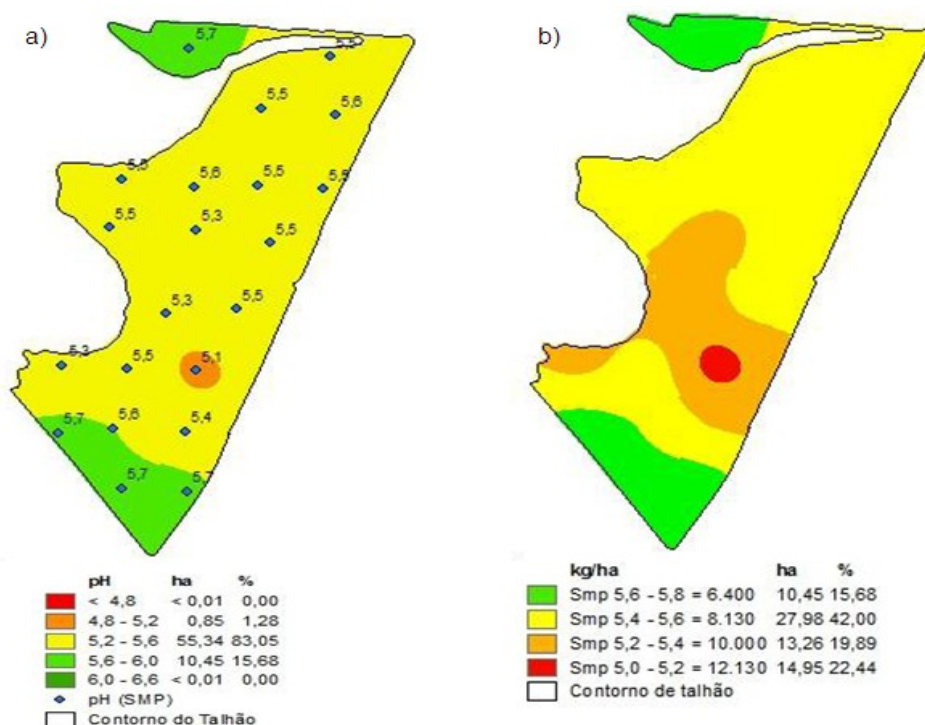


FIGURA 1. Mapas temáticos, onde: a) Mapa temático do atributo de acidez pH(SMP); b) Mapa temático de aplicação de calcário para corrigir acidez a pH_{água} 6,0. (Santo Antônio das Missões - RS, Brasil, 2010).

Quanto ao nutriente fósforo, também se constatou que a área apresenta alta variabilidade espacial (Figura 2). Estes resultados concordam com diversos autores (CARVALHO et al., 2002; SILVA et al., 2003; COELHO, 2003; CORA et al., 2004; SANTI, 2007; SILVA et al., 2008). A amplitude dos teores foi de 7,4 à 29,1 mg dm⁻³, com média de 13,5 mg dm⁻³. O teor de argila variou entre a classe 1 (com mais de 60% de argila) e a classe 2 (com teor de argila entre 40-60%), sendo a classe 2 a média da área.

Quanto à necessidade de fertilizante fosfatado, baseados nas recomendações da CQFS - RS/SC (2004), foi estratificada a área em cinco classes, referentes às quantidades demandadas de fertilizante: a) 50 à 206 kg ha⁻¹: em 24,05 ha, b) 206 à 375 kg ha⁻¹: em 7,27 ha, c) 375 à 460 kg ha⁻¹: em 11,62 ha, e d) 460 à 551 kg ha⁻¹: em 18,17 ha, e) 551 à 697 kg ha⁻¹: em 4,73 ha.

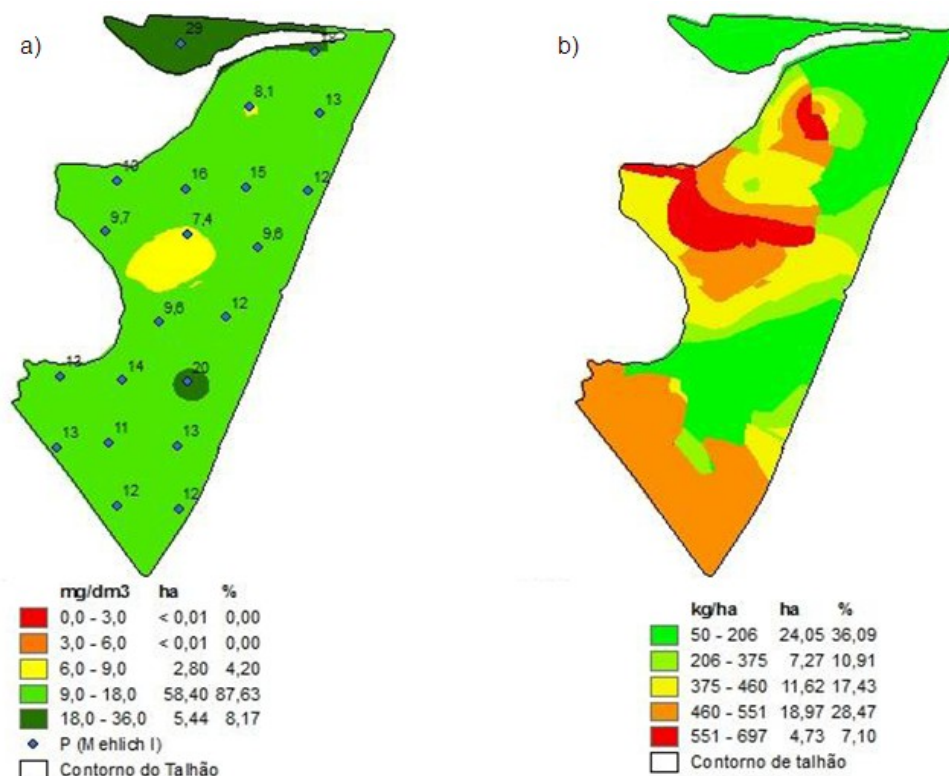


FIGURA 2. Mapas temáticos, onde: a) Mapa temático do teor de fósforo no solo; b) Mapa temático de aplicação de fertilizante fosfatado (fosfato monoamônico - MAP) para correção dos níveis de fósforo do solo e extração da cultura do milho, com expectativa de rendimento de 9 t ha^{-1} (Santo Antônio das Missões - RS, Brasil, 2010).

Deste modo, utilizando AP com aplicação a taxa variada para correção total e extração para a cultura do milho, a demanda total foi de 23,61 t de fosfato monoamônico (MAP). Por outro lado, quando analisado tradicionalmente pela média, com fósforo médio $13,5 \text{ mg dm}^{-3}$ e o pela classe de argila 2, necessitaria de 433 kg ha^{-1} , totalizando na área 28,22 t de fosfato monoamônico (MAP).

No que se refere ao elemento potássio (Figura 3) também foi constatada uma alta variabilidade espacial, com teores variando de $81,3$ à $189,8 \text{ mg dm}^{-3}$, com média de $117,0 \text{ mg dm}^{-3}$.

Quanto a necessidade de fertilizante potássico, foi estratificada a área em cinco classes, referentes às quantidades demandadas de fertilizante: a) 70 à 145 kg ha^{-1} : em 29,01 ha, b) 145 à 218 kg ha^{-1} : em 10,27 ha, c) 218 à 286 kg ha^{-1} : em 12,15 ha, d) 286 à 359 kg ha^{-1} : em 10,98 ha, e) 359 à 453 kg ha^{-1} : em 4,22 ha. Assim, utilizando a AP, com aplicação em taxa variável. A quantidade demandada de cloreto de potássio (KCl) foi de 13,29 t. Por outro lado, quando analisado tradicionalmente pela média, com

potássio médio $117,0 \text{ mg dm}^{-3}$, necessitaria de 175 kg ha^{-1} , totalizando na área $11,40 \text{ t}$ de cloreto de potássio (KCl).

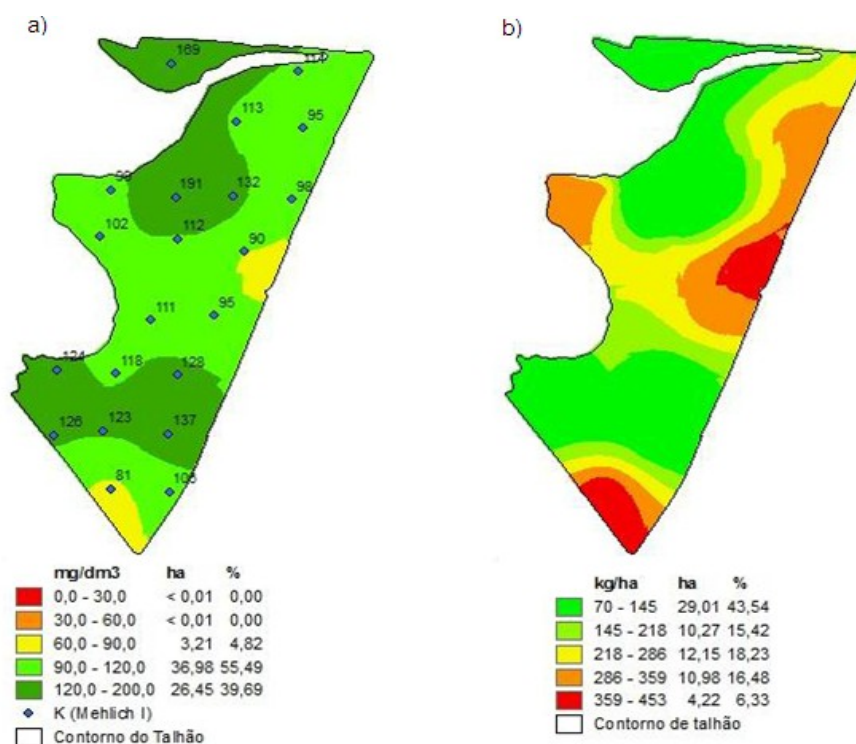


FIGURA 3. Mapas temáticos, onde: a) Mapa temático do teor de potássio no solo; b) Mapa temático de aplicação de fertilizante potássico (cloreto de potássio - KCl) para correção dos níveis de potássio do solo e extração da cultura do milho, com expectativa de rendimento de 9 t ha^{-1} (Santo Antônio das Missões - RS, Brasil, 2010).

Diante dos resultados, percebe-se que a utilização de taxa variável em áreas manejadas com AP, com a aplicação em taxa variável, permite a verificação da variabilidade dos atributos do solo e a intervenção com aplicação dos insumos em sítios específicos, promovendo a racionalização do uso de insumos de acordo com as recomendações técnicas para as culturas.

Quanto a análise econômica simplificada (Tabela 1), considerando a utilização da AP com taxas variáveis e o modo tradicional utilizando taxas fixas citadas acima, juntamente com os custos dos referidos fertilizantes e corretivos agrícolas: calcário R\$ $70,00 \text{ t}^{-1}$, fosfato monoamônico (MAP) R\$ $1.150,00 \text{ t}^{-1}$ e cloreto de potássio (KCl) R\$ $865,00 \text{ t}^{-1}$. Estima-se que em relação ao calcário, o custo da aplicação em taxa variável será de R\$ 35.952,70 e os custos da aplicação em taxa fixa pela média do índice SMP seria R\$ 37.923,20, contabilizando uma diferença de R\$ 1.970,50 em toda a área,

sendo o uso das técnicas de AP com taxa variável mais econômico do que pelo modo tradicional.

O valor previsto na aplicação de fosfato monoamônico (MAP) com taxa variável será de R\$ 27.151,50 e os custos da aplicação em taxa fixa pela média do fósforo seria R\$ 32.453,00, contabilizando uma diferença de R\$ 5.301,50 em toda a área, caracterizando as técnicas de AP, com taxa variável, mais econômicas do que o modo de aplicação de insumos tradicional.

TABELA 1. Análise econômica simplificada comparativa entre a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável (Agricultura de Precisão) ou taxa fixa (Agricultura Tradicional).

Insumos e Operações	Custo de Produção	
	AP ¹	AT ²
	----- R\$ -----	
Calcário	35.952,70	37.923,20
MAP ³	27.151,50	32.453,00
KCl ⁴	11.502,00	10.086,00
Amostragem de Solo	999,60	66,64
Aplicação de Fertilizantes	2.932,16	1.332,80
Aplicação Calcário	333,20	133,28
Total geral	78.871,16	81.994,92
Total por hectare	1.183,54	1230,42
Diferença AP x AT (R\$)	(-) 3.123,76	
Diferença AP x AT (ha)	46,88	

¹ Agricultura de Precisão; ² Agricultura Tradicional; ³ Fosfato monoamônico; ⁴ Cloreto de Potássio.

Quanto ao cloreto de potássio (KCl), o investimento com aplicação em taxa variável será de R\$ 11.502,00 e os custos da aplicação em taxa fixa pela média do potássio seria R\$ 10.086,00, contabilizando uma diferença de R\$ 1.416,00 em toda a área. Neste caso, a adoção da AP com taxa variável, resultou em um investimento maior do que pelo modo tradicional. Este fato relaciona-se aos altos índices de potássio em parte da área, que elevou a média de potássio na área total. As aplicações destes três produtos com o uso da AP com taxa variável somarão o valor de R\$ 74.606,02, e o método tradicional com taxa fixa levando em conta a média dos nutrientes totalizou o valor de R\$ 80.462,20, e a diferença será de R\$ 5.856,00 na área total.

Prosseguindo na análise econômica, considerando o custo por hectare da coleta de solo georreferenciada (AP), com malha amostral 173,21m x 173,21m (3 ha), de R\$ 45,00 e de R\$ 3,00 por hectare no manejo tradicional, diluindo em três anos (período de reamostragem), totaliza R\$ 999,60 no manejo com AP e R\$ 66,64 no manejo tradicional.

Quanto ao custo da operação de aplicação, considera-se para fins de comparação, um valor médio adotado para custeio agrícola de R\$ 10,00 por hectare para fertilizantes e corretivos. No entanto, para o sistema com AP, incrementa-se no custo em relação ao tradicional, de R\$ 12,00 por hectare para o MAP e KCl e de R\$ 15,00 por hectare para o calcário (fracionado em 5 anos). Esta diferença refere-se ao

preço cobrado pelas prestadoras de serviços, quando o produtor não dispõe de equipamentos que distribuem com taxa variável.

Diante disso, percebe-se que com a aplicação em taxa variável no manejo de AP o custo por hectare reduziria em R\$ 46,88, quando comparado ao manejo tradicional, demonstrando que a adoção da tecnologia de aplicação em sítio específico é viável economicamente.

Estes resultados encontrados concordam com os resultados obtidos por diversos autores, onde estes afirmam que a aplicação em taxa variável possibilita a racionalização da utilização de fertilizantes e corretivos, de modo a minimizar os efeitos da sub e super aplicações dos insumos em determinadas sub-regiões da lavoura, e assim, consequentemente aumentando o rendimento das culturas, qualidade da água e o lucro líquido da propriedade (AMADO et al., 2006; DURIGON, 2007; WERNER, 2007; BELLÉ, 2009).

CONCLUSÃO

A aplicação de insumos em taxa variável possibilitou racionalizar a quantidade de insumos a ser aplicada, intervindo na fertilidade do solo conforme as necessidades da cultura.

A aplicação de insumos em taxa variável promove a redução nos custos de produção, caracterizando-se como uma ferramenta de agricultura de precisão economicamente viável para utilização em lavouras comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; BELLÉ, G.L; DELLAMEA, R. B. C.; PES, L. Z.; FULBER, R.; PIZZUTI, L.; SCHENATO, R. B.; LEMAINSKI, C. L. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 91, n. 1, p. 39- 47, jan./fev. 2006.

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:831-843, 2009.

BELLE, G. L. **Agricultura de precisão: manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2009.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:1151-1159, 2002.

COELHO, A. M. Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Tópicos em Ciência do Solo**. 3: 259 – 290, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul 2004, 400p.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:1013-1021, 2004.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa*)**. 2007. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª edição. Brasília, EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2006, 412 p.

FRAISSE, C.; FAORO, L. Agricultura de precisão: a tecnologia de GIS/GPS chega as fazendas. **Revista Fator GIS On Line**. Curitiba, v.21, nov, dez, jan, 1998.

JOHANN, J. A.; OPAZO, M. A. U.; SOUZA, E. G. de; ROCHA, J. V. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um Latossolo bruno distrófico da região de Cascavel, PR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 212-219, maio./dez. 2004.

KOPPEN, W. **Climatologia: con un Estudio de los Climas de la Tierra**. Fondo de Cultura Economica, México, 466p, 1948.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão - O Gerenciamento da Variabilidade**. Piracicaba: 2001. 83 p.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. 2000. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba, 2000.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; DELLA FLORA, L. P.; SMANIOTTO, R. F. F. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**. 109 ed. Passo Fundo, RS. jan./fev 2009.

SANTI, A. L. **Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. 2007. 175p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1013- 1020, 2003.

SILVA, F. M. SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev., 2008.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

WERNER, V. **Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional**. 2007, 133f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2007.